



ŘÍZENÍ RIZIK PROCESŮ SPOJENÝCH S PROVOZEM TECHNICKÉHO DÍLA BĚHEM JEHO ŽIVOTNOSTI

**Dana Procházková, Jan Procházka, Jiří Lukavský,
Václav Dostál, Zdenko Procházka, Ladislav Ouhrabka**

PRAHA 2019



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Recenzenti:

Doc. Ing. Pavel Hoffman, CSc.

Doc. Ing. František Hezoučký, Ph.D.

Doc. Ing. Václav Beran, DrSc.

Doc. RNDr. Miroslav Rusko, PhD.

© ČVUT v Praze

Doc. RNDr. Dana Procházková, DrSc., RNDr. Jan Procházka, Ph.D.,
Doc. Ing. Jiří Lukavský, CSc., Doc. Ing. Václav Dostál, Ph.D.,
Ing. Zdenko Procházka, CSc., Ing. Ladislav Ouhrabka

ISBN 978-80-01-06675-1



<https://doi.org/10.14311/BK.9788001066751>

OBSAH

| | |
|---|----|
| Abstrakt | 9 |
| Abstract | 10 |
| Seznam zkratk | 11 |
| Předmluva a poděkování | 13 |
| 1. Úvod do problematiky | 14 |
| 1.1. Charakteristika technických děl a požadavky na jejich provoz | 17 |
| 1.1.1. Projevy složitosti technických děl | 18 |
| 1.1.2. Parametry důležité pro provoz složitých technických děl | 19 |
| 1.1.3. Bezpečnost a spolehlivost technických děl | 20 |
| 1.1.4. Riziko, bezpečnost a koexistence | 22 |
| 1.1.5. Automatizace technických děl a nová rizika | 24 |
| 1.2. Řízení technických děl | 24 |
| 1.2.1. Charakteristika současného antropogenního řízení | 25 |
| 1.2.2. Současné typy projektového řízení | 31 |
| 1.3. Řízení technických děl založené na práci s riziky | 33 |
| 1.3.1. Řízení rizik | 33 |
| 1.3.2. Typy řízení rizik používané u technických děl | 37 |
| 1.3.3. Rozdíl mezi řízením orientovaným na výkon a řízením orientovaným na rizika | 38 |
| 1.3.4. Řízení rizik technických děl ve prospěch bezpečnosti | 41 |
| 1.3.4.1. Postup práce s riziky | 41 |
| 1.3.4.2. Řízení rizik ve prospěch bezpečnosti | 44 |
| 1.3.4.3. Řízení bezpečnosti technických děl a rozdělení odpovědností | 45 |
| 1.3.4.4. Systém řízení bezpečnosti technického díla | 47 |

| | |
|---|-----|
| 1.3.4.5. Postup řízení bezpečnosti technického díla v čase | 49 |
| 1.3.4.6. Kultura bezpečnosti, prevence ztrát a program na zvyšování bezpečnosti | 51 |
| 1.3.4.7. Zlatá pravidla bezpečnosti | 54 |
| 1.3.4.8. Odpovědnost za bezpečnost technických děl | 56 |
| 1.3.4.9. Poučení ze slabin v kultuře bezpečnosti | 60 |
| 1.3.4.10. Příklady specifických právních předpisů pro provoz technických děl v ČR | 63 |
| 2. Soubor poznatků o provozu technických děl | 66 |
| 2.1. Faktory důležité pro bezpečný provoz technických děl | 66 |
| 2.1.1. Architektura technických děl a způsob jejího provedení | 66 |
| 2.1.2. Určení kritičnosti technických děl | 70 |
| 2.1.3. Kritická místa technických děl | 74 |
| 2.1.4. Kritická zařízení technických děl | 81 |
| 2.1.4.1. Požadavky na tlaková zařízení a jejich provoz | 82 |
| 2.1.4.2. Provozní problémy tlakových zařízení | 84 |
| 2.1.4.3. Opatření pro bezpečný provoz tlakových zařízení | 88 |
| 2.2. Souhrn poznatků o haváriích a selháních technických děl a přispívajících faktorech | 94 |
| 2.2.1. Vybrané poznatky o příčinách havárií a selhání technických děl | 94 |
| 2.2.2. Faktory přispívající k selhání či havárii technického díla | 100 |
| 2.2.2.1. Lidský faktor | 101 |
| 2.2.2.2. Nesplnění podmínek nutných pro provoz technického díla | 103 |
| 2.2.3. Problémy technických děl spojené s informačními technologiemi | 104 |
| 2.2.4. Povědomí o rizicích technického díla a jejich zvládnutí | 106 |
| 2.2.5. Poučení z havárií a skoro nehod | 110 |
| 2.3. Typy bezpečnosti sledované u technických děl | 111 |

| | |
|--|-----|
| 2.3.1. Integrální bezpečnost technického díla | 111 |
| 2.3.2. Provozní / funkční bezpečnost technického díla | 114 |
| 2.3.3. Bezpečnost dílčích částí technického díla | 118 |
| 2.3.4. Souhrn poznatků o bezpečnosti technického díla a jeho obsluhy | 123 |
| 2.3.4.1. BOZP | 123 |
| 2.3.4.2. Řízení lidského faktoru ve prospěch bezpečnosti technického díla | 127 |
| 2.4. Udržitelný provoz technických děl za přiměřených nákladů | 131 |
| 2.4.1. Pojetí udržitelnosti technických děl | 131 |
| 2.4.2. Pružná odolnost (resilience) a její řízení | 135 |
| 2.4.3. Kontinuita provozu technického díla a její zajištění | 138 |
| 2.4.4. Přiměřenost nákladů na provoz technického díla | 140 |
| 2.5. Soubor poznatků pro řízení rizik technických zařízení a děl | 142 |
| 2.5.1. Poznátky o rizicích technických zařízení a jejich hodnocení | 143 |
| 2.5.2. Způsob praktického řízení technických děl | 145 |
| 2.5.3. Způsob realizace práce s riziky u technických děl | 148 |
| 2.5.4. Požadavky na řízení rizik | 150 |
| 2.5.5. Testy zacílené na posouzení rizika technických zařízení během provozu | 152 |
| 2.5.6. Metody sledování rizik technických zařízení při provozu | 152 |
| 2.5.7. Stav materiálu technického zařízení a jeho příspěvek k selhání zařízení | 154 |
| 2.5.8. Příklady vybraných testů | 154 |
| 2.6. Nástroje pro řízení rizik technických děl spojených s technikou | 159 |
| 2.6.1. Provozní předpisy | 160 |
| 2.6.2. Inspekce spojené s technickými díly | 161 |
| 2.6.3. Údržba technického díla a jeho zařízení | 163 |
| 2.6.3.1. Údržba a bezpečnost technických zařízení | 163 |

| | |
|--|-----|
| 2.6.3.2. Podklady pro provádění údržby technických zařízení | 168 |
| 2.6.4. Plány pro podporu bezpečnosti technického díla | 174 |
| 2.6.4.1. Fakta, ze kterých musí vycházet plány | 175 |
| 2.6.4.2. Druhy plánů | 177 |
| 2.6.4.3. Plány odezvy | 178 |
| 2.6.4.4. Nástroje pro plánování | 181 |
| 2.7. Fakta důležitá pro řízení rizik technických děl | 183 |
| 2.7.1. Praktické nástroje pro řízení rizik technických děl | 183 |
| 2.7.2. Poznatky pro podporu řízení odezvy technického díla na kritické pohromy | 217 |
| 2.8. Další problémy spojené s řízením bezpečnosti technických děl | 219 |
| 2.8.1. Řízení odpadů vzniklých při provozu technických děl | 219 |
| 2.8.2. Fondy pro potřebu řízení bezpečnosti | 220 |
| 2.9. Shrnutí zásadních poznatků pro koexistenci technického díla s okolím | 221 |
| 3. Charakteristika použitých metod | 224 |
| 3.1. What, If | 224 |
| 3.2. Kontrolní seznam | 225 |
| 3.3. Diagram rybí kost | 225 |
| 3.4. Případová studie | 226 |
| 3.5. Systém pro podporu rozhodování | 229 |
| 3.6. Skórování veličin pomocí rozhodovací matice | 230 |
| 3.7. Plán řízení rizik | 230 |
| 4. Data o selhání technického díla při provozu | 234 |
| 4.1. Vybrané informace o haváriích a selháních technických děl | 234 |
| 4.1.1. Výsledky analýzy příčin poškození zdraví a bezpečí osob ve stavebnictví | 234 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.2. Výsledky analýzy příčin selhání strojních zařízení | 237 |
| 4.1.3. Výsledky analýzy příčin nehod a havárií v průmyslu | 238 |
| 4.1.4. Vybrané příčiny nehod a havárií v infrastrukturách | 248 |
| 4.1.5. Vybrané příčiny havárií při těžbě surovin | 249 |
| 4.1.6. Příčiny nehod a havárií s přítomností radioaktivních látek | 250 |
| 4.1.7. Příčiny nehod a havárií v dalších objektech | 264 |
| 4.1.8. Příčiny dopravních nehod a havárií | 267 |
| 4.1.8.1. Příčiny dopravních nehod civilních letadel | 267 |
| 4.1.8.2. Příčiny dopravních nehod na železnici | 269 |
| 4.1.8.3. Příčiny dopravních nehod na silnici | 273 |
| 4.2. Případové studie | 274 |
| 4.2.1. Havárie v Unipetrolu v r. 2015 | 274 |
| 4.2.1.1. Uvedení do problému | 276 |
| 4.2.1.2. Popis havárie | 277 |
| 4.2.1.3. Výsledky šetření technických příčin havárie | 279 |
| 4.2.1.4. Vyhodnocení dopadů havárie | 283 |
| 4.2.1.5. Poučení z havárie | 286 |
| 4.2.2. Havárie akumulátoru páry v Rudníku 2010 | 286 |
| 4.2.2.1. Technické a fyzikální podmínky havarijních stavů akumulátoru páry | 287 |
| 4.2.2.2. Popis havárie | 288 |
| 4.2.2.3. Technický popis procesu vzniku havárie | 291 |
| 4.2.2.4. Výsledky šetření havárie | 295 |
| 4.2.2.5. Vyhodnocení dopadů havárie | 296 |
| 4.2.2.6. Technická a jiná opatření stanovená na základě uvedené havárie jako prevence pro projektování, konstrukci a používání akumulátorů páry | 298 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.2.7. Možnosti selhání akumulátoru páry při provozu akumulátorů páry včetně uvádění do provozu po delší odstávce | 298 |
| 4.2.2.8. Poučení z havárie | 299 |
| 4.3. Příčiny selhání technického díla při provozu | 299 |
| 5. DSS pro řízení rizik zacílené na bezpečnost technických děl při provozu | 316 |
| 5.1. Kategorie nástrojů pro práci s riziky | 316 |
| 5.1.1. Kategorie zdrojů rizik sledovaných v technických dílech | 316 |
| 5.1.2. Kategorie nástrojů pro práce s riziky rozdělené podle cíle sledované entity | 318 |
| 5.1.3. Shrnutí obecných zásad pro práci s riziky | 324 |
| 5.2. DSS pro řízení rizik technického díla při provozu | 325 |
| 5.3. Poznámka | 368 |
| 6. Plán řízení rizik zacílený na zajištění bezpečnosti technických děl při provozu | 371 |
| 7. Závěr | 405 |
| Literatura | 407 |
| Příloha 1 - Řízení rizik kritické infrastruktury | 425 |
| Příloha 2 – Vybrané havárie tlakových zařízení | 451 |

ABSTRAKT

Monografie řeší řízení rizik při provozu technických děl ve prospěch bezpečnosti; cílem je zajistit jejich koexistenci s okolím po celou dobu životností. Způsob řešení problematiky vychází ze současně preferovaného konceptu, ve kterém je bezpečnost nadřazena spolehlivosti.

Pro výzkum byla sestavena původní databáze havárií a selhání technických děl na základě dostupných dat z celého světa. Její analýza ukazuje, že i navzdory velkému množství poznatků o technických dílech, jejich zařízeních, strukturách, vzájemných propojení, rizicích a bezpečnosti, se havárie a selhání technických děl stále vyskytují. Příčin je několik: dynamická proměnlivost světa; nedostatečné lidské znalosti a schopnosti; pomalé používání poznatků a zkušeností získaných v praxi; a neuspokojivé povědomí o rizicích a jejich důsledcích pro technická díla a veřejný zájem.

Studie havárií a selhání ukazují, že důležitým faktorem je správná realizace odpovědnosti na různých úrovních řízení. Za bezpečnost technických děl jsou rovněž odpovědní politici a veřejná správa, jenž vytvářejí podmínky pro lidi a provoz technických děl a vykonávají dozor v technických dílech. Kvalita práce s riziky zacílená na bezpečnost jakékoliv entity vyžaduje znalosti, prostředky, finance a vykonávání odpovědností, a proto vláda a legislativa musí striktně zavést pravidla pro její správné provádění.

Současné poznatky ukazují, že při prevenci havárií a selhání je třeba se vyvarovat: velkých chyb v prevenci rizik; a také výskytu drobných chyb, jejichž realizace v krátkém časovém intervalu je nebezpečná. Za tímto účelem je vyvinut nástroj "Systém pro podporu rozhodování", který respektuje současné znalosti o bezpečnosti technických děl a poučení z minulých havárií a selhání technických děl, jejichž příčiny byly spojeny s jejich provozem.

Vzhledem k dynamickému vývoji světa, stárnutí a opotřebením částí technických děl a omezeným lidským znalostem, zdrojům a možnostem, management technického díla i veřejná správa se musí připravit na budoucí realizace rizik. Za tímto účelem je vyvinut "plán řízení rizik", který respektuje současné znalosti o odezve technických děl a poučení z minulých odezev na havárie a selhání technických děl, jejichž příčiny byly spojeny s jejich provozem.

Klíčová slova: technické dílo; provoz; riziko; bezpečnost; zdroje rizik; řízení rizik; provoz založený na riziku; integrální riziko; přijatelnost rizika.

ABSTRACT

The monograph addresses risk management in the operation of technical facilities for the benefit of safety; the aim is to ensure their co-existence with their vicinity throughout the life cycles. The problems solution way is based on the simultaneously preferred concept, in which the safety is preferred over the reliability.

For research, the original database of technical facilities accidents and failures for the world was compiled. Its analysis shows that in spite of a lot of knowledge on technical facilities' structures, interdependences, risks and safety, the accidents and failures of technical facilities have been forever occurred. The causes of this reality are several: world dynamic variability; insufficient human knowledge and capabilities; slow application of knowledge and lessons learned into practice; and unsatisfactory awareness on risks and their consequences for technical facility and public interest.

The accidents' and failures' studies show that important factor is correct performance of responsibilities on different management levels. For technical facilities safety, they are also responsible politics and public administration that create conditions for humans and technical facilities' operation and pursue supervision at technical facilities. The quality work with risks aimed to any entity safety needs knowledge, means, finances and responsibilities' performance, and therefore, government and legislation must strictly involve rules for its correct realization.

The present knowledge shows that for prevention of accidents and failures, it is necessary to avoid: large mistakes in risk prevention; and origination of small mistakes, the realization of which in short time interval is dangerous. For this purpose, it is developed tool "Decision Support System" respecting the present knowledge on technical facilities' safety and the lessons learned from the past accidents and failures of technical facilities, the causes of which were connected with their operation.

Due to dynamic world development, technical facilities parts ageing, wear and tear, and limited human knowledge, sources and capabilities, the technical facilities' management and public administration need to be prepared for future risk realizations. For this purpose, it is developed tool "Risk Management Plan" respecting the present knowledge on technical facilities' response and the lessons learned from the past responses to accidents and failures of technical facilities, the causes of which were connected with their operation.

Key words: technical facility; operation; risk; safety; sources of risks; risk management; risk-based operations; integral risk; acceptability of risk.

SEZNAM ZKRATEK

| Zkratka | Název |
|----------------|---|
| ALARA | As Low as Reasonably Achievable |
| ALARP | As Low as Reasonable Possible |
| API | Application Programming Interface |
| ARSS | Availability, Reliability, Safety, Security |
| ASCE | American Society of Civil Engineers |
| ASME | American Society of Mechanical Engineers |
| BOZP | Bezpečnost a ochrana zdraví při práci |
| CBA | Cost Benefit Analysis |
| CBM | Condition-Based Maintenance |
| ČR | Česká republika |
| ČSN | Česká technická norma |
| ČVUT | České vysoké učení technické |
| DSS | Decision Support System |
| EC | European Community |
| EN | Evropská norma |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| EPRI | Electric Power Research Institute |
| ES | Evropská společenství |
| ESRA | European Safety and Reliability Association |
| ESREL | European Safety and Reliability Conference |
| EU | European Union |
| FEMA | Federal Emergency Management Agency |
| HZS | Hasičský záchranný sbor |

| | |
|-------------|---|
| IAEA (MAAE) | International Atomic Energy Agency |
| I&C system | Information and Control System |
| IATA | International Air Transport Association |
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| ISO | International Organization for Standardization |
| IZS | Integrovaný záchranný systém |
| MŠMT | Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy |
| NEA | Nuclear Energy Agency |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| OOPP | Osobní ochranné prostředky |
| OSHA | Occupational Safety and Health Administration |
| OSN / UN | Organizace spojených národů / United Nations |
| PSA | Probabilistic Safety Assessment (pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti) |
| RAMS | Reliability, Availability, Maintainability, Security |
| Sb. | Sbírka zákonů ČR |
| SoS | System of Systems (system systémů) |
| SIL | Safety Integrity Level (úroveň integrity bezpečnosti) |
| SMS | Safety Management System (systém řízení bezpečnosti) |
| TQM | Total Quality Management |
| UK | United Kingdom |
| USA | United States of America |
| US NRC | Nuclear Regulation Commission USA |
| WB | World Bank |

PŘEDMLUVA A PODĚKOVÁNÍ

Technika (z řeckého *techné* - řemeslo, umění) je základní označení pro složku lidské kultury, která zaručuje schopnost nebo dovednost v kterémkoli oboru konání. Pojem technologie je dnes chápán jako tvorba, používání a znalost nástrojů, strojů, technik, řemesel, systémů nebo metod organizace s cílem řešit problém nebo vykonat specifickou funkci. Pomocí technologií každý člověk řídí a přizpůsobuje si okolí. Technologie ovlivňují lidskou společnost i celý lidský systém mnoha způsoby. Obecně technologie na jedné straně dodává žádané produkty a na druhé straně vede ke znečištění prostředí, ve kterém člověk žije a k vyčerpávání přírodních zdrojů. Každé technické dílo používá ke svému provozu jistou technologii, a každá technologie má své limity, které musí být zapracovány do konceptu jejího využívání.

Cílem předložené práce je uspořádat soubor znalostí a zkušeností o riziku a bezpečnosti ve spojení s technickými produkty a technickými díly. Uspořádání poznatků je prováděno způsobem, který sleduje logiku, která pomáhá zajistit bezpečný provoz technických děl při různých podmínkách (normálních, abnormálních i kritických), které vznikají v důsledku dynamického vývoje světa a jeho částí, jejichž vývoj navíc není synergický. Realizuje úkol technických oborů, kterým je vychovat odborníky s takovými znalostmi o procesech a jejich rizicích, aby technická díla (objekty a infrastruktury) plnila kvalitně své úkoly po celou dobu své životnosti, čímž se vytváří základna pro kvalitní život, bezpečí a rozvoj lidí. Jde o to, aby při tvorbě a provozu technických děl se dbalo o to, že pro lidstvo je zásadní taková péče o základní veřejná aktiva, tj. i technická díla, a takové chování lidí, které zajistí zachování koexistence základních systémů, tj. sociálního, environmentálního a technologického.

V předložené práci jsou využity současné poznatky, které jsou citovány a výsledky autorů z celoživotního výzkumu i zkušenosti autorů z praxe získané během řešení konkrétních úkolů doma i v zahraničí pro vládní i nevládní subjekty. Z důvodu zachování přiměřeného rozsahu publikace jsou z dřívějších publikací první autorky, která se dlouhodobě a systematicky zabývá riziky, převzaty jen důležité partie a na ostatní části se práce odvolává. Autoři v případě technických děl vychází z poznání, že u každé technologie a u každého technického díla je třeba provádět analýzu rizik, aby u řídicích i ostatních pracovníků vzniklo povědomí o rizicích a aby se pak následně dělala průběžně opatření pro řízení závažných rizik při jeho provozu.

Text publikace předpokládá znalost jak fyziky, chemie, matematiky a dalších technických, ekonomických a přírodovědných disciplín v rozsahu vysokoškolského studia na technických a ekonomických vysokých školách, tak práce s legislativou, technickými normami a standardy.

Monografie je vytvořena jak výsledek projektu „Řízení rizik a bezpečnost složitých technologických objektů (RIRIZIBE)“ CZ.02.2.69/0.0/0.0/16 _018/0002649. Za projekt i podporu děkují autoři EU, MŠMT a ČVUT v Praze. Za přínosné poznámky a návrhy při zpracování vybraných částí děkují autoři recenzentům Doc. Ing. Pavel Hoffmanovi, CSc., Doc. Ing. Františku Hezoučkému, Ph.D., Doc. Ing. Václavu Beranovi, DrSc. a Doc. RNDr. Miroslavu Ruskovi, PhD. Předložená verze knihy byla na žádost rektorátu ČVUT a MŠMT v r. 2022 doplněna o údaje spojené s projektem RIRIZIBE a formátově upravena tak, aby bylo dodrženo původní stránkování.

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Na základě současného poznání je třeba, aby lidská společnost pečovala o veřejná aktiva s uvědoměním, že:

- každé aktivum představuje otevřený systém s vlastním cílem,
- všechny systémy se vzájemně prolínají,

a proto v důsledku propojení systémů a různými cíli, vznikají čas od času jevy, které ohrožují lidi a další veřejná aktiva, na kterých jsou lidé závislí; vyskytují se nebezpečné situace, tj. konflikty. V zájmu bezpečí a rozvoje lidské společnosti je třeba, aby se lidé chovali tak, že svým chováním a úsilím zajistí, že řešení konfliktů je prováděno ve prospěch lidí.

Proto v souladu se současnými znalostmi a zkušenostmi lidé musí nejprve poznat zdroje rizik (tj. pohromy – škodlivé jevy všeho druhu), ocenit jejich škodlivý potenciál (tj. určit ohrožení, která jevy představují a rozložení jejich dopadů) v jednotlivých místech a stanovit velikost možných ztrát a škod v závislosti na rozložení veřejných aktiv (tj. určit riziko). V závislosti na konkrétních možnostech dané lidské společnosti pak rozdělit rizika na přijatelná, podmíněně přijatelná a nepřijatelná [1].

V případě rizik, která jsou:

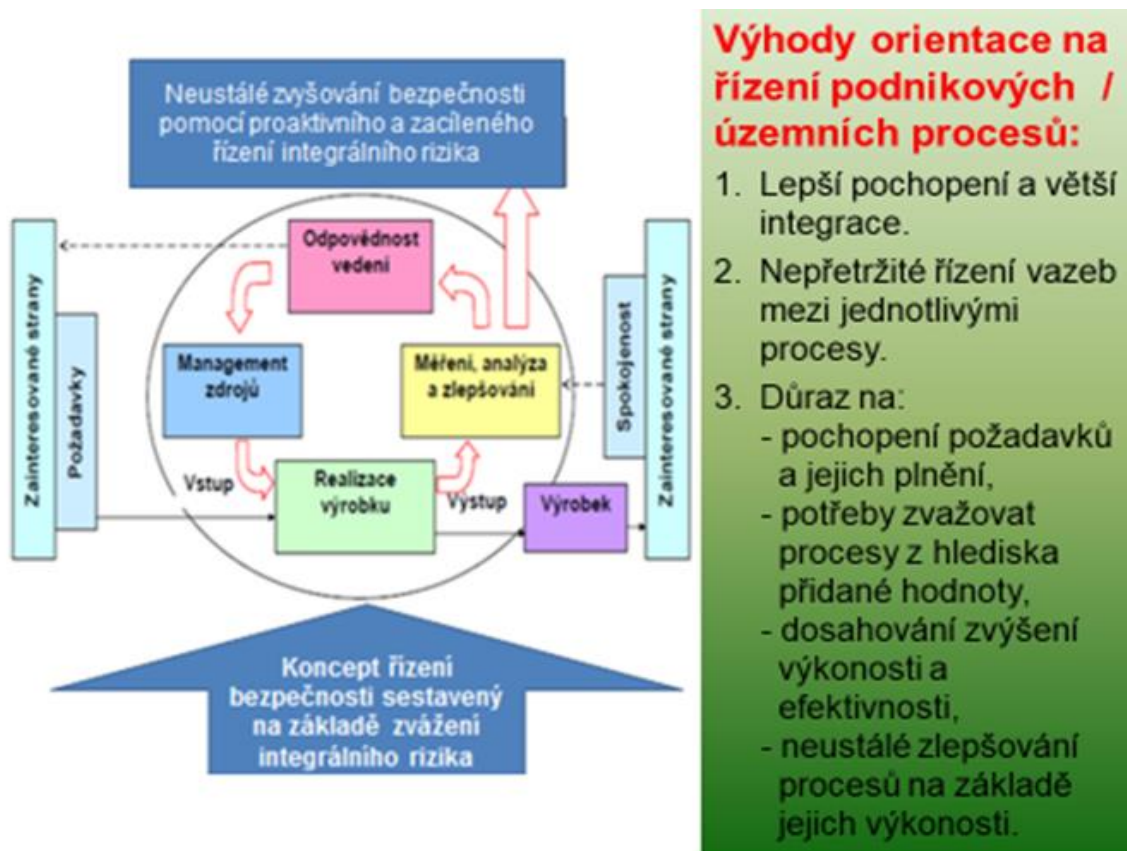
- nepřijatelná je třeba zajistit aplikaci účinných preventivních opatření vůči jejich zdrojům,
- podmíněně přijatelná, je třeba připravit zmírňující, reaktivní a obnovující opatření pro sledovaná aktiva,
- a u přijatelných sledovat, zda v čase nedojde ke zvýšení škodlivého potenciálu jejich příčin.

Uvedeným způsobem provádíme činnost, kterou nazýváme „řízení rizik“.

Jelikož svět se dynamicky mění, tak se mění i procesy, které vyvolávají jevy (obecně nazývané pohromy – disasters), jež jsou příčinami rizik. Proto se škodlivý potenciál pohrom v čase mění, tj. mění se i velikosti ohrožení a s nimi i velikosti rizik, ke kterým přispívají i změny v rozložení veřejných aktiv v zájmovém území či sledovaném technickém díle, ke kterým v čase dochází. V daném případě provádíme činnost „řízení rizik technického díla“; jeho schéma ukazuje obrázek 1.

Pozornost publikace je soustředěna především na složitá technická díla objektového nebo síťového charakteru, u kterých z důvodu složitosti jsou schopnosti lidí při zajišťování jejich bezpečnosti, a tím i jejich koexistence se systémem sociálním a systémem životního prostředí, omezené. Předmětná technická díla mají různou strukturu i různé uspořádání, a to v závislosti na účelu a místních podmínkách. Na základě poznání, které je shrnuto v pracích [2-7] je jejich modelem systém systému, tj. soubor otevřených a vzájemně propojených systémů. Předmětné systémy jsou konstruovány tak, aby vzájemně spolupracovaly, a tím plnily náročné úkoly za jistých podmínek, kterým říkáme normální nebo projektové. Pro bezpečí lidí a ostatních veřejných aktiv však je třeba, aby nedošlo k těžké havárii či selhání technického díla ani při nadprojektových podmínkách, a aby při každé havárii či selhání bylo možno

zvládnout kritické podmínky a zajistit kontinuitu služeb či výroby, které technické dílo pro území zajišťuje.



Obr. 1. Řízení rizik technického díla, které je zacílené na integrální (celkovou) bezpečnost technického díla a jeho okolí.

Cílem publikace je ukázat vytvořené nástroje, kterými lze řídit rizika, a tím zajistit bezpečný provoz technických děl, která jsou důležitá pro kvalitní život a rozvoj lidí [1] za všech možných podmínek, což znamená zajištění koexistence technického díla s okolím po celou dobu jeho životnosti. Úkolem je:

- ukázat současný stav na sledovaném úseku z pohledu bezpečnosti ve fázi provozu technického díla,
- uvést konkrétní příklady havárií a selhání technických děl při provozu a jejich dopady na technické dílo i jeho okolí,
- identifikovat příčiny rizik, které vedly k selhání či havárii technických děl při provozu,
- navrhnout vhodné nástroje ze souboru nástrojů, které používají inženýrské disciplíny, které pracují s riziky, které zajistí kvalitní práci s riziky spojenými s provozem technického díla.

Podle autorů v souladu s většinou publikací, např. [8], jde při zajišťování koexistence o překonání bezhlavého prosazování lidských cílů bez ohledu na potřeby přírodního prostředí, které lidstvu vytváří prostor k životu.

Kniha neobsahuje akademické diskuse, které lze nalézt v mnoha pracích, jež jsou citovány, ale na základě současného poznání a zkušeností z praxe uvádí nástroje, jak problémy spojené s riziky při provozu technického díla řešit. Obsahem a pojetím navazuje na publikace [1-7,9-14], které v jednotném konceptu detailně sledují problematiku rizik a bezpečnosti lidí, území a technických děl. Používá pojetí problému, pojmy a data z publikací spojenými s celosvětovými konferencemi ESREL, které pořádá ESRA (European Safety and Reliability Agency) [15-25] a s konferencemi pořádanými nebo spolupořádanými ČVUT [26-31]; seznam pojmů, který se odborně shoduje s pojetím OSN, OECD, IAEA, WB a dalších, jejichž seznam je uveden v práci [7].

Publikace navazuje pojetím i obsahem na monografie, ve kterých byla řešena problematika ve fázích výběru typu technického díla, jeho umístění, projektování, zhotovení a uvedení do provozu [32,33]. Má kromě úvodu do problematiky, závěru, seznamu literatury, abstraktu a anglického summary pět základních kapitol.

Úvod do problematiky obsahuje kromě tradičního úvodu tři specifické odstavce, které shrnují vybrané a v praxi ověřené teoretické poznatky z širší oblasti, než je provoz technických děl. Důvodem je, že zmíněné poznatky jsou důležité pro pochopení doporučených postupů a nástrojů pro provoz technických děl, uvedených v dalších kapitolách; a hlavně v kapitole 2, která se soustřeďuje na shrnutí priorit pro řízení rizik při provozu technických děl, kde by jejich vložení narušovalo kontinuitu propojených poznatků z uvedených oblastí.

Kapitola 2 obsahuje souhrn ověřených poznatků o kritičnosti, rizicích, bezpečnosti, udržitelnosti a houževnatosti (resilience), které jsou spojeny s provozem technických děl, a které rozšiřují poznatky uvedené v předchozích publikacích [2,4-7,13,14], jež byly získány vlastním výzkumem a podrobným studiem odborných pramenů [15-25] a z dalších zdrojů, které jsou citovány.

Třetí kapitola obsahuje charakteristiku metod, které jsou v dalších kapitolách použity pro:

- popis zdrojů rizik technických děl (diagram rybí kosti),
- vytvoření charakteristik dopadů rizik (What, If),
- shromáždění podkladů pro posouzení závažnosti rizik (DSS – systém pro podporu rozhodování),
- vytvoření nástroje podporujícího zvládnutí prioritních rizik (plán řízení rizik).

Čtvrtá kapitola se zabývá zdroji rizik, které vedly v minulosti k haváriím a selháním technických děl. Zdroje rizik pak třídí do kategorií podle původu na živly, technické, organizační, sociální, finanční, legislativní, ekonomické, útoky aj., a zobrazuje je pomocí diagramu rybí kosti.

Pátá kapitola obsahuje rozčlenění nástrojů pro řízení rizik podle cílů řešeného úkolu a návrh systému pro podporu rozhodování (DSS) pro potřeby řízení rizik ve prospěch bezpečnosti technických děl při provozu. Návrh DSS vychází jak z poznatků uvedených v kapitolách jedna a dvě, tak z dat o selháních a haváriích a získaných poučení shromážděných v kapitole čtvrté. Šestá kapitola obsahuje návrh plánu řízení prioritních rizik technických děl, jejichž zdroje byly odhaleny v kapitole čtvrté. Vzhledem k rozmanitosti technických děl a ke skutečnosti, že riziko je veličina místně specifická, je třeba v každém případě navržené nástroje přizpůsobit konkrétním

podmínkám, a to jak sledovaného technického díla, tak i jeho okolí (jde o dodržení podmínek platných pro transfer technologií [34]).

1.1. Charakteristika technických děl a požadavky na jejich provoz

Technické dílo je dílo vytvořené lidskou činností a zajišťuje výrobky nebo služby důležité pro život lidí; technická díla zaměřená na prosazování politických cílů nejsou předmětem výzkumu. Architektura technických děl je objektová nebo síťová. Každý typ technického díla má svá specifika; např. významný rozdíl existuje mezi ovládním stabilních technických děl a pohybujících se technických děl. Proto práce nejde do velkých technických podrobností a jejím cílem je ukázat principy a nástroje práce s riziky všeho druhu, které zvyšují bezpečnost technických děl.

Život lidí v moderní společnosti je právě prostřednictvím technických a kybernetických systémů maximálně usnadněn. Veškerý tento pozitivní vliv technického pokroku na fungování lidského systému je na druhé straně vykoupěn existencí mnohem většího počtu rizik, která vedou k selhání základních funkcí státu, snížení úrovně bezpečnosti a narušení koexistence technických děl s okolím. Důvodem zvýšeného počtu zdrojů rizik je také existence velkého počtu různých typů složitých systémů, jejich prvků a vnitřních i vzájemných vazeb, na kterých je lidský systém závislý. V 30. letech minulého století se pozornost inženýrů obrátila nejprve na rizika spojená s technickými zařízeními a postupně byla zvažována rizika spojená s dalšími pohromami, vazbami a toky v otevřeném systému systémů.

Je tedy evidentní, že rozsah systémů a jednotlivých prvků životně důležitých z hlediska fungování lidské společnosti, se s historickým vývojem značně proměnil. Aby bylo možné zajistit bezpečnost stále složitějších a provázanějších systémů, musí být i jejich ochrana stále více propracovanější. První izolované snahy o plánování ochrany důležitých systémů, se v ekonomicky vyspělém světě objevují v souvislosti s rozvojem civilní obrany a nouzového plánování. Zatímco v 50. a 60. letech 20. století se předmětné aktivity téměř výhradně zaměřovaly na opatření reagující na hrozbu válečného konfliktu vedeného zbraněmi hromadného ničení, především jadernými, tak od 70 let minulého století se začíná prosazovat pojetí nouzového a krizového řízení, které pokrývá problematiku, jak živelních pohrom, tak později i technologických havárií. Nouzové a krizové řízení, jako nástroj, je stále více charakterizováno proaktivním přístupem a naplněním čtyř důležitých fází – prevence, připravenost, odezva a obnova.

Každé technické dílo i jeho okolí se v čase mění, a proto se mění i interakce probíhající uvnitř technického díla a také interakce mezi ním a jeho okolím. Z pohledu rozvoje lidí je třeba, aby reakce prostředí na technické dílo a vice versa po celou dobu životnosti technického díla byly přiměřené, tj. aby při předmětných reakcích nevznikly zdroje rizik, které by významně narušily podmínky nutné pro život lidí, u kterých by lidská společnost neměla schopnost vzniklá rizika vypořádat ve svůj prospěch; tj. žádaná je koexistence mezi základními systémy, a to systémem životního prostředí, sociálním a technickým.

Protože svět se dynamicky vyvíjí, tak pokrokové antropogenní řízení již dnes bere na vědomí, že v důsledku složitosti technických děl i světa a změn podmínek, které člověk nemá schopnost ovlivnit, jsou havárie a selhání technických děl realitou, se kterou je třeba v antropogenním řízení počítat. Jde o řízení technického díla tak, aby během své

životnosti kvalitně plnilo stanovené úkoly a bylo bezpečné pro sebe a své okolí. Vzhledem k existenci dynamických proměn se v řízení počítá s tím, že mohou vzniknout situace, kdy se technické dílo stane pro sebe i své okolí nebezpečným. Z důvodu zajištění bezpečí pro lidskou společnost a další veřejná aktiva je třeba proto mít připraveny nástroje na zvládnutí nouzových situací tak, aby dopady na veřejná aktiva i na samotné technické dílo byly co nejmenší.

Je si třeba uvědomit, že při kritických situacích není řešení „technické dílo obětovat“, tj. provést opatření a činnosti, které ho zcela zničí, protože technické dílo jednak dodává výrobky nebo zajišťuje služby, a jednak zaměstnává lidi a je zdrojem ekonomického kapitálu pro dané území. Proto je třeba řídit závažná rizika se zacílením na jeho bezpečnost při všech možných podmínkách. Na základě výzkumu však chybí povědomí o rizicích, a to hlavně u manažerů a politiků.

Předmětem sledování jsou velká technická díla, která jsou víc než jen množina technických komponent, zařízení a součástek; jde o soubor vzájemně propojených otevřených systémů (tzv. systém systémů – SoS [1-7,9-33]), který se nachází v dynamicky proměnném světě. Jejich charakteristické rysy jsou:

- velký rozměr,
- velký výkon,
- použití více technologií,
- složení z několika autonomních částí, které mohou pracovat samostatně a být vyvíjeny nezávisle,
- požadavek na vysokou bezpečnost, tj. funkčnost a spolehlivost i nízké ohrožení chráněných aktiv vlastních i veřejných, a to za podmínek normálních, abnormálních i kritických [4].

Dílní části technických děl jsou sledovány obecně kvůli jejich velké rozmanitosti; speciální pozornost je věnována jen tlakovým nádobám a tlakovým potrubím a jejich specifickým zařízením, jejichž selhání vedla v minulosti k mnoha těžkým haváriím.

1.1.1. Projevy složitosti technických děl

Technická díla jsou propojené systémy fyzické, kybernetické a organizační (zahrnující i personál). Příkladem fyzických / technických systémů jsou budovy, technická zařízení pro výrobu či přenos energií, sítě, dopravní prostředky, materiální vybavení. Příkladem kybernetických systémů jsou počítačové systémy pro řízení výrobních a jiných procesů, informační zdroje apod. Příkladem organizačních systémů jsou ekonomické a organizační celky.

Bezpečnost technických děl je v současné době chápána v integrálním smyslu. Velká pozornost je proto věnována vzájemným vazbám a existujícím tokům mezi jednotlivými sektory, které spravují dílní systémy; v současné době je na tuto skutečnost dbáno u tzv. kritické infrastruktury [2,5]; příloha 1. Při selhání jednoho systému mohou mít vzájemné vazby nedozírné následky v podobě řetězových reakcí a dominových efektů doprovázených selháváním, či postupným selháváním dalších důležitých systémů a služeb. Např. výpadky elektrické energie mohou zapříčinit výpadky v dodávkách pitné vody, zásobování potravinami, dodávce tepla, pohonných hmot, nefunkčnost dopravní infrastruktury, selhání řídicích a informačních technologií pro fungování bankovního

sektoru, státní správy a nouzových služeb atd. [2,4-6]; příklady dopadů selhání jsou např. v knize [6].

Mezi velká a složitá technická díla patří: elektrárny, průmyslové objekty, přehrady, letiště, nádraží, sklady, nemocnice, velká obchodní centra, banky, informační sítě, velká kulturní či sportovní centra atd. Předmětná technická díla náleží do správy různých sektorů a jejich cílem je zajistit kvalitní život lidí. Jak již bylo uvedeno, zahrnují fyzické, kybernetické, organizační a sociální systémy, tj. jednotlivá zařízení, stroje, komponenty, systémy či celé výrobní či obslužné celky.

Na základě výše uvedených faktů jsou technická díla složitými systémy, což znamená, že chování celku nelze odvodit z chování jednotlivých částí a za jistých podmínek dochází k výskytu neočekávaných jevů, které vedou ke zničení nebo selhání funkčnosti daného technického díla [4,6]. Jde o:

- náhle vynořený rys chování, který nelze odvodit ze znalostí o chování komponent (jde o tzv. emergenci),
- hierarchičnost,
- samoorganizovanost,
- rozmanitost řídicích struktur, která dohromady připomíná chaos.

Proto při zajištění bezpečnosti složitých technických děl je nutný mnoho oborový a mezioborový přístup [4-6], kterým se musí zařídit jejich:

- existence (schopnost zajistit rovnováhu),
- efektivnost (schopnost vyrovnat se s nedostatkem zdrojů),
- volnost (schopnost dobře zvládat výzvy z okolí),
- bezpečí / zabezpečení (schopnost ochránit se před jevy uvnitř i vně),
- adaptace (schopnost přizpůsobit se vnějším změnám),
- a koexistence (schopnost měnit své chování tak, aby chování reagovalo na chování a orientaci dalších systémů a aby je daný systém neohrožoval a ony neohrožovaly jeho).

1.1.2. Parametry důležité pro provoz složitých technických děl

Z hlediska současného poznání [4-6] před námi dnes stojí minimálně dva úkoly:

- řešit problém funkčnosti souboru vzájemně propojených (tj. závislých) objektů a infrastruktur za normálních, abnormálních a kritických podmínek,
- vyhledat kritické stavy složitého zařízení či díla, které jsou nepředvídatelné, anebo jsou důsledkem závažné chyby obsluhy, a za jistých podmínek mohou přejít do vysoce nežádoucích, tj. vysoce nepřijatelných stavů, tj. do situací, ve kterých je ohrožena samotná existence zařízení, anebo dokonce lidí, a které obvykle v běžné komunikaci označujeme jako krizové.

Proto se v praxi sledují specifické vlastnosti, jako:

- interoperabilita (tj. schopnost technického zařízení jako celku plnit kvalitně dané úkoly za normálních, abnormálních i kritických podmínek),

- integrita bezpečnosti (SIL), která se většinou sleduje ve spojení s lidskými chybami (při specifikaci, návrhu, instalaci, údržbě, modifikaci apod.),
- kritičnost (tj. míra s jakou může dojít k úrazu osob, zničení materiálu, škodě či jiným ztrátám na aktivech – jde o prahovou hodnotu, pod níž je stav sledovaného zařízení žádoucí a opačně),
- provozní spolehlivost, která zajišťuje, že systém plní stanovené požadavky a jeho provoz vyhovuje stanoveným podmínkám (rozkládá se na dvě základní vlastnosti, kterými jsou zranitelnost a odolnost).

V dané souvislosti dělíme technická díla na spolehlivé, zabezpečené a bezpečné systémy [4]. Spolehlivý systém je systém, který plní požadované funkce na hladině pravděpodobnosti 95 %. Zabezpečený systém je spolehlivý systém, který je ochráněn před všemi riziky. Bezpečný systém je zabezpečený systém, který ani při svých kritických podmínkách neohrožuje sebe, ani své okolí. Při tvorbě a provozu všech uvedených typů systémů se dnes pracuje s riziky, spoléhá se na princip ochrana do hloubky (Defence-In-Depth), a požaduje se řízení pomocí systému řízení bezpečnosti technického díla jako celku (SMS) [4,6].

Když se při tvorbě a provozu technického díla nevyjasní, jaký cíl se v praxi sleduje, vznikají zmatky ve stanovení priorit, což vede k existenci konfliktů a je nutno provádět optimalizaci opatření [4,35]. Nesprávně stanovené priority přináší škody, např. v důkladně zabezpečeném objektu v Austrálii uhořeli lidé, protože při požáru nemohli objekt opustit; při únikové hře v Polsku přišlo o život pět dívek protože byly v zabezpečené místnosti; pilot Andreas z Germanwings mohl navést letadlo do horského masívu Alp, protože pilotní kabina byla zabezpečená - pancéřové dveře nešly zvenku otevřít aj. [36].

Východiskem je použití konceptu integrální bezpečnosti, který vychází ze zvažování všech jevů, které mohou území i technické dílo poškodit (tzv. přístup All-Hazard-Approach), který oba nástroje inherentně propojuje [4,6], a pro snížení nákladů u méně důležitých technických děl jasně stanovit co bylo zanedbáno tím, že dílo nebo zařízení představuje jen systém zabezpečený, anebo jen systém spolehlivý [6].

1.1.3. Bezpečnost a spolehlivost technických děl

Prvním důležitým aspektem spojeným s technickým dílem je volba samotného konceptu pro konstrukci a provoz technického díla. Velmi dlouho se za základ bezpečných technických děl považovala teorie spolehlivosti, jejímž zakladatelem byl v r. 1816 pan Samuel T. Coleridge. Její velký rozvoj nastal ve 40. letech minulého století, hlavně v USA při velkém rozvoji průmyslu.

Spolehlivost (ve smyslu reliability) je schopnost systému bezchybně dodržovat stanovené požadavky po stanovenou dobu za určitých podmínek. Provozní spolehlivost systému (ve smyslu dependability - provozuschopnost) znamená, že systém (objekt, zařízení) plní stanovené požadavky a že jeho provoz vyhovuje stanoveným podmínkám. Zmíněná souhrnná vlastnost je pro analytické účely nepraktická, a proto se rozkládá do dvou základních vlastností, kterými jsou zranitelnost a odolnost.

Provozní spolehlivost je důležitá u složitých objektů, jejichž systémy hrají klíčovou roli v obslužnosti společnosti, protože ovlivňují rozhodovací cyklus veřejné správy a

politickou a sociální soudržnost, a napomáhají při odstraňování fyzických a psychických škod po haváriích a pohromách [4].

Dle údajů shromážděných v práci [6] u běžných technických zařízení a objektů se prokazuje schopnost bezchybné funkčnosti na stoleté pohromy (zdroje rizik); u důležitých mostů, přehrad aj. pro tisícileté pohromy; a u jaderných zařízení na deseti tisícileté pohromy (pozn. úložiště aktivního plutonia vyžadují prokázání spolehlivosti na sto tisíciletou pohromu). Různé prahové hodnoty jsou stanoveny tak, aby zajistily provozuschopnost po celou dobu předpokládané životnosti. Dosavadní řešení jsou prováděná na základě dobré inženýrské praxe a jejich dlouhodobá bezpečnost a spolehlivost se těžko prokazuje.

Spolehlivostní inženýrství (přesněji inženýrství spolehlivosti) se přednostně zabývá chybami a redukováním četnosti jejich výskytu. Spolehlivost je definovaná jako charakteristika daného objektu, která je vyjádřena pomocí pravděpodobnosti, že sledovaný objekt bude vykonávat specifikovaným způsobem funkce, které jsou po něm požadovány během stanoveného časového intervalu a za stanovených, resp. předpokládaných podmínek.

Teorie spolehlivosti je matematická disciplína, která se zabývá mírou selhávání prostředků, zařízení nebo systémů, od kterých se očekává nějaká funkčnost nebo odolnost vůči vnějším vlivům, a rychlostí zotavení z jejich poruchových stavů. V hierarchii matematických odvětví patří pod aplikovanou statistiku. Pomocí nástrojů teorie spolehlivosti se vyčíslují parametry poruch, jako např. provozní bezpečnost nebo spolehlivost, a to především těch zařízení, jejichž nečinnost nebo nesprávná činnost jsou z nějakého důvodu vysoce nežádoucí.

Bezpečnost, chápaná jako soubor opatření a činností zajišťujících bezpečí a udržitelný rozvoj lidského systému či jiné entity, tj. i technického díla [4-6] (tj. soubor opatření a činností, který omezuje podmínky vzniku nebezpečí), vytváří lidé, kteří by se měli starat nejen o přežití, moc, sociální shodu a prevenci škod, ale měli by vyřešit následující metodicko-konceptuální problémy:

1. Neuvažovat bezpečnost v „kulturní izolaci“, protože tak se bezpečnost stává sebe referenční. Bezpečnost se musí formovat pod vlivem apriorně definovaných rizik.
2. V bezpečnostních studiích je třeba oprostit koncept bezpečnosti od ideologického a politického klišé.
3. V metodice řízení bezpečnosti je třeba dát důraz na rozhodování o řešení problémů a na zvažování přínosů a dopadů konkrétních rozhodnutí, a to z pohledu veřejného zájmu.
4. Stále mít na paměti vztah mezi rizikem a bezpečností; obecně nejde o komplementární veličiny [1,2,4,16]. Podstata problému je v odpovědích na otázky:
 - a) Jak se identifikují rizika a jejich škodlivé dopady? Odpověď: Stanovují se věrohodnými scénáři.
 - b) Ale jak se takový věrohodný scénář tvoří? Obvykle se scénář odkazuje na minulé události a jevy, a nebere v úvahu porušování pravidel a pátrání po možných překvapeních.

Moderní stát hraje roli, která se dá popsat v termínech řízení rizik, protože přerozděluje určité typy rizik prostřednictvím systému blahobytu / veřejného blaha a zdravotní péče [6]. Rostoucí debaty o riziku na úrovni veřejné správy je možné vysvětlit jako důsledek uvědomění rizik, kvůli nimž může selhat poskytování veřejných služeb. Nadto

veřejnost se může při špatně zvládaných krizových a nouzových situacích domnívat, že veřejná správa je zdrojem rizik

Problematika spolehlivosti a vztah mezi bezpečností a spolehlivostí je detailně diskutován v pracích [6,33]. Práce [37,38] ukazují, že při zacílení na spolehlivost technického díla nejsou zvažovány všechny zdroje rizik jako při zacílení na bezpečnost technického díla. Na základě důvodů uvedených v citovaných a dalších pracích je v pokrokovém pojetí bezpečného světa, bezpečnost nadřazena spolehlivosti. To znamená, že **bezpečný systém je systém, který je spolehlivý a funkční a ani při svých kritických podmínkách nezničí sebe a své okolí**. Proto, jak bylo v práci [33] vysvětleno, se do systému vkládají prvky inherentní bezpečnosti, které zajistí - selže bezpečně; když nemůžeš provést úkon v požadované kvalitě, neproved' ho atd. Je si třeba uvědomit, že technické provedení uvedeného principu u autonomních vozidel, je zásadní pro bezpečnost jejich provozu. Je třeba poznamenat, že se v práci nezabýváme řešením konfliktu „zabezpečení autonomního vozidla vs. bezpečnost okolí autonomního vozidla“, který je třeba očekávat za jistých kritických podmínek.

Z uvedených faktů v práci [33] vyplývá, že řadu principů inherentní bezpečnosti je třeba zavést při projektování technického díla. Některé z nich lze zavést i za provozu technického díla, např. omezení množství nebezpečných látek, anebo použití méně nebezpečných látek, což je spojené se změnou podmínek pro provoz.

1.1.4. Riziko, bezpečnost a koexistence

Každé technické dílo je umístěno v území, ve kterém je řada zdrojů rizik, jejichž realizace může poškodit jak technické dílo, tak jeho okolí. Riziko je veličina, která je mírou ztrát, škod a újm. Její velikost závisí na konkrétní pohromě, která je zdrojem rizika a na zranitelnosti místních sledovaných aktiv. Ve strategickém řízení jsou definovány veličiny: ohrožení (anglicky hazard) jako pravděpodobná velikost pohromy, která se v daném místě vyskytne jedenkrát za definovaný časový interval (tzv. projektová nebo návrhová pohroma) [3,4,7]; a riziko jako pravděpodobná velikost ztrát, škod a újm na sledovaných aktivech při projektové pohromě rozpočtená na jednotku času (nejčastěji 1 rok) a jednotku území [3,4,7]. Riziko je tudíž místně specifické, protože závisí na množství a zranitelnosti aktiv v daném území.

Cílem lidí je bezpečí a rozvoj lidí, a pro předmětný cíl jsou důležité jak bezpečné prostředí, tak bezpečná technická díla. Bezpečnost je chápána jako vlastnost na úrovni systému, kterou formuje člověk svými opatřeními a činnostmi [1-7]; jak již bylo zmíněno, bezpečný je takový systém, který ani při svých kritických podmínkách neohrožuje ani sebe, ani své okolí. Bezpečnost prostředí ve výše charakterizovaném kontextu je speciálně sledována v práci [1]. Bezpečnost technického díla je sledována v pracích [2,4,6,13]. Platí, že veličiny riziko a bezpečnost nejsou komplementární veličiny, protože bezpečnost prostředí i každého technického díla lze zvýšit pomocí organizačních opatření, např. zavedením varovacích systémů a záložních řešení, aniž bychom snížili velikost rizika; doplňkovým pojmem k bezpečnosti je kritičnost [3,4,7].

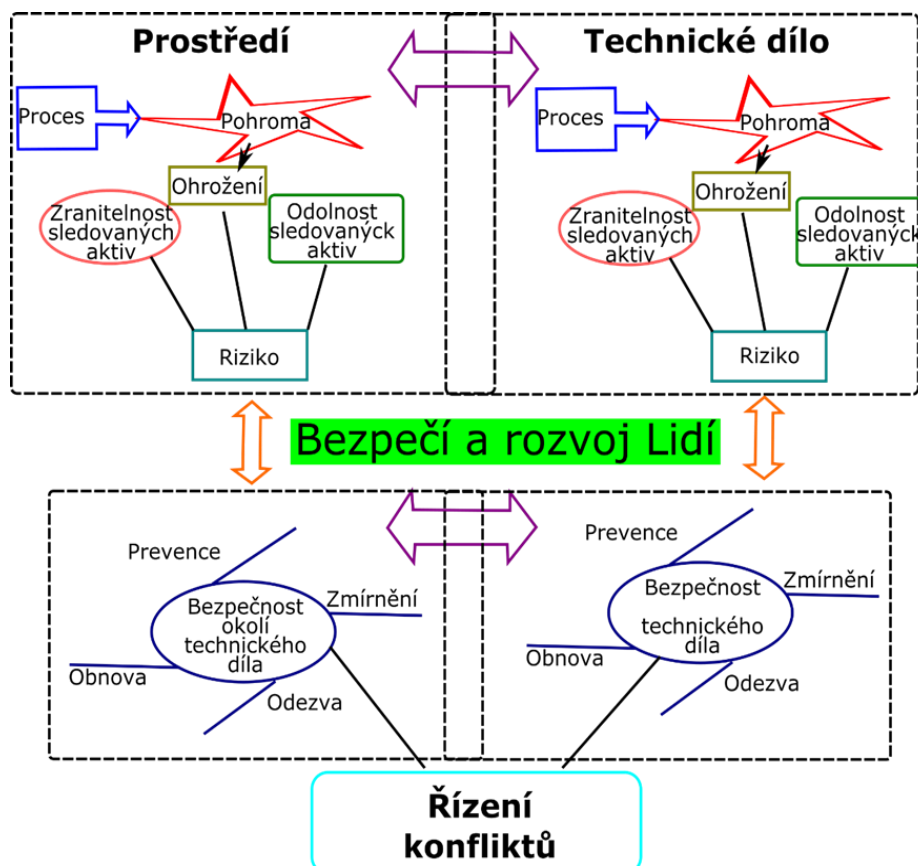
Bezpečnost technického díla a jeho okolí lze zajistit jen kvalitním antropogenním řízením [4-6,15-26,32,33]. Na základě hospodárnosti je třeba především provést snížení rizik v nejkritičtějších místech v rámci prevence, i připravit odezvu a obnovu na rizika, která nejsou vypořádána buď z důvodu opomenutí nebo neznalostí v procesu projektování a zhotovení, anebo preventivní opatření jsou velmi nákladná (metoda

bow-tie popsaná v práci [33]). Jedná se o velmi nákladnou činnost, a proto je nutná vzájemná komunikace mezi vlastníky a provozovateli technických děl, veřejnou správou, veřejností a médii [6].

Současné poznání ukazuje, že svět, ve kterém žijí lidé, tj. lidský systém musí být ve stavu, že vzájemně propojené systémy, kterými jsou životní prostředí, sociální systém a systém technologický, existují ve vzájemném souladu, tj. je zajištěna jejich koexistence. Koexistence obecně znamená společná existence. Ve sledovaném případě jde o zajištění takových podmínek v lidském systému při provozu technického díla po celou dobu životnosti, které zajistí společnou existenci propojených systémů, tj. sociálního, environmentálního a technologického [32,33].

O potřebě a důležitosti koexistence se uvažuje v mnoha technických oborech; např. práce z oblasti telekomunikací [38-45]. Předmětné práce ukazují, že technická díla nemohou být zvažována jako uzavřené systémy, ale vždy musí být zvažováno jejich okolí, což potvrzuje požadavky shromážděné v pracích [4-6,13,14].

Obrázek 2 ukazuje základní představu o chápání problému, které směřuje k cíli lidí, kterým je jejich bezpečí a rozvoj. Na obrázku jsou uvedeny základní faktory spojené s bezpečím a rozvojem lidí v systému, do kterého patří technická díla, která zajišťují kvalitu života a bezpečí lidí. Předmětná publikace se zabývá kritickou fází „provoz technického díla po dobu životnosti“. Odhaluje předmětná rizika a na základě shromážděných dat a metod používaných v inženýrských disciplínách zabývajících se riziky, navrhuje nástroje pro efektivní zvládnutí rizik tak, aby se zajistila koexistence základních systémů a hlavně bezpečí a rozvoj lidí.



Obr. 2. Procesy a faktory sledované dále v publikaci a jejich souvislosti.

1.1.5. Automatizace technických děl a nová rizika

V současné době jsou provozovaná a budovaná technická díla jako socio – kyber - technické (fyzické) systémy. Automatizace proniká do života všech technických děl. Na jednu stranu přináší obrovské výhody a úspory práce lidí a na straně druhé také další rizika.

V souvislosti s automatizací je řízení technického díla definováno jako cílené působení řídicího systému na řízený objekt tak, aby bylo dosaženo určeného cíle. V daném kontextu je řízení technického díla členěno na automatické pomocí informačních technologií, poloautomatické (pomocí zásahu technických mechanismů) a ruční (prováděné člověkem). V praxi se odlišují ovládání, regulace a vyšší formy řízení (optimální a adaptivní řízení, učení a umělá inteligence).

Práce [6] shrnuje poznatky z uvedené oblasti a ukazuje, že ***současná pravidla automatického řízení jsou vytvářena na základě modelování založeném na teorii spolehlivosti*** (tj. jen na základě dat o náhodných procesech; nezvažují se znalostní nejistoty, tj. neurčitosti). Proto není zaručena bezpečnost zařízení za všech podmínek, tj. kritických a extrémních podmínek vyvolaných znalostními nedostatky nebo extrémními vlivy. Na základě předemné skutečnosti vzniká celá řada dalších zdrojů rizik pro technická díla, a to hlavně těch, která používají dálkové přenosy dat. Příkladem je např. skutečnost, že vypadlý kabel u robota Fjodora znemožnil první pokus přistání u ISS (mezinárodní kosmická stanice); připojení se podařilo až po zásahu kosmonauta, který provedl opravu [36].

V práci [6] jsou příklady, kdy kořenovou příčinou havárie či selhání technických děl nebyla ani technická závada, ani chyba v antropogenním řízení, ale selhání automatického řízení spočívající v chybě spojené s tokem informací – správné informace nebyly ve správný čas na správném místě a u správné osoby. Proto je třeba věnovat pozornost rizikům spojeným s automatizací u technických děl i u moderních technologií.

1.2. Řízení technických děl

Řízení je druh činnosti, který vyvolává a zajišťuje fungování sledovaných systémů. Je to uvědomělý způsob aplikace teoretických a praktických znalostí člověka (řídicího pracovníka) zaměřený na identifikaci a rozpoznání problémů a cílů ve sledovaném systému, způsoby zvládnutí problémů, stanovení postupů k dosažení žádoucích cílů a na implementaci postupů spojenou s kontrolními mechanismy zaměřenými tak, aby žádoucí cíle byly dosaženy optimálně. Jeho prvním úkolem je správně diagnostikovat či specifikovat každý problém, racionálně rozhodnout, rozhodnutí akceptovat a realizovat v daných konkrétních podmínkách. Řízení má predispozici být úspěšné, když je založené na odborných znalostech a zkušenostech a když jednotlivá rozhodování, z nichž se řízení nebo lépe proces řízení skládá, jsou kvalifikovaná. Získání předmětných znalostí a zkušeností znamená neustále shromažďovat, vyhodnocovat i ověřovat data a provádět kvalifikovaná hodnocení.

Z výše uvedených definic jasně vyplývá, že řídicí pracovník musí mít patřičné teoretické a praktické znalosti a musí je umět používat, a že pokud je nemá, tak v úseku, který řídí lze dříve či později očekávat velký problém.

Správa je forma činnosti orgánů, zejména výkonných, která spočívá v organizování a praktickém uskutečňování úkolů stanovených řídicím týmem / managementem státu / území / objektu / organizace v souladu se zákony a jinými právními předpisy.

1.2.1. Charakteristika současného antropogenního řízení

Současné řízení technických děl i území se provádí formou realizace programů, které se skládají z projektů. Projekty jsou většinou složité a vyznačují se tím, že komplexně řeší nějaký problém pomocí systémové analýzy a syntézy. Tj. v projektech se rozkládají úkoly na procesy, u kterých se uplatňuje řízení procesů. Oba typy řízení, projektové i procesní jsou založené na teorii systémů a na teorii vědeckého řízení (managementu) a využívají nástroje z dalších vědeckých oborů, jako z matematiky (např. statistika, síťové grafy), z ekonomie (např. rozpočet, náklady), z psychologie (např. výběr osob pro funkce projektového manažera a projektový štáb), z výpočetní techniky a z programování (programy na podporu projektového řízení, rozhodování). To znamená, že metodika řízení projektů využívá systémový a procesní přístup.

Metodika současného řízení využívá systémový přístup. Systémový přístup znamená, že se důsledně snažíme rozdělit celek na menší, lépe poznatelné, pochopitelné a snáze říditelné části; například rozsáhlý projekt dělíme na subprojekty; subprojekty dále na projektové fáze (project phase), fáze na činnosti (activity, task), činnosti na pracovní soubory (work package) apod.

Projektové řízení je koncept a soubor nejlepších postupů při řízení projektů, který se vyvíjel po celou lidskou historii. V současné době je projektové řízení považováno za optimální přístup k řešení problematiky projektového charakteru. Často se používají metoda kritické cesty (Critical Path Management – CPM) či metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique), které jsou popsány v práci [46]. Systémový přístup znamená, že se důsledně snažíme rozdělit celek na menší, lépe poznatelné, pochopitelné a snáze říditelné části; například rozsáhlý projekt dělíme na subprojekty, subprojekty na projektové fáze (project phase), fáze na činnosti (activity, task), činnosti na pracovní soubory (work package) apod. Také znalosti o projektovém řízení lze rozdělit na jednotlivé soubory nebo okruhy znalostí (body of knowledge).

Projektové řízení je dynamický proces, ve kterém jednotlivci nebo organizace využívají své zdroje k realizaci projektů. **Metodologie projektového řízení** představuje způsob řízení projektu, kterým ve sledovaném případě technických děl je výroba nebo služby. Metodologií ovšem nenazýváme intuitivní přístupy řízení, protože jsou ve své podstatě nahodilé, a tudíž neopakovatelné, nedefinovatelné a prakticky nesdělitelné. Projektové řízení zahrnuje:

1. Řízení integrací, tj. obsahuje procesy s cílem zajistit, že jednotlivé části projektu jsou správně koordinovány.
2. Řízení rozsahu, tj. obsahuje procesy potřebné k zajištění toho, že projekt obsahuje všechnu potřebnou a pouze potřebnou práci k úspěšnému dosažení cíle.
3. Řízení času, tj. obsahuje procesy potřebné k zajištění dokončení projektu ve stanoveném čase.
4. Řízení rozpočtu, tj. obsahuje procesy potřebné k zajištění dokončení projektu ve stanoveném rozpočtu.

5. Řízení kvality, tj. obsahuje procesy potřebné k zajištění toho, že projekt uspokojí potřeby, pro které byl realizován.
6. Řízení lidských zdrojů, tj. obsahuje procesy potřebné k zajištění maximálně efektivního využití lidských zdrojů začleněných v projektu.
7. Řízení rizik, tj. systematický proces identifikace a vyhodnocení rizik. Cílem je minimalizace pravděpodobnosti a četnosti rušivých událostí na projekt.
8. Řízení zprostředkování, tj. obsahuje procesy potřebné k zajištění potřebného materiálu a služeb nutných k úspěšnému dokončení projektu z okolí organizace vykonávající projekt.

Mezi významné přínosy projektového řízení patří například:

- snížení ztrátových časů,
- zkrácení dob trvání výstavby a výroby,
- zpřesnění návaznosti jednotlivých činností pomocí metody JIT (Just in time),
- rovnoměrnější využití zdrojů (lidských, materiálových, finančních a dalších),
- zlepšení finančních toků (Cash flow),
- zlepšení přehledu o skutečném stavu prací,
- rozšíření informací o stavu realizace projektu na celou organizaci.

Pro úspěšné projektové řízení je nutné dbát na:

- jasně stanovené cíle projektu (je si třeba ujasnit, čeho má projekt dosáhnout a zamyslet se, jestli je projekt realizovatelný nebo zdali neexistují nějaké lepší alternativy),
- zřejmou podporu zadavatele (je-li projekt někým zadán, musí být vyjednána hned na začátku od zadavatele jasná podpora projektu včetně jeho závazků k dodání potřebných zdrojů (peněz, lidí, vlastního času aj.),
- výběr spolupracovníků (lidé, se kterými se spolupracuje, jsou klíčem k výsledku, a proto musí být vybráni s rozvahou),
- pravomoci a odpovědnost (pokud se na projektu podílí více osob, jasně musí být rozděleny pravomoci i odpovědnosti, určen člověk s celkovou odpovědností za výsledek, který bude koordinovat a kontrolovat práci ostatních),
- sledování kvality (musí být určeny požadavky na kvalitu výsledku a sledován její vývoj v průběhu celého projektu (pokud jsou kontroly prováděny průběžně zadavatelem, musí být zaznamenávány jejich výsledky a zápisy podepsány)),
- rozdělení na etapy (projekty se musí rozdělit na snadno měřitelné a dosažitelné úseky),
- plánování (větší a složitější záměry vyžadují hrubé plánování celého projektu a podrobnější plánování jeho aktuálních částí; plánuje se ale jen tolik, kolik je nezbytně nutné pro předcházení zbytečným chybám, protože může být lepší provést dobrý plán dnes než dokonalý zítra),
- revize projektu (pravidelně je třeba kontrolovat soulad s původním plánem a posuzovat, není-li třeba pod vlivem nových okolností projekt pozměnit nebo dokonce úplně zrušit),

- sledování souvislostí (jelikož žádný projekt neexistuje ve vzduchoprázdnu, je třeba věnovat náležitou pozornost komunikaci se všemi zainteresovanými lidmi, zvažovat možná rizika a zohledňovat návaznost na ostatní projekty),
- osobní nasazení (nic nedovede projekt ke zdárnému cíli lépe, než když vám na výsledku osobně záleží a pustíte se do něj s buldočí povahou a vytrvalostí honícího psa),
- dokumentaci (nesmí se spoléhat pouze na paměť, ale je třeba vést přehlednou dokumentaci pro celkově lepší přehled a budoucí návraty k projektu),
- dokončení a předání výsledků (úspěšné ukončení projektu zahrnuje mimo jiné náležité předání celé dokumentace a výsledku projektu (např. do užívání či provozu)),
- závěrečná rekapitulace (z každého ukončeného projektu je třeba se poučit a nikdy více neopakovat stejné chyby).

Projektové řízení je velice náročné, a tedy drahé. Technicky se jedná o účelové předimenzování kapacit, vytvoření optimálních podmínek před zahájením a intenzivní dohled v průběhu projektu za účelem snížení nejistoty. To lze realizovat jedině nasazením špičkových, tedy i drahých a nedostatkových řídicích pracovníků s dostatečnou kvalifikací a předpoklady pro výkon funkce vedoucího projektu. Systém projektového řízení vyžaduje vysokou kvalifikaci, významné technické prostředky, rozsáhlou metodiku a splnění řady dalších podmínek (např. centrální správa zdrojů, efektivní motivační systém, který umožní či spíše zaručí upřednostnění úkolů vyplývajících z účasti na projektu atd.).

Projektové řízení je složeno z procesů, které lze zařadit do několika typických skupin procesů. Každý proces potřebuje nějaké vstupy, pomocí nichž a pomocí procedur nebo nástrojů, znalostí a dovedností lidí produkuje výstupy. Výstupy z procesů jsou výstupy z projektu nebo výstupy pro jiné procesy [47,48]. Propojení projektového a procesního přístupu si představujeme tak, že projektové řízení je složeno z procesů, které je možno zařadit do několika typických skupin procesů. Každý proces potřebuje nějaké vstupy, pomocí nichž a pomocí procedur nebo nástrojů a znalostí a dovedností lidí produkuje výstupy. Výstupy z procesů jsou výstupy z projektu nebo vstupy pro jiné procesy.

Pro podporu řízení jsou v současné době zpracovávány procesní modely a projektové modely. Hlavním smyslem procesního modelu je zobrazit možné vývojové tendence jako důsledek určitého jevu, popř. vyznačit funkce a role funkcí, které se podle účelu dělí do několika typů. Aplikace procesního modelu je vhodná pro opakované činnosti, které je možné separovat a následně dobře popsat. Typickým případem jsou výrobní podniky se sériovou výrobou. Aplikace projektového přístupu je naopak vhodná pro unikátní projekty, například velké stavby, vývoj softwaru apod. Jednotlivé projekty si v průběhu svého životního cyklu alokují své vlastní i externí zdroje podle momentální potřeby. Projektový přístup má vždy větší míru nejistoty, a proto se hůře popisuje nějakým větveným modelem.

Procesní řízení je založeno na důsledném využití znalostí o problému v systému a jeho okolí. Proto se mu také říká „knowledge management“ [48,49]. Nositelé znalostí jsou lidé, znalosti nelze nikomu odebrat, ale lze je neomezeně rozšiřovat a množit. Ve znalostní společnosti je to právě duševní kapitál, který dominuje a má zcela jiné postavení než dříve. To vše vyžaduje jiný pohled na řízení útvarů a jednotek. Procesní řízení založené na ovládání řídicích a prováděcích procesů se odlišuje od operačního

přístupu, který se běžně používá v rozhodovacím procesu klasického řízení. **Klasické řízení je založeno na funkčním přístupu, který se zaměřuje zejména na výstupy (výsledky), což je vlastně orientace na důsledky, a ne na příčiny.** Je zřejmé, že hodnocení výsledků nemusí odhalit příčiny nesplnění cíle. **V okamžiku, ve kterém se zaměříme na výstupy, zanedbáváme principy prevence.**

Řízení znalostí (knowledge management) v sobě koncentruje všechny přínosy procesního řízení a snaží se rozvinout způsob, jak vědomostní kapitál pojmenovat, získávat, udržovat a využívat. Jako klíčový se jeví skrytý typ znalostí, který tvoří podstatu řízení znalostí. Uplatnit a rozvinout znalosti není lehké a naráží na nepochopení těch, kteří jsou v řídicím postavení. Tento typ znalostí je odmítán, protože nepřináší okamžité výsledky, ale je možno ho zhodnotit až v delším časovém období. Předmětnému procesu také zabraňuje setrvačnost myšlení z minulosti. To vše způsobuje, že očekávaný výsledek je nejistý. Nový způsob musí preferovat pružnost reakce na vyvíjející se situaci, na měnící se podmínky okolí, ale také musí využít znalostí vědomostí lidských zdrojů.

Řízení založené na znalostech, se zaměřuje na všeobecné rozvíjení lidského kapitálu: připravenost pracovníka podávat požadované výkony (způsobnost, kompetence); zvyšování inteligence pracovního týmu apod. Rozhodujícími kritérii jsou zejména odpovědnost vycházející z dovedností a širokých znalostí, kvalitní plnění úkolů a ochota se trvale učit. V řízení znalostí hmotné statky nemají prvořadou úlohu. Pro řízení jsou důležitější nehmotné statky, tj. intelektuální bohatství, kterým jsou dovednosti, schopnosti, zkušenosti a znalosti. Uvedené hodnoty mají nejvýznamnější vliv na splnění nebo nesplnění úkolů a dosažení cíle za předpokladu, že je vše technikou a materiálem zabezpečeno.

Znalosti (věděni) jsou dnes považovány za základní zdroj bohatství. Řízení znalostí je systematický proces hledání, vybírání, organizování, analýzy a prezentování informací způsobem, který zlepšuje porozumění pracovníka specifické oblasti zájmu. Je typické pro akademickou půdu a pro vědecké a výzkumné ústavy.

Proto se procesní přístup založený na řízení znalostí nezaměřuje na výsledky, ale na příčiny. Procesní řízení je založené na rozpracování koncepce a metodologie. Uplatnění prvků řízení znalostí v rozhodovacím procesu řídicího pracovníka vede k přechodu od individuálního rozhodování ke skupinovému přístupu. Důležitá je role řídicího pracovníka, který takový proces musí usměrňovat k přijetí kvalitního rozhodnutí. Je však třeba vzít v úvahu, že takový postup je nejenom časově náročnější, ale je také náročnější na přípravu jednotlivých členů procesního týmu, a to včetně řídicího pracovníka.

Ze zkušeností při uplatňování prvků procesního řízení v podnikové sféře vyplynulo, že při rozhodování rutinním je individuální rozhodnutí výhodnější, pro přípravu rozhodnutí neprogramového (tj. složitého a nestandardního) je však žádoucí volit metodu skupinového rozhodování (vytvoření procesního týmu). V obou případech však je řídicí pracovník vždy za rozhodnutí odpovědný. Při skupinovém rozhodování musí být také vytvořeno vhodné prostředí, které bude podporovat tvůrčí schopnosti skupiny. Je důležité, aby řídicí pracovník uměl potlačit vliv neschopných, neznalých a líných, ale ambiciózních jedinců, kteří pro prosazení svých ambicí útočí na znalé a pracovité. Řídicí pracovník musí při týmovém rozhodování dbát na:

- podporování původnosti a neobvyklosti řešení,
- řízení skupiny tak, aby byly odděleny zdroje od obsahu informací,

- zabezpečení uplatnění nezávislého osobního úsudku a zkušeností,
- udržování otevřené komunikace, posilování sebedůvěry, zabránění zesměšňování,
- nepovolení rychlých řešení a krátkodobých výsledků,
- dosažení konsenzu. Pokud to není možné, přijmout a implementovat rozhodnutí po důsledném vyhodnocení všech okolností, které mohou mít vliv na dosažení cíle.

Rozlišujeme tři základní úrovně řízení, a to:

- úroveň strategická, která určuje základní směry vývoje, ze kterých vyplývá, které procesy je nezbytné upravit nebo vytvořit, jaké organizační změny bude nezbytné provést, kde získat know-how, finanční zdroje atd.,
- řízení procesů, které pomáhá utřídit činnosti nutné pro realizaci dlouhodobých záměrů. Hledají se odpovědi na otázky, jak procesy nastavit, v jakém stavu je udržovat a jak musí tyto procesy navzájem spolupracovat,
- operativní řízení, které rozhoduje o konkrétním rozmístění zdrojů v procesu (lidských, technologických, finančních) a také o výkonu jednotlivých činností v rámci nastavených procesů (jak provést konkrétní operaci). Snahou je zajistit transfer znalostí a dovedností mezi pracovníky.

Významného efektu a **konkurenční výhody organizace** (ve sledovaném případě technického díla) **dosáhne teprve sladěním všech tří úrovní řízení**. Jde o to dosáhnout stavu, kdy procesy budou definovány a řízeny na základě strategie a operativní řízení nebude jen hašením mimořádných událostí. Procesy pak budou zdokonalovány na základě poznatků přenášených z operativy. Nové poznatky pramenící z řízení procesů se pak rychle promítnou zpět do strategie a vyvolají další zásadní změnu(y) ve vývoji organizace (tj. ve sledovaném případě technického díla).

Procesní řízení je založeno na principu integrace činností do ucelených procesů. Tedy i dílčí operace je třeba takto sjednotit. Procesy jsou ovládané procesními týmy. Každý procesní tým řídí procesy na svém stupni a podřízeným skupinám dává úkoly, které vedou k naplnění cíle. Přitom všechny procesní týmy musí být motivovány k dosažení optimálních výsledků a všechny stupně musí při dosahování dílčích výsledků sledovat splnění konečného cíle. V procesním řízení existují vedle sebe dva systémy řízení, a to funkční a procesní, což činí řízení složitějším.

Moderní řízení věcí veřejných opírající se projektové a procesní řízení používá obecný proces (Problem Solving Process) [50], který je součástí tzv. Best-Practice (dobré praxe, tj. nejlepších zkušeností) a je celosvětově široce užíván. Jedná se o proces, který svou obecností přesahuje problematiku projektů a projektového řízení a sestává z deseti bodů:

1. Identifikace problému.
2. Definice problému.
3. Analýza současného stavu.
4. Hledání příčin.
5. Definice cílového stavu.
6. Návrh řešení.
7. Výběr řešení.

8. Validace řešení.
9. Realizace.
10. Vyhodnocení.

V současné době používají tři typy projektového řízení, tj.:

- New Public Management,
- Total Quality Management,
- řízení typu „Common Assessment Framework“.

Všem těmto typům je společné strategické plánování a proaktivní řízení. Proaktivní řízení je typ řízení, ve kterém provádíme opatření předem na odvrácení či alespoň zmírnění některých nežádoucích jevů a zajišťujeme připravenost na zvládnutí očekávaných nežádoucích jevů [1]. Strategické plánování je nástroj, který se využívá v ziskovém a neziskovém sektoru. Zahrnuje identifikaci problémů, tj. proces, ve kterém se tvoří představa, čím se území, region, mikroregion, obec, sdružení obcí mají zabývat a jaké programy a služby je třeba občanům nabízet.

V rámci řízení technického díla se stanoví koncepce strategického plánování [6]. Pro ni je rozhodující vize, jak má vypadat technické dílo v nejbližších 5 až 6 letech a jestli je dosažení reálné. Každá vize se musí rozpracovat na postupné krátkodobé cíle. Ve veřejném sektoru je rozdíl oproti soukromému sektoru v tom, že se v něm plánuje v řadě případů na delší období, 10 až 15 let. Příčinou je trvalost regionů, měst a existence veřejného rozpočtu. Předmětný způsob plánování má vést ke zvýšení konkurenceschopnosti mezi regiony a městy.

Strategické plánování představuje nástroj k dosahování změn. V případě veřejné sféry nebo státem vlastněných technických děl se na něm podílí všichni aktéři místního a regionálního rozvoje, jejichž představy o budoucnosti obce, regionu se snaží plán a následné činnosti realizované v rámci řízení docílit. Aktéři místního a regionálního rozvoje jsou volení zástupci veřejné správy, představitelé soukromého sektoru, neziskového sektoru, zájmové skupiny a v neposlední řadě i občané. Sjednocení zájmů uvedených aktérů není snadné, protože jejich cíle jsou značně rozdílné. Soukromému sektoru jde především o zisk, protože to je jejich zdroj obživy. Veřejné správě jde o bezpečí a rozvoj území a jeho obyvatel, a to za všech okolností, tj. i za nouzových a krizových situací. Pro dosažení určité spolupráce mezi veřejným a soukromým sektorem vznikla koncepce Public Private Partnership (PPP). Jejím cílem je zainteresovat podnikatele na veřejných projektech a spolupodílení se na jejich realizaci. Vývoj a zkušenosti z implementace PPP projektů [51,52] ukázaly, že základem úspěchů těchto projektů je realistický strategický plán.

Charakteristické rysy strategického plánu dle práce [51] jsou:

1. Dlouhodobost. Obsahuje plán činností na 10 a více let.
2. Komplexnost. Strategický plán je provázán s územním plánováním, které má nejvyšší právní sílu v oblasti plánování dle zákona č. 183/2000 Sb.; územní plán je schvalován zastupitelstvy obcí a krajů, a na úrovni státu Parlamentem ČR.
3. Otevřenost. Na vytvoření strategického plánu se musí podílet co nejvíce lidí, od odborníků, představitelů obcí a regionů až po veřejnost. Plán musí být otevřen také novým nastalým skutečnostem, které vyvstanou v průběhu přípravy i realizace projektu.

4. Reálnost. Z hlediska hospodárného využívání prostředků musí být důkladně předem vyhodnoceno, zda cíle plánu jsou uskutečnitelné a zda provedené změny přispějí k lepšímu stavu daného území, tj. k jeho rozvoji.
5. Náročnost. Plánem vytyčené cíle musí být přiměřeně náročné, aby nedocházelo ke ztrátě motivace při jeho realizaci.
6. Srozumitelnost. Plán musí být srozumitelný pro veřejnou správu, dárce i pro ty, co jej budou uskutečňovat.

Při zpracování strategického plánu se musí zvažovat závazné předpisy pro plánování, doporučení zastupitelských orgánů EU apod., odborné metodické příručky, metody a postupy regionální rozvojové agentury, poznatky a zkušenosti z odborných periodik, zahraniční experti apod.

Je vhodné, aby se na přípravě plánu podílel tým expertů z jiného regionu (tzv. twinning). Jedná se o dlouhodobou spolupráci s expertem z oblasti, ve které už je dané plánování zaběhlé, a tudíž existují značné zkušenosti, kterých se dá využít v dané problematice. Problémem těchto expertů je fakt, že neznají specifika místního prostředí, která často předurčují problémy, které nastávají při realizaci projektu.

Strategický plán se také může sestavovat tzv. komunitní metodou, což znamená, že na přípravě plánu se podílí představitelé veřejné správy, vedení velkých podniků, aktivní občané a řada dalších občanů. Analogický postup platí pro soukromé subjekty důležité pro stát a pro ty, ve kterých veřejná správa vykonává dozor.

Zásadní obrat v řízení veřejné či soukromé organizace s ohledem na žádoucí cíle nelze dosáhnout jednotlivými dílčími opatřeními, ale pouze komplexním přístupem. Pro zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje je třeba použít koordinovaný a cílevědomý přístup. To umožní postupně a v souladu s jejich důležitostmi a naléhavostmi řešit soubor úkolů ve všech sférách a součástech a docílit tak žádoucí stav. Řešení problémů spočívá v oblasti investiční, technické, technickoorganizační, správní a řídicí, vědeckovýzkumné, výchovy a dalších. Efektivní řešení problémů nelze zajistit bez koncepčního řízení, pro které musí připravit podrobné, objektivní a systematické údaje výzkum. Operativní přístup při řešení problémů bez navázání na strategické plány obvykle není správným řešením ve střednědobém a dlouhodobém výhledu.

1.2.2. Současné typy projektového řízení

Dále uvedeme tři nejznámější typy: New Public Management; Total Quality Management; a řízení založené na Common Assessment Framework,

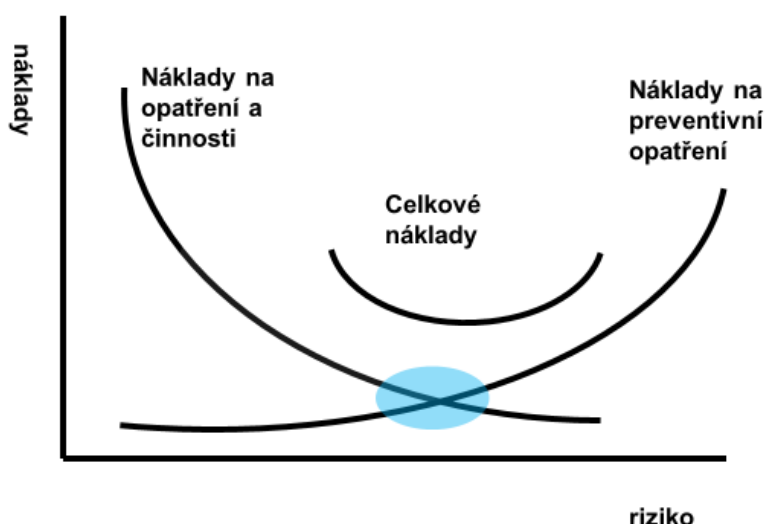
New Public Management (NPM) patří k ryze teoretickým modelům řízení organizace. V případě veřejné správy jeho podstata spočívá v tzv. vyprazdňování státu, což znamená postoupení značného množství aktivit a odpovědností na soukromé podnikatelské subjekty, které je zabezpečují na základě kontraktů služby pro občany. Jde o řízení orientované zejména na službu, které vzniklo až v devadesátých letech 20. století. Rozšířené je především ve Velké Británii a USA, a v určité míře je uplatňováno i v kontinentální Evropě. Jeho jádrem jsou dle [52] tzv. zásady 3E: economy (hospodárnost); effectiveness (účinnost a účelnost); a efficiency (efektivita).

Řízení podle uvedeného konceptu začíná nejdříve stanovením cílů, kterých chce organizace dosáhnout. Výkonné pravomoci jsou delegovány na regionální a místní úroveň. Pravidelně se využívá nástroj, tzv. controlling (ovládání, regulace), kterým se

prověřuje aktuální stav. Když jsou zjištěny odchylky od stavu žádoucího, jsou ihned provedena nápravná opatření, která zjištěné odchylky odstraní. Sledovaný typ řízení má snahu zavést soutěž do veřejných služeb, např. vyhlašování veřejných zakázek. Je pro něho typické: zaměření na efektivní využití zdrojů pro dosažení vysoké kvality poskytovaných služeb; konkurenční prostředí mezi veřejným a soukromým sektorem při poskytování služeb; tržně orientovaný přístup, v němž jsou občané spotřebiteli, které je zapotřebí uspokojit; a vysoká úroveň odpovědnosti řídicího pracovníka za výsledky.

Total Quality Management (TQM) je typ řízení, který pomohl po druhé světové válce evropskému průmyslu zotavit se z propadu, který mu způsobila válka [52]. Pro úspěšnost byl do veřejného sektoru v EU zaveden smlouvou v Maastrichtu v r. 1989. Je základem ISO norem třídy 9000, 14000 a dalších. Přístup TQM spočívá v tom, že na procesu zlepšování kvality se musí podílet všichni zaměstnanci, od řadových zaměstnanců až po nejvyšší řídicí pracovníky. Proces zlepšování jakosti vychází z impulsu podle potřeb od zákazníka / občana. TQM vychází z toho, že trvalá kvalita výrobků a služeb se nedá zajistit příkazy, kontrolou, dílčími programy, organizačními nebo ekonomickými opatřeními, ale cíleným hledáním, měřením a hodnocením příčin toho, proč se produktivita a kvalita nezvyšuje [53]. Je to způsob, při kterém se pozornost zaměřuje na procesy probíhající v instituci. Při implementaci TQM se přihlíží na specifika instituce, protože z důvodu účinnosti musí odpovídat struktuře instituce. TQM se využívá v řízení obcí a regionů. Je to kvalitní komunikace představitelů a úředníků obce s občany, tzv. citizen participation.

Je faktem, že inženýrský projekt s velkou bezpečností je nákladný a že touha každého investora či provozovatele po co nejmenších nákladech na technické dílo vede ke snížení bezpečnosti, tj. k zúžení intervalu podmínek, které technické dílo zvládne. Obrázek 3 ukazuje, že ve skutečnosti je třeba porovnávat náklady na snížení rizika a náklady na nutná opatření, tj. jde o aplikaci metody CBA [46] s vyhověním požadavkům na bezpečnost.



Obr. 3. Interval celkových nákladů, ve kterém je zajištěna bezpečnost; zpracováno dle [54]; oblast optimálních nákladů je vyznačena modře.

Výstupy z procesu řízení rizik pro zajištění bezpečnosti jsou následující:

1. **Seznam vyhodnocených rizik** (risk assessment document) - zde se zaznamenávají veškeré informace o příslušných rizicích.
2. **Seznam rizik vyžadujících nejvyšší pozornost** (top risks list) - obsahuje seznam vybraných rizik, jejichž řešení má nejvyšší nároky na zdroje a čas (u technických děl jde o rizika, která je třeba stále sledovat a podle výsledků monitoringu aplikovat opatření a činnosti vedoucí k bezpečnosti [4,6]).
3. **Seznam neaktuálních / vyřešených rizik** (retired risk list) - slouží jako historický odkaz pro budoucí rozhodování při změnách a modernizacích (např. aby se neodstranily bariéry, které byly do systému vsazeny z důvodu prevence nebo zmírnění [33]).

Řízení typu CAF (Common Assessment Framework) bylo vytvořeno ve spolupráci s generálními řediteli pro veřejnou správu Evropské unie [52]. Představuje jednotný a jednoduchý model pro hodnocení organizací veřejné správy. Model CAF je aplikovatelný na národní, federální, regionální a místní úrovni ve veřejné správě. Umožňuje organizaci, aby prostřednictvím sebehodnocení identifikovala své silné a slabé stránky a příležitosti pro jejich zlepšení [55]. Sebehodnocení musí respektovat:

1. Hlas trhu – který nutí organizaci provádět činnosti ke spokojenosti zákazníků a k poznání toho, co se musí v tomto ohledu zlepšit.
2. Hlas organizace – který nutí řídicí tým naslouchat názorům zaměstnanců a brát je také v potaz.
3. Hlas procesů – který nutí řídicí tým respektovat fakta z naměřených výkonností.

Model CAF přináší nový úhel pohledu na práci úřadu a jeho hodnocení. Realizace modelu CAF je dlouhodobou záležitostí, při níž se využívá množství soudobých poznatků, aby se došlo k co nejlepšímu výkonu a formě řízení veřejné správy.

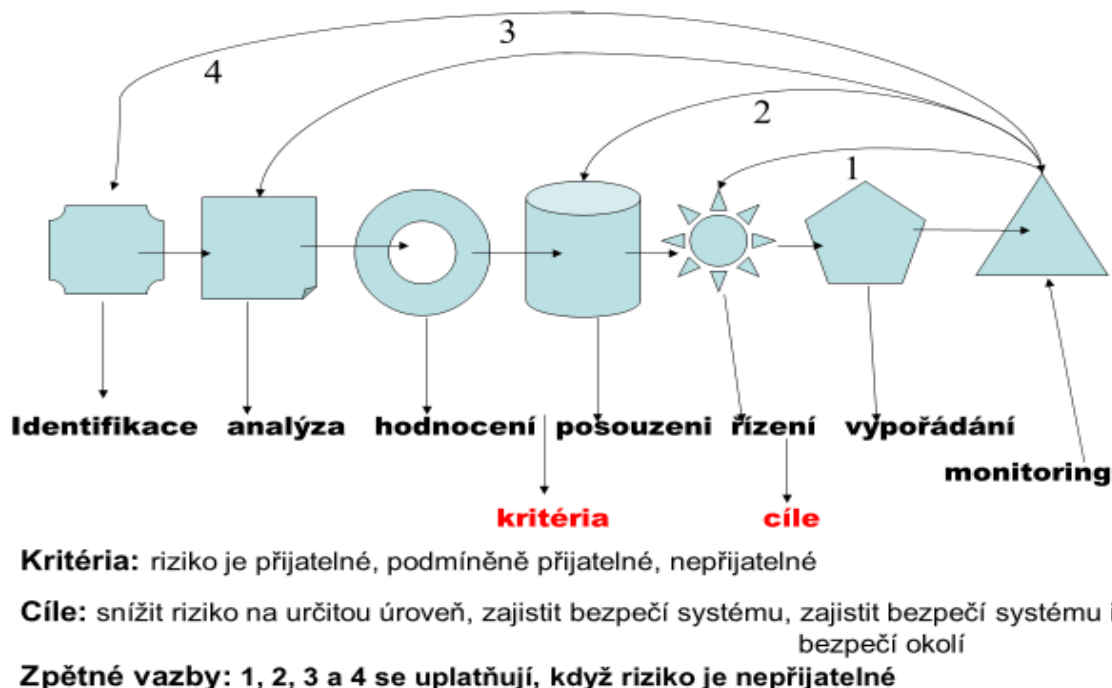
1.3. Řízení technických děl založené na práci s riziky

Na základě poznatků shrnutých v pracích [4-7] v současné praxi se používá několik způsobů řízení rizik, které jsou založené na systémovém pojetí a na proaktivním přístupu, a mají oporu v zákonech, normách a standardech.

1.3.1. Řízení rizik

Na základě recentních poznatků, shrnutých v pracích [6,7], je správné řízení rizik realizované procesem popsáním na obrázku 4. Způsoby provedení jednotlivých dílčích operací jsou detailně diskutovány v práci [7]. Jelikož v případě technických děl se stále při několika operacích upřednostňují software jako ROZEX, ALOHA, WHAZAN, EFFECT, TerEx, PSA dle TECDOC – 727 a další [46], které jsou založené na stromových modelech, tak v tomto místě je nutné uvést, že výsledky modelů nerespektují řadu reálných skutečností a mohou být použity jen u jednoduchých úloh, u kterých zanedbání neurčitostí způsobených např. dynamickým chováním reálného světa nemůže mít katastrofické důsledky, anebo je možná realizace rizika současně na více místech technického díla. Návrhy typů nástrojů pro práci s riziky u jednotlivých

cílů řízení rizik jsou jedním z výsledků výzkumu spojeného s problematikou monografie, které vyplynuly z analýzy havárií a selhání složitých technických děl v kapitole 5.



Obr. 4. Základní procesní model ukazující práci s riziky.

Z hlediska celistvosti informací jsou dále uvedeny výsledky výzkumu projektu Evropské unie FOCUS (Foresight Security Scenarios: Mapping Research to a Comprehensive Approach to Exogenous EU Roles – zkratka FOCUS), uvedené v práci [11]. Výsledky ukazují nedostatky v řízení rizik spojených s technickými díly v Evropské Unii a oblasti, ve kterých je potřebné provést opatření a činnosti; tabulky 1 a 2. Tabulka 1 je pro objektová technická díla a tabulka 2 pro síťová technická díla.

Tabulka 1. Nedostatky identifikované v řízení havárií a selhání technických děl. Tučně jsou vyznačeny oblasti, které jsou zvláště důležité pro řešení uvedených nedostatků. Ve sloupci „jiné“ M označuje nutnost monitoringu a K nutnost sestavit plán kontinuity a přežití lidí.

| Pohroma | Seznam nedostatků | Typ opatření a činností na odstranění nedostatků | | | | |
|---------|-------------------|--|-------------------|--------|----------|------|
| | | legislativa | specifické řízení | výzkum | vzdělání | jiné |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|------------|------------|------------|------------|----------|
| Nadprojektová havárie s přítomností radioaktivních látek | Řízení bezpečnosti vychází z předpokladu, že vícenásobně zálohované bezpečnostní systémy zajistí bezpečnost vždy. Poučení z havárie v jaderné elektrárně Fuku-shima [56] však ukazuje, že předpoklad není oprávněný. | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Nadprojektová havárie s přítomností nebezpečných látek mutagenních, karcinogenních | Řízení bezpečnosti založené na řízení integrální bezpečnosti je vyžadováno jen ve specifikovaných případech. | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Zneužití látek CBRNE | Chybí účinný systém řízení nakládání s látkami CBRNE. | Ano | Ano | Ano | Ano | M |
| Zneužití nanotechnologií | Neřeší se. | Ano | Ano | Ano | Ano | M |
| Zneužití genetického inženýrství | Neřeší se. | Ano | Ano | Ano | Ano | M |
| Zneužití IT technologií | Neřeší se. | Ano | Ano | Ano | Ano | M |
| Bezpečnost biotechnologií | Neřeší se. | Ano | Ano | Ano | Ano | M |

Tabulka 2. Nedostatky identifikované v řízení selhání infrastruktur. Tučně jsou vyznačeny oblasti, které jsou zvláště důležité pro řešení uvedených nedostatků. Ve sloupci „jiné“ M označuje nutnost monitoringu a K nutnost sestavit plán kontinuity a přežití lidí.

| Pohroma | Seznam nedostatků | Typ opatření a činností na odstranění nedostatků | | | | |
|---------|-------------------|--|-------------------|--------|----------|------|
| | | legislativa | specifické řízení | výzkum | vzdělání | jiné |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|-----|---|
| Ztráta obslužnosti území (selhání některé z infrastruktur nebo základních dodavatelských řetězců) | Chybí koncept pro vytvoření jak robustní kritické infrastruktury, tak robustních dílčích infrastruktur; zvláště pak kybernetické infrastruktury. | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání kritické infrastruktury | Chybí odborné zázemí založené na řízení integrálního rizika. Chybí metody na identifikaci průřezových rizik a kritéria pro jejich kvalifikované řízení | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání základních dodavatelských řetězců | Chybí odborné zázemí založené na řízení integrálního rizika. Chybí metody na identifikaci průřezových rizik a kritéria pro jejich kvalifikované řízení | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání vzdělávací infrastruktury | Neřeší se | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání infrastruktury výzkumu | Neřeší se | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání veřejné správy - organizační havárie | Příliš se neřeší – chybí odpovědnost politiků a veřejné správy za rozhodnutí ve veřejném zájmu | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání zemědělství a potravinové základny | Příliš se neřeší | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání technologického zázemí území | Příliš se neřeší | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání péče o lidi – zdravotnická a sociální péče | Chybí systematické řešení problémů mladých lidí (zaměstnanost a uplatnění ve společnosti), seniorů a skupin lidí, kteří nejsou ochotni se podřítit pravidlům většinové společnosti | Ano | Ano | Ano | Ano | K |
| Selhání péče o životní prostředí | Chybí řešení zaměřené na řešení konfliktů a založené na cíleném budování koexistence | Ano | Ano | Ano | Ano | K |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | <p> systému sociálního, životního prostředí a technologického </p> | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

Z hlediska zaměření publikace je třeba též uvést, že výsledky sledovaného výzkumu ukázaly, že v Evropě:

- se dosud na úrovni státu nepožaduje zajištění koexistence systémů o různé podstatě,
- nejsou pravidelně ověřovány aplikační postupy a orientace strategií,
- chybí rozumná (přiměřená) strategie pro řízení havárií a selhání i jiných pohrom,
- při řízení pohrom se často nerespektuje životní cyklus pohrom.

1.3.2. Typy řízení rizik používané u technických děl

Podle práce [53] řízení technických děl v Evropě je od druhé světové války projektové řízení, a to typu TQM, a opírá se o řízení rizik. Podle údajů v současné odborné literatuře, shrnutých v práci [6], jsou pro technická díla používané různé typy řízení, které se podle cílů řízení technických děl máme v praxi:

1. Řízení spolehlivosti (reliability management).
2. Řízení zabezpečení (security management).
3. Řízení bezpečnosti (safety management).
4. Řízení kontinuity (continuity management).
5. Řízení pružné odolnosti (resiliency management).
6. Řízení aktiv (asset management).

Každý z těchto typů má jistá specifika. První typ řízení upravují technické normy a standardy. Druhý typ řízení se kromě řízení spolehlivosti soustřeďuje na ochranu technických děl před vnitřními i vnějšími škodlivými jevy (pohromami), a to včetně chování lidí, kteří je vytváří a provozují [7]. Zabezpečení (anglicky security) ve spojení s jistým objektem znamená obecně soubor opatření a činností, kterými se zajistí, že objekt neutrpí ztráty, škody a újmy při výskytu vnitřních i vnějších škodlivých jevů. K jeho realizaci se používá fyzická a kybernetická ochrana objektu [9], a to nejen proti útokům zvnějšku, ale i z vnitřku.

Pravidla pro zabezpečení technických děl jsou rozpracovaná v práci [57], ve které jsou i vymezení oproti bezpečnosti technických děl [58]; odlišení je též v dokumentech IAEA [59]. Přestože logicky je bezpečný objekt též objekt zabezpečený [4,6], tak existují stále dohady, co je důležitější. Shoda je v tom, že **zabezpečené technické dílo** stejně jako bezpečné technické dílo bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek, a přitom je ochráněno proti všem vnitřním a vnějším pohromám, včetně lidského faktoru. Rozdíl je v tom že zabezpečené technické dílo nemá zabudovanou ochranu okolí. Další typy řízení jsou popsány dále.

Součástí všech typů řízení jsou pak specifické typy, kterými jsou nouzové řízení a krizové řízení. Srovnání typů ukazuje, že:

- všechny typy používají stejné metody a nástroje pro práci s riziky, které z důvodů různých cílů předmětných postupů v konkrétních případech nedávají stejné výsledky [6],
- všechny typy mají stejný cíl, kterým je zvládnutí rizik a ochrana aktiv (je však rozdíl v tom, která rizika a která aktiva zvažují),
- počínaje druhým typem jsou nadstavbou řízení spolehlivosti (reliability management), které bylo po dlouhá léta královskou disciplínou při řízení technických děl; analýza významných souvislostí je shrnuta v odstavci 1.1.3, detaily jsou v práci [6],

Přes různé názvy jejich metodologie je stejná, a to získat:

- povědomí o riziku,
- pochopení rizika a jeho vztahu k aktivům a jejich bezpečí,
- a aplikovat příslušné znalosti o tom, co dělat pro dosažení cíle.

V dalším textu se především soustředíme na řízení rizik ve prospěch bezpečnosti (tj. safety management), ale z důvodu existence vědeckých a komerčních škol, které prosazují řízení rizik pod výše uvedenými názvy, se na příslušných místech krátce zmíníme o nástrojích dalších disciplín.

1.3.3. Rozdíl mezi řízením orientovaným na výkon a řízením orientovaným na rizika

Řízení (management) je uceleným souborem aktivit, jejichž realizace v praxi napomáhá kvalitnímu chodu řízeného subjektu organizace a dosahování jeho cílů. Obecně tvoří soubor postupů a procedur pro hledání a řešení problémů. Skládá se z plánování, vedení a organizace pracovní činnosti lidí, rozdělování prostředků, hodnocení účinnosti postupů, kontroly stavu a v případě potřeby i aplikace nápravných opatření [1].

Z důvodů úkolů a cílů existují rozdíly mezi soukromým sektorem a veřejným sektorem. Ve veřejném sektoru, který představují obce a kraje není cílem zisk či jiný prospěch pro určitou právnickou či fyzickou osobu, ale cílem je veřejný zájem a jeho plnění. Dalším důležitým rozdílem mezi zmíněnými sektory je právní úprava. Veřejný sektor má větší návaznost na právo, což má za následek značné omezení na poli rozhodování. Je to způsobené nutností respektovat a plnit povinnosti a zásady veřejné správy, respektovat volené orgány, úpravu postavení organizačních jednotek státu, práva a povinnosti jejich zaměstnanců, požadavky na finanční a majetkové hospodaření apod. Další rozdíl mezi sektory je způsoben absencí zisku u veřejného sektoru, což má za následek, že se nedají použít některá měřítká a ukazatelé, které se v soukromém sektoru využívají pro podporu kvalitnějšího managementu.

Technická díla jsou veřejná i soukromá, všechny však v právním státě mají povinnost respektovat veřejný zájem. To znamená, že každá organizace (právnická nebo fyzická osoba) provozující technické dílo musí kromě cílů, ke kterým byla zřízena, respektovat cíle státu, ochranu veřejných aktiv (zdraví, životy a bezpečí lidí, majetek, veřejné blaho, životní prostředí, další technologie a infrastruktury) a morální a etická pravidla lidské společnosti v místě, ve kterém působí. Z hlediska základních funkcí státu chráněná veřejná aktiva jsou předřazená vlastním chráněným aktivům organizace. Správné řízení věcí ve prospěch veřejného zájmu i zájmu organizace má na základě

současného poznání formu projektového a procesního řízení organizace, které je upravené provázaným souborem opatření a činností a ve kterém hlavní roli hraje vyjednávání s riziky [1,47].

K dosažení žádoucího cíle, kterým v současné době je bezpečná organizace (tj. ve sledovaném případě bezpečné technické dílo), která má potenciál udržitelně se dále rozvíjet, je nutné:

- znát a při řízení organizace zvažovat všechna možná vnitřní i vnější rizika pro předmětnou organizaci, a to v jednotlivostech i v souvislostech,
- správně se všemi riziky vyjednávat,
- mít správně nastavené řízení rizik.

Z odborného pohledu je na základě současného poznání nutné chápat každou organizaci jako otevřený systém, jehož chování a stav jsou ovlivněny procesy a jevy, které probíhají uvnitř i vně organizace. Jejich dopady se modifikují spletitou sítí vazeb a toků, které jsou uvnitř dílčích systémů, napříč dílčími systémy, z nichž některé jsou vzájemně závislé, napříč celého systému i v okolí organizace. Řízení rizik proto musí být komplexní a jeho priority musí být zaměřeny na bezpečí a udržitelný rozvoj organizace v bezpečném území a v bezpečné lidské společnosti.

Aktivum (asset) technického díla je hmotná nebo nehmotná položka, která může být vlastněna. Zdroj (resource) technického díla jsou nástroje a kompetence, které využívají aktiva a bez kterých by aktiva neměla svoji hodnotu. Zahrnují také poznávací a sociální kapitál, tj. specifické dovednosti a kompetence, které umožňují lidem získávat další zdroje. Preventivní kapacita (preventive capacity) systému je míra schopnosti systému, jakou je systém připraven na poruchu. Absorpční kapacita (absorptive capacity) systému je mezní míra poruchy, kterou je systém schopen zvládnout. Adapční kapacita (adaptive capacity) systému je míra schopnosti systému se přeorganizovat tak, aby se vypořádal s neočekávanými podmínkami provozu. Obnovovací kapacita (restorative capacity) systému je míra opravitelnosti systému po poruše. Kapacity se měří v oblastech: technické; organizační; sociální; a ekonomické.

Další důležitou veličinou je integrita bezpečnosti technického díla, která dle [60] má zahrnovat schopnost systému poskytovat včasné varování uživateli, že systém není v pořádku. Systém pro zajištění / podporu bezpečnosti je navržen tak, aby zajistil vyhnutí se překážkám, které se mohou při provozu zařízení vyskytnout, a to s pomocí detekčního systému v SMS.

Základem typu řízení „asset management“ je rozvoj aktiv technického díla; tj. orientace na co nejvyšší výkon. Jde o propojení oddělených disciplín, a to bezpečnost procesů a řízení integrity entity, což u technických děl znamená zisk a konkurenceschopnost. Dle výše uvedených skutečností i prací [4,61] je třeba v případě složitých technických děl vzít v úvahu řadu kritérií, z nichž některá jsou konfliktní, obrázek 5.

Aby se zabránilo iniciaci velkých rizik, která při realizaci působí velké ztráty a škody lidem a dalším veřejným i privátním aktivům, tak základním cílem řízení technologických celků není dosáhnout velkého množství výrobků, ale i prevence ztrát na svých i veřejných aktivech, a proto se hledá konsensus mezi řízením rizik a řízením aktiv objektu. To znamená mít provozní režim takový, aby byla zajištěna prevence velkých ztrát, které by mohly být pro technické dílo likvidační. Jde o nalezení způsobu, kterým se nevyvolají rizika, která způsobí ztráty a škody na veřejných i privátních aktivech, které budou de facto vyšší než užitky ze zvýšené výroby.



Obr. 5. Příklad základního konfliktu při řízení kritických objektů – sestaveno s uvážením představy v [61].

Protože při orientaci na prevenci ztrát nejde jen o snížení pravděpodobnosti výskytu selhání technického díla, ale také o zlepšení podmínek provozních aktiv, tak SMS (systém řízení bezpečnosti) technologických objektů musí být flexibilní a musí být zacílen na interoperabilitu veřejných a privátních aktiv. Práce [4] problematiku rozvádí podrobněji. Na základě [62-64] se řízení zacílené na prevenci ztrát soustřeďuje na aktiva, která mají vliv na bezpečí technického díla, lidí a životní prostředí při havárii. Cílem je zajistit ji bezpečnost a dlouhou životnost technického díla. Faktory, které ji v předmětném typu řízení určují, jsou:

- řízení rizik, tj. určení ohrožení, nehod, havárii, vyhodnocení rizik a způsoby vypořádání rizik – používají se metody PHA, FMEA, HAZID, HAZOP, FTA, ETA, SIL, LOPA, AQR [46] and Bow Tie [33]; jejich slabiny již byly výše zmíněny,
- velikost indexu spolehlivosti a udržitelnosti, tj. provádí se analýzy RAM, údržby a inspekce,
- lidský faktor. Požaduje se, aby analýza lidského faktoru odpověděla na otázky: co špatného se může stát; jaké jsou důsledky špatné lidské reakce; které lidské rysy ovlivňují spolehlivost člověka; a co je nutné pro zvýšení spolehlivosti člověka a prevenci lidských chyb.

Na základě poznatků uvedených v [7] to znamená, že při řízení rizik u řízení typu „asset management“ se nezvažují vnější pohromy a lidský faktor, což snižuje účinnost předmětného typu řízení.

1.3.4. Řízení rizik technických děl ve prospěch bezpečnosti

V současné době je kladen důraz na bezpečná technická zařízení, bezpečné postupy, bezpečné procesy, bezpečná technická díla a bezpečný svět, a proto cílem práce s riziky je zajistit, aby technické dílo bylo bezpečným nebo alespoň zabezpečeným objektem [4,6]. Při řízení rizik důležitých technických děl je třeba vzít v úvahu, že:

- jde o složité socio-kyber-technické (fyzické) systémy typu SoS, které musí být bezpečné po celou dobu životnosti, a proto řízení rizik musí být zacíleno na integrální bezpečnost a být ve všech aspektech ucelené, systémové a proaktivní,
- jde o složité socio-kyber-technické (fyzické) systémy, které po celou dobu životnosti musí plnit kvalitně úkoly a ani při svých kritických podmínkách neohrozit sebe ani své okolí, tj. je třeba aplikovat přístup All-Hazard-Approach a Defence-In-Depth, mít program na neustálé zvyšování bezpečnosti a kultury bezpečnosti [4,6],
- jaderné i tepelné elektrárny, dálnice, přehrady, velká letiště, velké výrobní celky apod. jsou důležité pro zajištění základních funkcí státu, a mnohé i celé EU, a proto se povinnosti při vypořádání rizik se rozdělují mezi všechny zúčastněné.

1.3.4.1. Postup práce s riziky

Dobré řízení rizik technického díla zacílené na bezpečnost nelze dle současného poznání dosáhnout jednotlivými dílčími opatřeními, ale pouze komplexním přístupem s ohledem na místní podmínky. Složitá dělba kompetencí vede v praxi k vážným potížím a ve svém celku nepokrývá žádoucím způsobem celou problematiku. Pro zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje organizace je třeba použít koordinovaný a cílevědomý přístup, který umožní postupně a v souladu s jejich důležitostmi a naléhavostí řešit soubor úkolů ve všech sférách a součástech a docílit tak žádoucí stav organizace. Řešení problémů spočívá v oblasti investiční, technické, technickoorganizační, správní a řídicí, vědeckovýzkumné, výchovy a dalších. Efektivní řešení problémů nelze zajistit bez strategického a koncepčního řízení, pro které musí připravit podrobné, objektivní a systematické údaje výzkum. Operativní přístup při řešení problémů bez navázání na strategické plány obvykle není správným řešením ve střednědobém a dlouhodobém výhledu.

V souladu se současným poznáním je dále respektován rámec „Sendai Framework“ [65], ve kterém je silný důraz na řízení rizik od všech možných pohrom. Poznatky uvedené v pracích [1-7,9-33] ukazují, že práce s riziky ve prospěch bezpečnosti technického díla a území vyžaduje porozumění problému, jasná pravidla, dovednost, motivaci, a určené odpovědnosti.

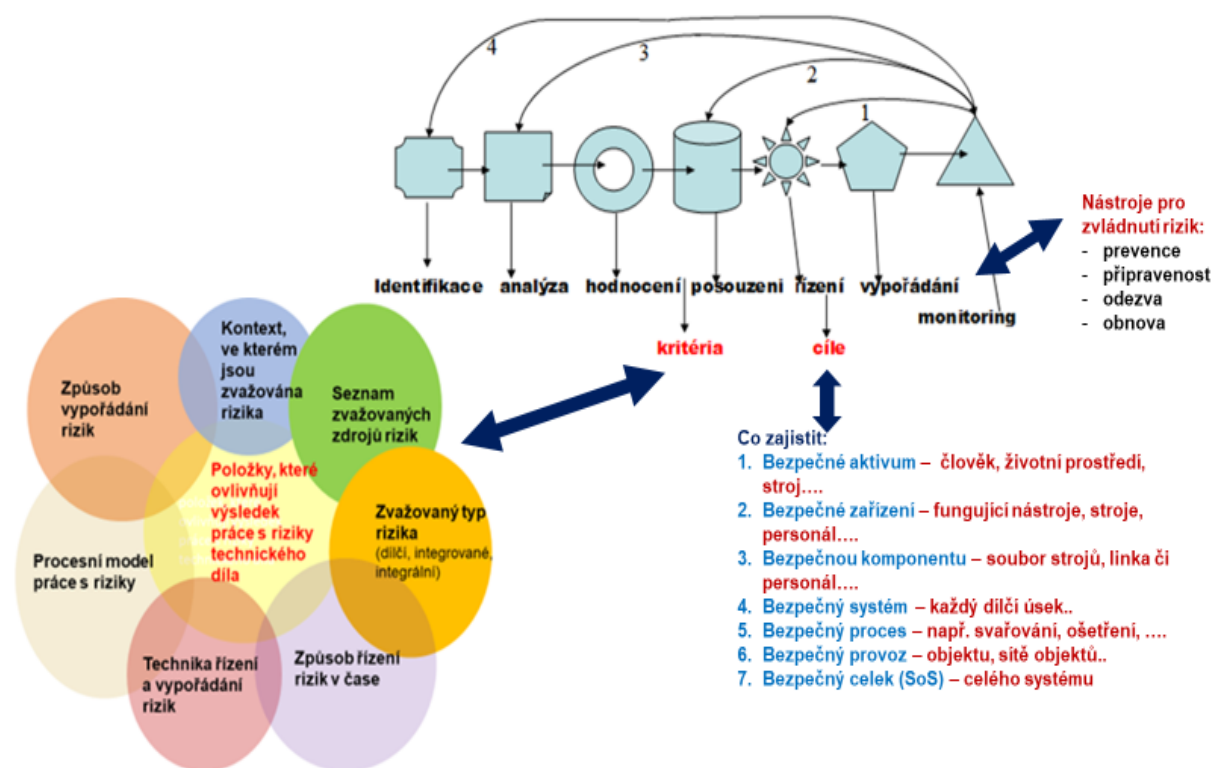
Rostoucí propojení mezi sektory všech odvětví je skutečnou výzvou. Zatímco většina postupů řízení se soustřeďuje na ochranu vnitřních procesů, rostoucí počet zdrojů pohrom je spojen se strukturou organizací provádějících řízení technických děl, s rozdělením kompetencí a odpovědností, a s motivací obslužného personálu technických děl. Řízení rizik stále zůstává silně založeno na předpokladu, že zdroje rizik jsou dostatečně známy a popsány pomocí pravděpodobností výskytu a že jsou prostředky, kterými lze rizika při jejich výskytu snadno zvládnout. Stále se nebere v úvahu existence náhodných nejistot, a především znalostních nejistot, tj. neurčitostí, které jsou nevyhnutelným důsledkem provázaného světa [7].

Současné poznatky ukazují, že jednotlivá investování na vyloučení nejistot prostřednictvím statistických a prediktivních přístupů založených na zpětném pohledu

už nestačí. Platnost metod a nástrojů pro efektivní správu nejistot zůstává neuspokojivá vzhledem k potřebám technických děl.

Je faktem, že velké přírodní pohromy poškodí rozsáhlá území a velké množství lidí. Dle [66] od začátku tohoto století sesuvy půdy, hurikány, povodně a požáry postihly více než jednu miliardu lidí a způsobily ekonomické ztráty ve výši 2 512 USD. Do uvedeného výčtu patří i škody na technických dílech poškozených přírodními pohromami; např. v roce 2005, záplavy vyvolané hurikánem Katrina v USA způsobily rozliti 8 milionů galonů ropy do půdy a oceánu; v srpnu 2017 hurikán Harvey v USA způsobil poškození skladovacích nádrží v rafinériích a petrochemických závodech, a tím znečištění životního prostředí [66].

Rizika spojená s technickými díly jsou předmětem prací [32,33,67]. Model pro jejich řízení je uveden na obrázku 6.



Obr. 6. Procesní model pro práci s riziky - 1,2,3,4 = zpětné vazby, které se používají, když monitoring ukáže, že nejsou splněny stanovené požadavky na bezpečnost. Kritéria se vztahují ke konceptu, ve kterém jsou chápána rizika. Cíle určují to, co je třeba řízením rizik zajistit.

Při provozu technických děl jsou zásadní další rizika, která budou dále sledována. Je si však třeba uvědomit, že nelze postihnout všechna rizika, protože technická díla založená na moderních technologiích (průmysl 4.0., internet věcí apod.) na jedné straně zlepšují výrobu i služby a na druhé straně přinášejí nová rizika [68]. Je třeba nová rizika identifikovat a najít zásady pro jejich řízení. Přitom bude třeba použít klíčové koncepty inženýrství zaměřeného na bezpečnost [4-7]:

1. Přístupy používané v řízení technického díla mít založené na riziku, tj. intenzitu prací a dokumentaci přizpůsobit velikosti rizik.

2. Odborný přístup k řešení problémů technického díla založit na tom, aby se především zvažovaly kritické atributy kvality a kritické parametry procesu.
3. Řešení problémů technického díla orientovat na kritické položky – sledovat a řídit kritické aspekty systémů, které zajišťují konzistenci operací systémů technických, organizačních i kybernetických.
4. Proověřené parametry kvality zpracovat již do návrhu technického díla.
5. Klást důraz na kvalitní inženýrské postupy, tj. prokazovat správnost zvolených postupů v daných podmínkách.
6. Zacílit řízení technických děl na zvyšování bezpečnosti, tj. neustále zlepšování procesů s využitím analýzy kořenových příčin poruch a selhání.

Snižování jakéhokoliv rizika je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků, apod., a proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné riziko snížit tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné. Předmětná míra rizika (určitá optimalizace) je většinou předmětem vrcholového řízení a výsledkem politického rozhodování, při kterém je z hlediska zajištění rozvoje nutné, aby se využily současné vědecké a technické poznatky a zohlednily ekonomické, sociální a další podmínky. Práce [6] uvedla odpovědnosti na jednotlivých úrovních řízení technických děl, které budou promítnuty do výsledků monografie, tj. do návrhu nástrojů pro řízení rizik.

Rizika byla, jsou a budou a neustále se budou objevovat nová. Řízení a vypořádání rizik, které způsobují pohromy, vyžaduje rozměr a měření rizika, které berou v úvahu nejen fyzické škody, oběti a ekvivalent ekonomických ztrát, ale i sociální, organizační a institucionální faktory. Většina současných technik na určování rizika nereprezentuje holistický přístup a nerespektuje, že riziko je rozdělené na lokální, regionální i státní úroveň [3,7,46].

Je zřejmé, že nejsme-li schopni riziko identifikovat a analyzovat, nejsme schopni se proti němu účinně bránit. Chyba, které se dopustíme při identifikaci, analýze a hodnocení rizika, se přenáší do nouzových a krizových plánů, do plánů kontinuity a snižuje jejich hodnotu ve vztahu k plánovaným opatřením směřujícím především k ochraně lidských životů a zdraví, ale i v oblasti akceschopnosti záchranných složek podléhajících se na realizaci záchranných operací.

Při práci s riziky si je třeba uvědomit, že úkolem řízení rizika je najít optimální způsob, jak vyhodnocená rizika snížit na požadovanou společensky přijatelnou úroveň, případně je na této úrovni udržet. Proto základní principy při práci s riziky, uvedené v práci [7], jsou:

- být proaktivní,
- domýšlet možné důsledky,
- správně určovat priority veřejného zájmu,
- myslet na zvládnutí problémů,
- zvažovat synergie,
- a být ostražitý.

V případě, že sledované riziko není přijatelné, tak je třeba zvážit situaci a vybrat některou z dále uvedených činností:

- vyhnutí se riziku (tj. nezahájit nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika, když to jde – u přírodních pohrom to nejde),
- odstranění zdrojů rizik (tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde – u přírodních pohrom to nejde),
- snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom (např. snížením množství nebezpečných chemických látek v podnicích, když to jde – u přírodních pohrom to nejde),
- snížení závažnosti dopadů rizika (tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy),
- sdílení rizika (tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny),
- retence rizika.

Pokyny Mezinárodní organizace pro standardizaci aplikované na technické dílo jsou:

1. Řízení rizik musí být nedílnou součástí systému řízení sledované technického díla.
2. Řízení rizik musí být obsaženo v každém procesu rozhodování technického díla.
3. Řízení rizik se musí explicitně zabývat nejistou a neurčitostí v procesech a podmínkách technického díla a jeho okolí.
4. Řízení rizik technického díla musí být systematické a strukturované.
5. Řízení rizik technického díla musí vycházet z nejlepších dostupných informací.
6. Řízení rizik technického díla musí být dynamické a vhodně reagovat na různé změny v díle a jeho okolí.
7. Řízení rizik technického díla musí být uzpůsobeno každé instituci.
8. Řízení rizik technického díla musí mít na zřeteli vliv člověka (lidský faktor).
9. Řízení rizik technického díla musí mít schopnost neustálého zlepšování.

1.3.4.2. Řízení rizik ve prospěch bezpečnosti

Skutečností je, že když chceme řídit bezpečnost, tak potřebujeme kvalifikované určení rizik [4-6]. K tomu potřebujeme:

- procesní model, tj. kvalifikovaný model procesů ve sledovaném systému sestavený tak, aby bylo zřejmé, které varianty možných procesů vedou k realizaci rizika,
- kritéria pro hodnocení jednotlivých položek v procesním modelu z hlediska jejich příspěvků k realizaci rizika,
- hodnotové stupnice pro hodnocení jednotlivých položek v procesním modelu z hlediska jejich příspěvků k realizaci rizika,
- hodnotová stupnice pro hodnocení rizika celku.

Abychom zajistili bezpečnost technických děl, řešíme problém bezpečnosti systému systémů [4-6]. Problém není jednoduchý, protože soubor propojených bezpečných systémů není ještě nutně bezpečný systém, protože bezpečnost systému systémů závisí také na charakteru vzájemných propojení mezi systémy. Důsledkem

vzájemných závislostí je to, že defekt v jedné části technického díla způsobí selhání dalších částí technického díla a kaskádu dalších dopadů. To znamená, že když chceme zajistit bezpečnost systému systémů, tak kromě bezpečnosti dílčích částí technického díla musíme ještě zvlášť sledovat soubor systémů jako celek. Musíme zjišťovat:

- typy selhání systému systémů,
- provozní podmínky systému systémů,
- vnitřní vazby a jejich projevy,
- charakteristiky kritických stavů systému systémů.

1.3.4.3. Řízení bezpečnosti technických děl a rozdělení odpovědností

Analýza současné situace ukazuje, že umíme systematicky zvládnout řadu nežádoucích procesů, tj. poruch a selhání, které dokážeme předem odhalit. Někdy se však vyskytne vzájemné propletení řady zdánlivě nesouvisejících faktorů a v důsledku nelinearit v systému vznikají velmi atypické havárie, u kterých příčiny označujeme nevědecky a neodborně jako vyšší moc, černé labutě, dračí králové atd.

Proto nyní připouštíme, že v důsledku neurčitostí (znalostních nejistot) složité kritické objekty jsou z různých důvodů čas od času v nestabilním stavu a vznikají organizační havárie, kaskády selhání bez zjevné příčiny, neobvyklé jevy apod., tj. připouštíme nejistoty náhodné i epistemické (znalostní) v jejich chování. Z důvodu zajištění bezpečnosti kritických objektů a ochrany lidí musíme připravovat řešení odezvy pro možné případy, kdy se realizují rizika z příčin, které nelze odhalit pravděpodobnostními přístupy, a budovat pro ně náhradní zdroje vody a energie, specifické systémy odezvy a specifický výcvik inženýrů a záchranářů.

Protože zdrojů, sil a prostředků má vždy každá organizace, tj. i vlastník a správce technického díla, nedostatek, tak pro řízení bezpečnosti je nutno se soustředit na priority. V první řadě to znamená na základě velikosti ohrožení od konkrétní pohromy a zranitelnosti organizace vůči konkrétní pohromě rozdělit existující pohromy do následujících skupin:

- pohromy, které nemohou mít dopady na technické dílo,
- pohromy, které mají jen přijatelné dopady na technické dílo, pro které používáme označení pohromy relevantní,
- pohromy, které mají na technické dílo takové dopady, které jsou zvládnutelné při provedení připravených preventivních a zmírňujících opatření, pro které používáme označení pohromy specifické,
- pohromy, které mají na technické dílo nepřijatelné dopady, a tudíž je nutné provést zásadní preventivní opatření v oblasti technické, organizační, právní i vzdělávací a je nutné mít možnost aktivovat všechna zdroje a prostředky na zvládnutí jejich dopadů a nastartování dalšího rozvoje, pro které používáme označení pohromy kritické. Vyvolají nebo mohou vyvolat kritické situace.

Problémové oblasti při řízení bezpečnosti jsou:

1. Ve kterém místě / kterém sektoru se pohromy v technickém díle a jeho okolí mohou vyskytnout a jak jsou při výskytu pohromy v technickém díle rozloženy jejich dopady?
2. Jaké pohromy se v technickém díle mohou vyskytnout a jaké mají dopady?
3. Za jakých podmínek se pohromy v technickém díle mohou vyskytnout a jaké podmínky mohou způsobit eskalaci jejich dopadů?
4. Jak často se pohromy v technickém díle mohou vyskytnout?
5. Od jaké velikosti mají pohromy na technické dílo nežádoucí, tj. nepřijatelné dopady, které působí škody na chráněných aktivech, tj. i na majetku?
6. Jaká je maximální možná (očekávaná) velikost pohromy v daném technickém díle?
7. Jaké škody na majetku může vyvolat maximální očekávaná pohroma určená na specifikované hladině věrohodnosti v technickém díle a jaké jsou její dopady na lidi, životní prostředí, majetek a ostatní chráněná aktiva technického díla?
8. Co se proti nežádoucím dopadům pohrom dá dělat v technickém díle na úseku bezpečnostního plánování, projektování, výstavby a provozu občanských i technologických objektů a infrastruktury a popř. v dalších oblastech, jako jsou monitoring, inspekce, vzdělání aj., aby se zabránilo výskytu pohrom, kterým lze zabránit, anebo aby se zabránilo jejich vysoce nepřijatelným dopadům, anebo alespoň, aby se nepřijatelné dopady v případě výskytu zmírnily preventivními opatřeními, připraveností, vhodnou odezvou na pohromu a obnovou, při níž bude respektována prevence ztrát a cíle udržitelného rozvoje?
9. Jaká opatření vůči konkrétním pohromám v technickém díle jsou žádoucí v oblasti technické, organizační, finanční, sociální, právní, vzdělání a výchovy?
10. Jaká nepřijatelná a zbytková rizika (tj. nežádoucí dopady s pravděpodobností výskytu vyšší než stanovená mez) s ohledem na možné či očekávané pohromy v technickém díle zůstanou, když se provedou racionální opatření, která může organizace zajistit v oblasti technické, organizační, finanční, sociální, právní, vzdělání a výchovy?
11. Jak provádět odezvu na pohromu, jaké jsou její priority, kritická místa apod.?
12. Jak provádět obnovu majetku po pohromě v technickém díle, aby se racionálně využily zdroje, síly a prostředky, aby se zamezilo dalším ztrátám, aby se zvýšila odolnost proti dalším podobným pohromám a aby se nastartoval další rozvoj technického díla se všemi položkami (majetkem, životním prostředím, infrastrukturou, službami apod.), na nichž je organizace závislá?
13. Jaká forma řízení a provádění obnovy majetku po pohromě v technickém díle je vhodná a jak ji lze realizovat?
14. Jak vytvořit finanční rezervu technického díla na racionální obnovu majetku po pohromě, která postihla technické dílo?

Strategie pro zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje technického díla spočívá v:

- aplikaci systémového a pro-aktivního řízení, které se opírá o znalosti a zkušenosti získané pro technické dílo z kvalifikovaných dat,
- kvalifikovaném vyjednávání s riziky ve prospěch bezpečí a udržitelného rozvoje technického díla,

- vypořádání rizik pomocí prevence, zmírnění, pojištění, rezervy, připravenosti na odezvu a obnovu a sestavení plánu na zvládnutí nepředvídaných situací (contingency plan),
- aplikaci správného řízení, ve kterém jsou provázané řízení bezpečnosti, nouzové řízení a krizové řízení,
- sestavení programu na zvyšování bezpečnosti technického díla,
- stanovení měr na posuzování úrovně bezpečnosti technického díla ve smyslu účinnosti systému řízení bezpečnosti (indikátory),
- naplnění programu na zvyšování bezpečnosti provázanými projekty + naplnění projektů provázanými procesy,
- adresném přidělení úkolů a odpovědností všem zúčastněným,
- realizaci příslušných činností a opatření, která je spojená s kvalifikovaným a důsledným monitoringem kritických zařízení, kritických komponent a kritických procesů.

Základním principem je kvalifikované propojení řízení oblastí technické, organizační, finanční, personální, sociální, znalostní; a jasně stanovené role a odpovědnosti všech zúčastněných. Systém řízení bezpečnosti technického díla proto postihuje řadu oblastí, tj. technickou, vojenskou, legislativní, finanční, ekonomickou, sociální, ekologickou, vzdělávací, výzkumnou apod.

1.3.4.4. Systém řízení bezpečnosti technického díla

Systém řízení bezpečnosti (SMS) technického díla má cíl zvyšovat bezpečnost, což znamená dobrou práci s riziky. V rámci činností jde o snižování rizik na úroveň přijatelného rizika a o udržení na této přijatelné úrovni. SMS má široko akceptované priority [4,6], jak zvládnout nebezpečí, kterými jsou:

- eliminovat zdroje nebezpečí,
- redukovat (omezit) možné dopady, tj. možná nebezpečí pro chráněná aktiva,
- zvládnout rizika,
- lokalizovat a zmírňovat škody.

Na úseku bezpečnosti a udržitelného rozvoje lidského systému mají z hlediska současného poznání a současných koncepcí sofistikovaných bezpečnostních systémů úkoly všichni zúčastnění. Úkoly jednotlivých zúčastněných a jejich propojení v různých situacích stanoví právní předpisy, morální a jiné standardy a normy.

Role norem a standardů byla podrobně diskutována v práci [33]. Tj. dodržení norem a standardů zajistí bezpečnost i spolehlivost jen pro obvyklé (normální či normálové) podmínky, tj. pro cca 68.4% podmínek. Pro zajištění vyšší bezpečnosti i spolehlivosti je třeba pracovat s riziky [6,7]. Práce s riziky v praxi se děje na různé úrovni, a proto výsledné úrovně bezpečnosti jsou odlišné [7].

V rámci strategie pro zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje technického díla [1,4,6] musí být:

- sestaven program na zvyšování bezpečnosti v technickém díle,

- míry pro posuzování úrovně bezpečnosti ve smyslu účinnosti bezpečnostního systému (indikátory),
- program na zajištění bezpečnosti naplněný provázanými projekty,
- projekty naplněné provázanými procesy.

Nástroje správy organizace, které zajišťují bezpečí a rozvoj systému, tj. jinými slovy zachování či ochranu a rozvoj chráněných aktiv [1], jsou:

- provázaný systém řízení (strategické, taktické i operativní) založené na kvalifikovaných datech, odborných hodnoceních a správných metodách rozhodování,
- výchova a vzdělání zaměstnanců,
- věda, výzkum a TSO / odborné organizace zajišťující odbornou podporu organizaci,
- specifická výchova technických a řídicích pracovníků,
- technické, zdravotnické, ekologické, společenské, kybernetické a jiné standardy, normy a předpisy, tj. nástroje pro regulaci procesů, které mohou nebo by mohly vést k výskytu (vzniku) pohromy nebo k zesílení jejich dopadů,
- inspekce,
- systém spolupráce s veřejnou správou, s organizacemi v území a s organizacemi používajícími podobné technologie,
- výkonné složky ke zvládnutí nouzových situací,
- systémy ke zvládnutí kritických situací (řízení kontinuity, krizové řízení),
- bezpečnostní, nouzové a krizové plánování.

Aby řízení bylo správné, je nutné nástroje kvalifikovaně používat. To znamená:

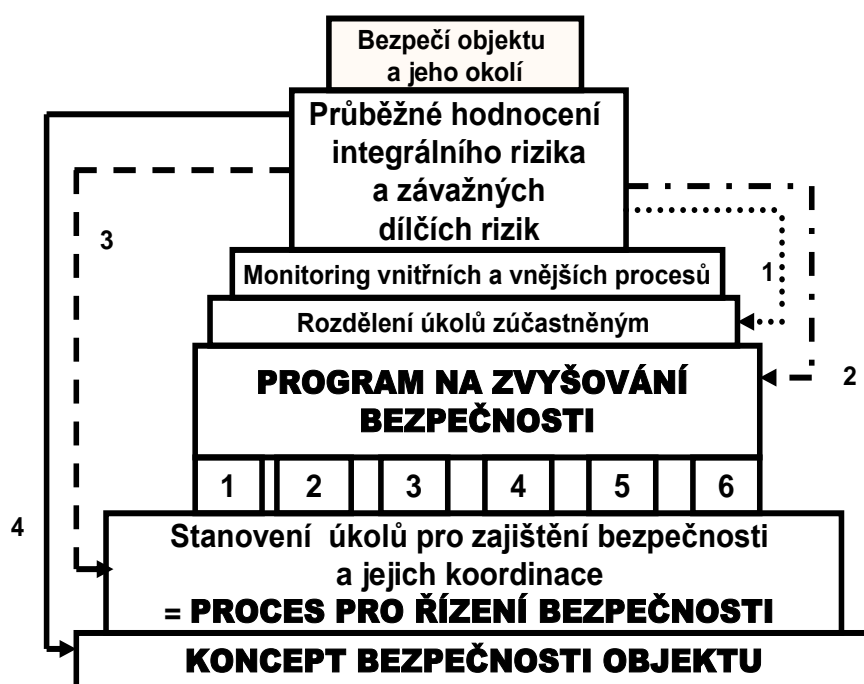
- používat podklady získané na základě kvalifikovaných dat, která splňují požadavky na reprezentativní datové soubory (úplnost, ocenění nejistot, vypořádání se s neurčitostmi v datech pomocí specifických matematických přístupů),
- aplikovat správné metody rozhodování, které jsou adekvátní problému, o kterém se rozhoduje.

To znamená, že pro:

- strategické řízení technického díla, které je zaměřené na řízení bezpečnosti, je nutné **používat ověřené datové soubory, ověřené metody pro zpracování dat a ověřené metody pro rozhodování**,
- střednědobé řízení technického díla, které je zaměřené na připravenost směřovanou na zvládnutí problémů spojených s nouzovými situacemi (povodně, havárie apod.) v technickém díle, je možno používat **méně přesná data, metody zpracování dat i metody rozhodování** (méně přesné procesní modely, software, odhady apod.), protože každá nouzová situace je jedinečná kvůli proměnným podmínkám při jejím vzniku a změnám v dostupnosti zdrojů, sil a prostředků organizace na reakci,
- operativní řízení, kdy se rozhoduje v časové tísní a při nedostatku dat (odezva), je nutno **na základě cíleně získaných znalostí a zkušeností použít naučené a procvičené postupy** (zpracované např. formou případových studií), protože rychlá reakce je žádoucí.

1.3.4.5. Postup řízení bezpečnosti technického díla v čase

Práce [6] obsahuje podrobný postup pro řízení bezpečnosti technického díla v prostoru i čase a popisuje pokrokový systém řízení bezpečnosti (SMS – Safety Management System) komplexního objektu, kterým jsou sledovaná technická díla. Koncept předmětného systému řízení je postaven na zásadách procesního řízení a zahrnuje organizační strukturu, odpovědnosti, praktiky, předpisy, postupy a zdroje pro určování a uplatňování prevence pohrom či alespoň zmírnění jejich nepřijatelných dopadů v území. Zpravidla se týká řady otázek, kromě jiného i organizace, pracovníků, identifikace a hodnocení ohrožení a z nich plynoucích rizik, řízení chodu organizace, řízení změn v organizaci, nouzového a krizového plánování, monitorování bezpečnosti, auditů a přezkoumávání. Jeho model je na obrázku 7.



Obr. 7. Model řízení bezpečnosti komplexního kritického objektu v čase. Procesy: 1- koncepce a řízení; 2 - administrativní postupy; 3 - technické záležitosti; 4 - vnější spolupráce; 5 - nouzová připravenost; a 6 - dokumentace a šetření havárií.

Systém řízení bezpečnosti technického díla se skládá z šesti procesů: koncepce a řízení; administrativní postupy; technické záležitosti; vnější spolupráce; nouzová připravenost; a dokumentace a šetření havárií. Uvedené procesy se dále dělí na podprocesy:

1. První proces se skládá z podprocesů pro: celkovou koncepci; dosahování dílčích cílů bezpečnosti; vedení / správu bezpečnosti; systém řízení bezpečnosti; personál a zahrnuje úseky pro: řízení lidských zdrojů, výcvik a vzdělání, vnitřní komunikaci / informovanost a pracovní prostředí; revize a hodnocení plnění cílů v bezpečnosti.

2. Druhý proces se skládá z podprocesů pro: identifikaci ohrožení od možných pohrom a hodnocení rizika; dokumentaci postupů (včetně systémů pracovních povolení); řízení změn; bezpečnosti ve spojení s kontraktory; a dozor nad bezpečností výrobků.
3. Třetí proces zahrnuje podprocesy pro: výzkum a vývoj; projektování a montáže; inherentně bezpečnější procesy; technické standardy; skladování nebezpečných látek; a údržbu integrity a údržbu zařízení a objektů.
4. Čtvrtý proces obsahuje podprocesy pro: spolupráci se správními úřady; spolupráci s veřejností a dalšími zúčastněnými (včetně akademických pracovišť); a spolupráci s dalšími podniky.
5. Pátý proces obsahuje podprocesy pro: plánování vnitřní (on-site) připravenosti; usnadnění plánování vnější (off-site) připravenosti (za kterou odpovídá veřejná správa); a koordinaci činností resortních organizací při zajišťování nouzové připravenosti a při odezvě.
6. Šestý proces má podprocesy pro: zpracování zpráv o pohromách, haváriích, skoro nehodách a dalších poučných zkušenostech; vyšetřování škod, ztrát a újmy a jejich příčin; a odezvu a následné činnosti po pohromách (včetně aplikace poučení a sdílení informací).

Aby se dosáhlo požadované úrovně bezpečnosti, tak je třeba dobře řídit a správně rozhodovat. Dobré / správné řízení a správné rozhodování je možné jen tehdy, když máme dobrá data a umíme využít nástroje, které máme k dispozici. Data musí být: správná, tj. zná se jejich velikost a přesnost; a musí mít vypovídací schopnost pro řešený problém, tj. musí být validovaná [25,69]. Datové soubory musí být reprezentativní, tj.: úplné; obsahovat správná data; mít dostatečný počet dat; data musí být rozprostřena homogenně v celém sledovaném intervalu a musí být validovaná. Při aplikaci modelů musí být správně zváženy nejistoty a neurčitosti v datech [25,69].

Je si nutno uvědomit, že v reálném světě při zajišťování bezpečnosti kritických objektů řešíme netriviální problémy, tj.: je více chráněných aktiv, jejichž cíle jsou v řadě případů konfliktní; aktiva se mění v čase a prostoru; a prostředí, ve kterém jsou aktiva, tj. lidský systém se dynamicky vyvíjí.

Koordinace procesů je zacílena na zajištění bezpečného objektu za podmínek normálních, abnormálních a kritických. Koordinace je v daných souvislostech chápána jako řízený proces, jehož cílem je vytvořit a provozovat technické dílo v potřebné kvalitě; sleduje procesy v prostoru, čase, personálu, materiálu, financích i dokumentech.

Způsob řízení bezpečnosti (SMS) technického díla se opírá o koncepci prevence pohrom či alespoň jejich závažných dopadů, která zahrnuje povinnost zavést a udržovat systém řízení, ve kterém jsou zohledněny dále uvedené problémy:

1. Role a odpovědnosti osob podílejících se na řízení závažných nebezpečí, která jsou spojená s možnými pohromami na všech organizačních úrovních kritického objektu a opatření na zajištění výcviku, která jsou sladěna s identifikovanými potřebami výcviku.
2. Plány pro systematické identifikování závažných nebezpečí spojených s možnými pohromami a z nich plynoucích rizik, která jsou spojena s normálními a

abnormálními podmínkami, a pro hodnocení jejich pravděpodobnosti a krutosti (velikosti).

3. Plány a postupy pro zajištění bezpečnosti všech komponent, systémů a funkcí v kritickém objektu a v jeho okolí, a to včetně údržby objektů, zařízení.
4. Plány na implementaci změn v kritickém objektu a v objektech i zařízeních, které jsou v okolí.
5. Plány na identifikaci předvídatelných nouzových situací systematickou analýzou, včetně přípravy, testů a posuzování nouzových plánů pro odezvu na možné nouzové situace.
6. Plány pro průběžné hodnocení souladu s cíli uvedenými v koncepci bezpečnosti a zabudovanými v SMS, a účinné mechanismy pro vyšetřování a provádění korekčních činností v případě selhání s cílem dosáhnout stanovené cíle.
7. Plány na periodické systematické hodnocení koncepce bezpečnosti, účinnosti a vhodnosti SMS a kritéria pro posuzování úrovně bezpečnosti vrcholovým týmem pracovníků kritického objektu.

1.3.4.6. Kultura bezpečnosti, prevence ztrát a program na zvyšování bezpečnosti

Kultura označuje specifické materiální a duchovní hodnoty, které lidé vytváří svou činností a kterými obohacují život svůj i život celé lidské společnosti. Kultura společnosti je celistvý systém významů, hodnot a společenských norem, kterými se řídí členové dané společnosti a které prostřednictvím sdílení předávají dalším generacím. Je to sbírka hodnot, symbolů, podnikových hrdinů, rituálů a vlastních dějin, které působí pod povrchem a mají velký vliv na jednání lidí na pracovních místech.

Na základě právě uvedených definic pak kultura bezpečnosti znamená, že člověk ve všech svých rolích (řídící pracovník, zaměstnanec, občan či oběť pohromy) dodržuje zásady bezpečnosti, tj. chová se tak, aby sám nevyvolal realizaci možných rizik a když se stane účastníkem realizace rizik, aby přispěl k účinné odezvě, stabilizaci chráněných aktiv a jejich obnově a k nastartování jejich dalšího rozvoje. Podle některých autorů jde o soubor postojů, domněnek, norem a hodnot, které existují v dané entitě, který je odrazem toho, jak je podnik řízený, tj. jsou to všeobecné principy rozdělení pravomoci a odpovědnosti, zásady řízení a jistý poměr mezi důrazem na pracovní výsledky, autoritou, péčí o lidi, dodržování zásad bezpečnosti a zajištění funkčnosti dané entity.

Účinná kultura bezpečnosti je základním prvkem pro řízení bezpečnosti. Odráží koncepci bezpečnosti a vychází z hodnot, stanovisek a jednání vrcholových řídicích pracovníků a z jejich komunikace se všemi zúčastněnými. Je zřetelným závazkem aktivně se podílet na řešení otázek bezpečnosti a prosazuje, aby všichni zúčastnění konali bezpečně a aby dodržovali příslušné právní předpisy, standardy a normy. Pravidla kultury bezpečnosti musí být zapracována do všech činností v území nebo jiné entitě. Jejich základem není koncentrace na potrestání viníků / původců chyb, ale poučení z chyb a zavedení takových nápravných opatření, aby se chyby nemohly opakovat nebo aby se alespoň výrazně snížila četnost jejich výskytu.

Kultura bezpečnosti se realizuje: dodržováním bezpečnostních pravidel a postupů; odpovědností řídicích pracovníků; systémy hlášení o chodu pracoviště; audity

pracoviště; komunikací se zaměstnanci; proaktivním přístupem k řešení rizik; péčí o bezpečné pracoviště; komunikací o bezpečnosti; a školeními zaměstnanců.

V souvislosti s kulturou bezpečnosti se často v současné odborné literatuře spojené s technologiemi používají pojmy prevence ztrát a procesní bezpečnost. Jejich definice uvedeme také proto, že jsou to nástroje, které slouží ve spojitostech s technologiemi k ochraně osob i majetku. Na obrázku 5 je ukázáno, že společným cílem řízení bezpečnosti i řízení zacíleným na výkon (asset management) z hlediska prosperity a dlouhodobé kontinuity technického díla je prevence ztrát technického díla.

Prevence ztrát (Loss Prevention) je systematický přístup k prevenci (předcházení) havárií nebo k minimalizaci jejich dopadů. Zahrnuje prostředky pro eliminaci zdrojů rizik nebo omezení pravděpodobnosti jejich realizace a pro zmírnění dopadů spojených s touto realizací (preventivní a následná opatření). Dále zahrnuje identifikaci vhodných kontrolních opatření, identifikaci a aplikaci vhodných nápravných opatření, kterými se zajišťuje bezpečná entita mající příslušnou úroveň bezpečí a udržitelného rozvoje a nepředstavující nepřijatelné nebezpečí pro své okolí [3].

Procesní bezpečnost nebo lépe bezpečnost procesů, což je v souladu s anglickým pojmem "Process Safety", je odvětví bezpečnosti zaměřené na bezpečnost v průmyslu, ve kterém je řada výrobních a přídavných procesů, které jsou nutné k vytvoření konečného produktu daného průmyslu. Jde přitom o zabránění vzniku havárií, které mají zvláštní a charakteristické rysy pro daný specifický průmysl. Zabývá se např. prevencí bezprostředních úniků chemických látek nebo energií ve škodlivém množství, a v případě, že se tyto úniky vyskytnou, tak omezením jejich velikosti, dopadů a následků. Např. Americká agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (OSHA) přijala předpis „Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals - CFR 1910.119“ a v r. 1994 směrnice, jak řízení bezpečnosti procesů provádět. Jelikož aplikace předpisu byla velmi náročná, tak se postupem času přešlo ke krátkým a rychlým inspekcím rizik v kritických místech, o kterých bude pojednáno v druhé kapitole. V souvislosti s bezpečností procesů si je třeba uvědomit, že nezahrnuje otázky klasické bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, tj. zabývá se čistě technickými problémy, čímž se liší od systémové bezpečnosti definované dříve.

Účinná kultura bezpečnosti je základním prvkem bezpečnosti organizace [4]. Odráží koncepci bezpečnosti a vychází z hodnot, stanovisek a jednání vrcholových řídicích pracovníků technického díla a z jejich komunikace se všemi zúčastněnými. Je zřetelným závazkem aktivně se podílet na řešení otázek bezpečnosti a prosazuje, aby všichni zúčastnění konali bezpečně a aby dodržovali příslušné právní předpisy, standardy a normy. Pravidla kultury bezpečnosti musí být zapracována do všech činností v technickém díle. Jejich základem není koncentrace na potrestání viníků / původců chyb, ale poučení z chyb a zavedení takových nápravných opatření, aby se chyby nemohly opakovat nebo aby se alespoň výrazně snížila četnost jejich výskytu.

Nástrojem pro zajištění bezpečného technického díla [4,32], tj. takového technického díla, ve kterém je účinná kultura bezpečnosti, je program na zvyšování bezpečnosti technického díla [4]. Postup pro vytváření programu na zvyšování bezpečnosti technického díla se skládá z dále uvedených kroků:

1. Definovat úkoly (dílčí cíle) a strategické cíle technického díla s ohledem na bezpečnost.
2. Pro každý úsek technického díla vybrat vhodné cílové a průběžné indikátory pro posuzování úrovně bezpečnosti.

3. Vytvořit slovník pro potřeby řízení integrální bezpečnosti.
4. Sladit standardy, metody dobré praxe a místní postupy.
5. Upravit seznam cílových indikátorů dle podmínek v předmětném technickém díle.
6. Upravit seznam průběžných indikátorů dle podmínek v předmětném technickém díle.
7. Stanovit způsob vyhodnocení cílových indikátorů (tj. hodnotový systém) dle podmínek v předmětném technickém díle.
8. Stanovit způsob vyhodnocení průběžných indikátorů (tj. hodnotový systém) dle podmínek v předmětném technickém díle.
9. Stanovit způsob / stupnici pro měření souboru indikátorů (tj. systém hodnot) a mezní limity dle podmínek v předmětném technickém díle.

V praxi to znamená, že se pro každý úsek ve vybrané působnosti určí cílové a průběžné indikátory, které mají formu limitů a kontrolních seznamů [4]. K nim jsou v praxi přiřazena kritéria na vyhodnocení a stupnice pomocí nichž se určuje, ve kterých případech je cíle dosaženo a ve kterých ne.

V současné době se provádí hodnocení kultury bezpečnosti, které zahrnuje hodnocení:

- klimatu bezpečnosti,
- objektivních proaktivních opatření,
- subjektivních proaktivních opatření,
- metodik pro zlepšení
- akčních plánů.

Při hodnocení kultury bezpečnosti [70] se používají indikátory:

1. Počet mechanismů komunikace o bezpečnosti pro zaměstnance (např. tiskoviny, schůze, výcvik, zjišťování nehod).
2. Četnost nástrojů pro jednání se zaměstnanci.
3. Počet schůzí o bezpečnosti.
4. Procento zpráv o bezpečnosti, které poskytují zpětnou vazbu.
5. Četnost diskusí mezi liniiovými vedoucími a zaměstnanci.
6. Procento návrhů na zvýšení bezpečnosti, u kterých je zpětná vazba.
7. Procento zaměstnanců, jejichž výkon je ročně hodnocen.
8. Počet používaných nástrojů pro analýzu ohrožení.
9. Průměrná doba modernizace standardních provozních předpisů.
10. Počet inspekcí bezpečnosti za rok.
11. Počet dní bez nehod nebo havárií.
12. Počet zpráv o korekcích vyvolaných auditem.
13. Četnost schůzí o bezpečnosti, na kterých byl vyšší management.

14. Procento zaměstnanců, kteří přijali zpětnou vazbu z auditů bezpečnosti.
15. Procento nově přijatých zaměstnanců.
16. Procento časových úseků, které ovlivňují bezpečnost zaměstnanců nebo zařízení.
17. Počet schůzí o řízení bezpečnosti.
18. Počet zpráv o korekcích během posledního půl roku.
19. Průměrná pracovní doba.
20. Počet používaných indikátorů pro měření bezpečnosti.
21. Počet zpráv o near-misses (skoro nehodách) a bezpečnosti.
22. Počet mechanismů pro diskusi mezi zaměstnanci a nadřízenými.
23. Počet zpráv o nepraktických postupech.
24. Počet úseků, které se účastní schůzí o bezpečnosti.
25. Celkový roční počet výcviku pracovníků zaměřený na bezpečnost.
26. Počet vyvolaných výcviků.
27. Četnost hodnocení kvality výcviku.
28. Celkový počet hodin výcviku.
29. Počet doporučení z včasných auditů bezpečnosti.
30. Počet detekovaných nedodržení postupů.
31. Procento aktů včasné údržby během minulého roku.
32. Procento opožděných aktů údržby v minulém roce.
33. Procento následných akcí po hodnocení rizik.
34. Procento incidentů na jednoho zaměstnance.
35. Procento near-misses na jednoho zaměstnance.
36. Průměrný čas, který zaměstnanec strávil při výcviku.

1.3.4.7. Zlatá pravidla bezpečnosti

Bezpečnost je záležitostí všech zúčastněných, tj. vedoucích pracovníků, zaměstnanců i náhodně přítomných. V těchto souvislostech se mluví o **tzv. zlatých pravidlech všech zúčastněných** [1,5,6], kterými jsou:

- dle svých možností preventivními opatřeními zabránit vzniku pohrom, anebo alespoň jejich nepříjemným dopadům, zajistit připravenost na zvládnutí nepříjemných dopadů na chráněná aktiva technického díla a účinnou odezvu technického díla na nehody, selhání a havárie,
- komunikovat a spolupracovat s ostatními zúčastněnými ve všech aspektech prevence, připravenosti a odezvy technického díla,
- znát ohrožení od pohrom a možná rizika v technickém díle a jeho okolí,
- implementovat a respektovat „kulturu bezpečnosti“, která je respektována a prosazována všemi zúčastněnými za všech okolností,

- zřizovat systémy řízení bezpečnosti, sledovat a popř. korigovat jejich činnost,
- používat principy inherentní bezpečnosti při navrhování, projektování a provozování objektů a jejich zařízení,
- pečlivě řídit změny v technickém díle,
- být připraven na zvládnutí všech pohrom, které mohou nastat,
- pomáhat ostatním zúčastněným při vykonávání jejich rolí a odpovědností,
- provádět neustálé vylepšování bezpečnosti,
- pracovat ve shodě s kulturou bezpečnosti, bezpečnými postupy a výcvikem,
- usilovat neustále o veškerou informovanost a poskytovat informace a pro řídicí pracovníky zajišťovat zpětnou vazbu,
- usilovat o rozvoj, posilování a ustavičné zlepšování koncepce bezpečnosti, předpisů a směrnic,
- vést a motivovat všechny další zúčastněné k tomu, aby plnili své úlohy a odpovědnosti,
- znát rizika uvnitř sféry vlastní odpovědnosti, příslušně plánovat opatření pro jejich správné řízení,
- používat vhodnou a koherentní politiku plánování a následných činností,
- být si vědom rizik v technickém díle a vědět co činit v případě jejich realizace,
- účastnit se nouzového plánování a odezvy.

Zlatá pravidla nepředstavují kompletní přehled principů řízení bezpečnosti v celém rozsahu položek, které jsou důležité pro bezpečnost. Zahrnují nejdůležitější role čtyř kategorií hlavních zúčastněných, kterými jsou řídicí týmy technického díla, provozujícího technologie a infrastruktury, pracovníci technických děl, provozujících technologie a infrastruktury, veřejná správa a veřejnost. Jejich oddělené role specifikují takto:

1. Všichni zúčastnění musí:

- dle svých možností preventivními opatřeními zabránit vzniku pohrom anebo alespoň výskytu jejich nepřijatelných dopadů, zajistit připravenost na zvládnutí nepřijatelných dopadů na chráněné zájmy a účinnou odezvu,
- komunikovat a spolupracovat s ostatními zúčastněnými ve všech aspektech prevence, připravenosti a odezvy.

2. Řídicí týmy provozující technická díla objektová i síťová musí:

- znát ohrožení od pohrom a možná rizika v území i technickém díle,
- zavést a cíleně prosazovat „kulturu bezpečnosti“, která je respektována a prosazována všemi zúčastněnými za všech okolností,
- ustanovit systémy řízení bezpečnosti, sledovat a popř. korigovat jejich činnost,
- používat principy inherentní bezpečnosti při navrhování, projektování, výstavbě a provozování technických děl a jejich zařízení,
- pečlivě řídit změny,

- být připraven na všechny pohromy, které mohou nastat,
 - pomáhat ostatním zúčastněným při vykonávání jejich rolí a odpovědností,
 - provádět neustálé vylepšování bezpečnosti.
3. Zaměstnanci v technologiích a infrastrukturách musí:
- pracovat ve shodě s kulturou bezpečnosti, bezpečnými postupy a výcvikem,
 - usilovat neustále o veškerou informovanost a poskytovat informace a pro řídicí pracovníky zajišťovat zpětnou vazbu,
4. Veřejná správa musí:
- usilovat o rozvoj, posilování a ustavičné zlepšování koncepce bezpečnosti, předpisů a směrnic,
 - vést a motivovat všechny další zúčastněné k tomu, aby plnili své úlohy a odpovědnosti,
 - znát rizika uvnitř sféry vlastní odpovědnosti, příslušně plánovat opatření pro jejich správné řízení,
 - motivovat vlastníky a provozovatele technických děl k tomu, aby vyjednávaly s riziky odpovědně,
 - pomáhat efektivní komunikaci a spolupráci všech zúčastněných,
 - podporovat spolupráci mezi správními úřady,
 - používat vhodnou a koherentní politiku územního plánování a následných činností,
 - zmírňovat rizika vhodnými opatřeními odezvy, která spadá do její působnosti.
5. Veřejnost musí:
- si být vědoma rizik v obci a vědět, co činit v případě jejich realizace,
 - spolupracovat při rozhodování o umístění, výstavbě a provozu technologií a infrastruktur,
 - se účastnit nouzového plánování a odezvy.

1.3.4.8. Odpovědnost za bezpečnost technických děl

Jak bylo výše uvedeno v právním státě technická díla jsou pod dohledem státu. Práce [6] se zabývala rozdělením odpovědností. Z výzkumu vyplynulo, že z pohledu bezpečí a rozvoje lidí, území i státu je řízení rizik technických děl důležité ve dvou oblastech:

- A. Oblast propojující veřejnou správu a management technického díla.
- B. Oblast věcná zabývající se daty, metodami, materiálovými a technickými záležitostmi, organizačními, právními, finančními a personálními záležitostmi přímo v technickém díle.

Odpovědnosti při řízení rizik technických děl na úseku propojení veřejné správy a managementu technických děl jsou na jednotlivých úrovních řízení:

- úroveň politická (parlament, vláda, veřejná správa) – 4 záležitosti,
- úroveň strategická (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) – 8 záležitostí,

- úroveň taktická (veřejná správa, vlastník, investor, provozovatel) – 4 záležitosti,
- úroveň operativní / funkční (veřejná správa, provozovatel) – 5 záležitostí,
- úroveň technická (veřejná správa, provozovatel); veřejná správa vykonává dohled a dozor nad technickým dílem – 19 záležitostí.

Odpovědnosti při řízení rizik technických děl v oblasti věcné (investor, vlastník, provozovatel) jsou pro úseky:

- koncepce technického díla a jeho způsob řízení – 21 záležitostí,
- požadavky na data, metody a techniky, které zajišťují kvalitní rozhodování a řízení technického díla – 9 záležitostí,
- postupy pro správné umístění, kvalitní projekt, výstavbu a provoz technického díla – 13 záležitostí,
- zajištění kontinuity provozu technického díla a podpory základních funkcí státu, tj. veřejného zájmu; a to zvláště v případě těch, které jsou životně důležité pro veřejné blaho a chod státu – 23 záležitostí.

Protože zdrojů, sil a prostředků na bezpečnost, tj. na řízení rizik, není nikdy dostatek, je třeba z důvodů hospodárnosti postupovat následovně:

- rizika určovat jen pomocí dat a metod, které zajistí kvalitní podklady pro rozhodování o vypořádání rizik na příslušné úrovni řízení,
- na strategické úrovni řízení a inženýrského vypořádání rizik je nutné řešit rizika technického díla tak, že ho chápeme jako SoS - jde o zajištění dlouhodobé existence a rozvoje technického díla i jeho okolí,
- na taktické a funkční úrovni řízení a inženýrského vypořádání rizik je nutné řešit rizika technického díla způsobem zaměřeným na bezpečný systém,
- na technické a funkční úrovni řízení a inženýrského vypořádání rizik je třeba řešit rizika technického díla způsobem zaměřeným na zabezpečený systém, **jen tehdy, když** výskyt možných škod v okolí systému je málo pravděpodobný, anebo škody jsou přijatelné (např. manipulace s nádrží s vysoce nebezpečnou látkou již do předmětné kategorie nepatří).

V současné době jsou provozovaná a budovaná technická díla socio-kyber-technické systémy. S ohledem na možnosti a schopnosti lidské společnosti jsou bezpečné jen v určitém intervalu podmínek [4,6]. Jak již bylo dříve uvedeno, když se vyskytnou podmínky mimo tento interval, technická díla se dostávají do nestabilních stavů, při kterých se objevují neočekávané pohromy, jako jsou enormně silné škodlivé jevy, anebo kaskády selhání propojených systémů bez zjevné příčiny. Z důvodu zajištění jejich bezpečnosti musíme připustit, že kromě náhodných nejistot vypořádaných pravděpodobnostními přístupy, existují i epistemické (znalostní) nejistoty, tj. neurčitosti, které ovlivňují jejich chování. Specifické postupy založené na principu integrální bezpečnosti spočívají v tom, že při změně podmínek, a to zvláště náhlé, se aplikují specifické nástroje, které jsou předem připravené k okamžité aplikaci. Jde především o připravený způsob provedení odezvy pro možné případy, které nelze odhalit pravděpodobnostními přístupy, a hlavně pro tuto odezvu mít vybudované náhradní zdroje vody či jiného chladiva a energie, specifické systémy odezvy a specifický výcvik inženýrů a záchranářů.

Je si nutno uvědomit, že v reálném světě při zajišťování bezpečnosti složitých socio-kyber-technických objektů řešíme netriviální problémy, tj.: je více chráněných aktiv, jejichž cíle jsou v řadě případů konfliktní; aktiva se mění v čase a prostoru; a prostředí, ve kterém jsou aktiva, tj. lidský systém se dynamicky vyvíjí.

Z pohledu řízení záležitostí se v návaznosti na procesní model řízení bezpečnosti území [33] se v zájmu bezpečnosti a koexistence řeší otázky, co dělat, když podmínky pro provoz se změní, dojde k nehodě či havárii. V rámci zajištění připravenosti na možné havárie a selhání je třeba prověřit u každé z konkrétních pohrom specifických a kritických v daném území, zda existují příslušné kvalitní scénáře řízení bezpečnosti technického díla a území a jaká je připravenost na zvládnutí havárií či selhání technického díla a na zajištění jejich implementace v praxi.

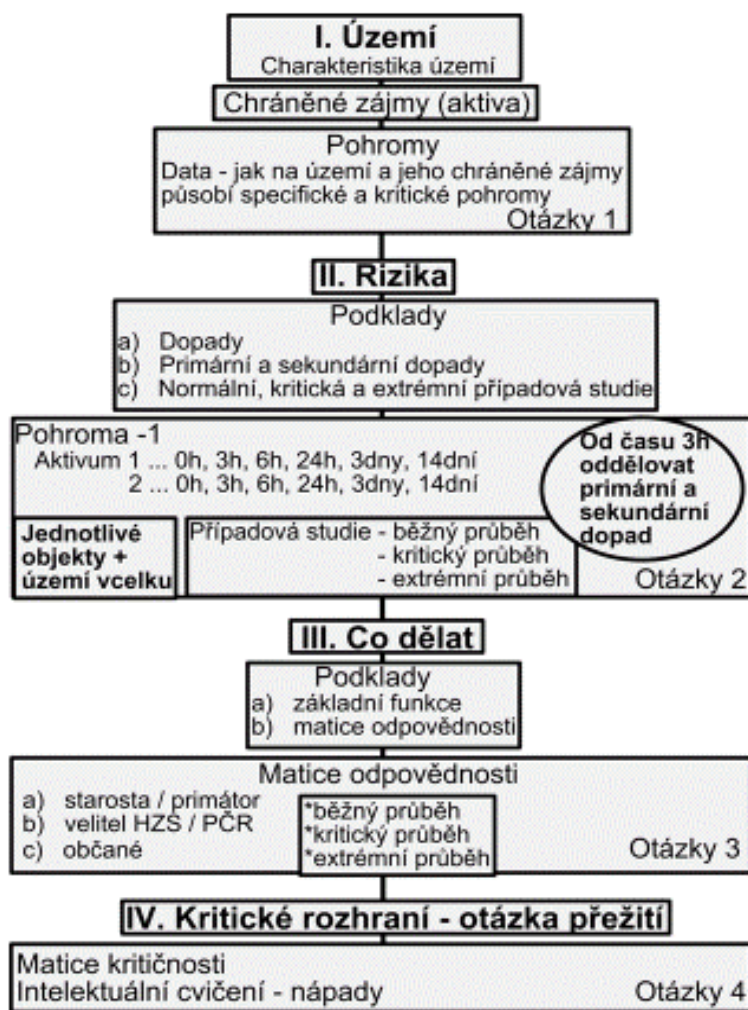
Průkaznou komparací pak odhalit nedostatky a udělat dokonalejší postupy pro řízení bezpečnosti s tím, že každý postup musí obsahovat soubor konkrétních opatření a činností, režim jejich implementace, doklad o jejich materiálním, technickém, personálním a znalostním zajištění a také průkaz příslušných kompetencí a odpovědností. Vzhledem k tomu, že jde o řízení souboru rozmanitých, prolínajících se procesů, které mají jeden cíl a vzájemně se podmiňují, tj. jsou na sobě závislé, tak se používá matice odpovědnosti [1,46] pro řízení činností, které zajišťují základní funkce území spojené s bezpečností.

Obrázek 8 ukazuje procesní model řízení bezpečnosti území [4,6,33]. Pro zvládnutí kritických situací musí vlastník a provozovatel technického díla řešit během provozu především části označené v procesním modelu na obrázku 8 „co dělat“ a „kritické rozhraní“, aby zajistil schopnost technického díla přežít kritické situace a nezpůsobit vznik sociální krize v daném území.

Na základě skutečnosti, že v uvedených krocích jsou vyžadovány hluboké odborné znalosti, a proto jsou připraveny seznamy otázek, které pomáhají správě technického díla i veřejné správě posoudit, zda má všechna potřebná data nebo zda musí požádat příslušné odborné instituce a experty pro podporu.

Otázky k zajištění připravenosti technického díla na zvládnutí kritických situací jsou:

1. Jsou jasně vymezené všechny funkce důležité pro řízení bezpečnosti technického díla?
2. Chápou všichni účastníci problém stejně?
3. Jsou jasně stanovené kompetence spojené s řízením bezpečnosti technického díla?
4. Jsou jasně stanoveny všechny činnosti v technickém díle spadající do oblasti nouzového a krizového řízení?
5. Jsou za všech okolností disponibilní zdroje nutné pro podporu řízení bezpečnosti technického díla?
6. Za které činnosti nouzového a krizového řízení není stanovena jasná odpovědnost?
7. Jsou činnosti nouzového a krizového řízení, které nejsou jasně provázané?
8. Je k dispozici koncept a jeho implementační plán pro případ výskytu vysoce nepříjemných dopadů možné extrémní pohromy v technickém díle?



Obr. 8. Procesní model řízení bezpečnosti území. Fáze: I – charakteristika území, tj. aktiv, zdrojů domino efektů a možných pohrom; II-stanovení rizik pro 3 velikosti každé možné pohromy; III-souhrnné posouzení zacílené na identifikaci konfliktů, nepokrytých závažných problémů a chybějících odpovědností; IV-stanovení kritických situací a opatření pro přežití lidí.

Otázky pro snížení možnosti, že technické dílo způsobí sociální problémy v okolí:

1. Uvědomuje si provozovatel technického díla a veřejný dozor (dozor veřejné správy), co znamená humanitární krize a jaké má krátkodobé a dlouhodobé následky pro technické dílo a celé území?
2. Uvědomujete si provozovatel technického díla a veřejný dozor (dozor veřejné správy), že ve vysoce kritické situaci bude muset nějakou část aktiv technického díla obětovat? V případě, že ano, má nějaké pořadí? Jak se předmětné pořadí shoduje s morálkou společnosti?
3. Jaké charakteristiky možného řešení kritické situace v technickém díle musí vést ke změně způsobu řízení technického díla?

4. Co musí učinit řídicí pracovník technického díla či veřejného dozoru pro to, aby dosáhl změny řízení technického díla?
5. Jaké ekonomické či jiné náklady mohou vést ke změnám řízení technického díla?
6. Má provozovatel technického díla pravidla pro oceňování nákladů a užitků spojených s řízením zaměřeným na řešení problémů?
7. Má provozovatel technického díla zálohy, kterými zvládne vysoce kritické situace vyvolané kombinací výskytu extrémní pohromy a volby špatné reakce na vzniklou situaci?
8. Ví provozovatel technického díla, co bude dělat, když vznikne extrémní situace v technickém díle? Máte scénář řízení extrémních situací a příslušné kompetence?
9. Má provozovatel technického díla nástroje a kompetence pro zapojení všech osob, zdrojů, sil a prostředků technického díla v případě výskytu extrémní situace?
10. Ví veřejná správa, jaká konkrétní opatření a činnosti prevence je třeba v technickém díle a sledovaném území dělat, aby nedošlo k humanitární krizi?
11. Ví veřejná správa a provozovatel technického díla proti kterým pohromám je třeba zlepšit připravenost technického díla na zvládnutí kritických a extrémních situací a jak?
12. Má stát a kraj představu, co konkrétně (opatření a činnosti) je třeba dělat při kritických situacích velkých kritických technických děl?

Pro řízení je důležité, aby podklady předložené pro řešení otázek bezpečnosti byly kvalifikované z pohledu všech důležitých aspektů. Správnost dílčích řešení získaných metodikou aplikace případové studie při rozhodování se následně musí prověřit vytvořením vývojových diagramů, aplikací křížových matic nebo speciálních kontrolních seznamů [46]. Když všechna zjištění konvergují, roste věrohodnost výsledků. Když se vyskytnou konfliktní zjištění, tak se problém musí šetřit do větší hloubky, aby se zjistily příčiny konfliktů [46]. Osvědčené jsou plány řízení rizik, které budou v obecné formě sestaveny pro provoz technických děl v kapitole 6.

1.3.4.9. Poučení ze slabin v kultuře bezpečnosti

Práce [72] analyzovala selhání civilních jaderných zařízení ve světě a ukázala, že jejich příčinou byly krátkodobé spekulativní zájmy top managementu, tj. okamžitý zisk. Jde o důsledek skutečnosti, že v řadě společností stojí lidé s právnickým nebo ekonomickým vzděláním bez znalosti technologie díla, což vede k tomu, že nezajišťují ani péči o zaměstnance, ani péči o technická zařízení. Proto nebudují kulturu bezpečnosti, která musí být nastavena shora.

Autor práce [72] na základě analýzy havárií a selhání i osobních zkušeností uvádí tři stupně stavu kultury bezpečnosti:

Stav 1. Bezpečnost je založená pouze na splnění požadavků pravidel a směrnic

Organizace chápe bezpečnost jako vnější požadavek a nikoli jako hledisko, jehož plnění pomáhá k úspěchu. Bezpečnost je viděna většinou jako technická záležitost, pouhé plnění směrnic a pravidel je považováno za dostatečné. Lze pozorovat následující rysy:

1. Problémy nejsou předvídaný, organizace reaguje na každý případ tak, jak přijde; reaktivní typ řízení.
2. Komunikace a spolupráce mezi útvary a specialisty je slabá.
3. Útvary a specialisté se chovají jako polo autonomní jednotky a existuje malá snaha o společně dosažené rozhodování.
4. Rozhodování útvarů a specialistů se soustřeďuje na potřebu vyhovění pravidlům.
5. Pracovníci, kteří udělají chybu jsou jednoduše obviněni z porušení předpisů.
6. Konflikty nejsou řešeny, útvary a specialisté mezi sebou „bojují“.
7. Role managementu je vnímána jako vydávání pravidel, vytváření tlaku na zaměstnance a očekávání výsledků.
8. Neexistuje naslouchání, nebo poučení se uvnitř nebo vně organizace, které by vedlo k osvojení si zdrženlivých postojů při kritice.
9. Bezpečnost je viděna jako vyžadovaná otrava.
10. Státní dozorné orgány, zákazníci, dodavatelé a smluvní partneři jsou považováni za protivníky, s nimiž je nutné jednat obezřetně.
11. Krátkodobá výhoda (obvykle zisk) je brána za důležitou.
12. Pracovníci jsou vnímáni jako část zařízení – jsou popisováni a hodnoceni pouze podle toho, co dělají.
13. Existují obezřetné vztahy mezi managementem a zaměstnanci.
14. Existuje malé povědomí o potřebách průběhu práce.
15. Pracovníci jsou odměňováni za poslušnost a výsledky bez ohledu na dlouhodobé následky.

Stav 2. Dobré výsledky na úseku bezpečnosti jsou cílem organizace

Organizace má vedení, které chápe otázky bezpečnosti jako důležité dokonce při absenci tlaku ze strany dozorných orgánů. Přestože vzrůstá povědomí o otázkách chování, chybí předmětný aspekt v řídicích metodách tvořících technická a procedurální řešení. O výsledcích na úseku bezpečnosti je jednáno stejně jako o jiných aspektech podnikání v termínech cílů a jejich plnění. Organizace začíná pozorovat důvody výsledků, tendence vývoje a cítí potřebu hledat inspiraci u jiných organizací. Lze pozorovat následující rysy:

1. Organizace se soustřeďuje na denní úkoly, existuje jen minimum strategie.
2. Vedení podporuje přímou komunikaci mezi týmy a útvary.
3. Vedoucí pracovníci koordinují rozhodování na úrovni útvarů a specialistů.
4. Rozhodování se soustřeďuje často na náklady a provozuschopnost.
5. Reakcí vedoucích na chyby je zavedení většího počtu kontrol, předpisů a přeškolování. Je zde méně obviňování.
6. Konflikt je vnímán jako rušivý a je mu bráněno ve jménu týmové práce.
7. Na roli vedení je pohlíženo jako na aplikaci technického vedení, vedení podle cílů.
8. Organizace je ochotna učit se od jiných společností, zvláště v technických otázkách a dobré praxi.

9. Na bezpečnost, náklady a produktivitu je nahlíženo odděleně.
10. Vztahy organizace k dozorným orgánům, zákazníkům, dodavatelům a obchodním partnerům jsou spíše zdrženlivé, než těsné. Jde o opatrný přístup tam, kde by měla být pěstována důvěra.
11. Je považováno za důležité dosáhnout, nebo překonat krátkodobé úkoly spojené se ziskem. Pracovníci jsou odměňováni za překročení zadání bez ohledu na dlouhodobé výsledky a následky.
12. Vztahy mezi zaměstnanci a vedením jsou vztahy protivníků s malou důvěrou nebo malým projevem úcty.
13. Existuje vzrůstající vědomí vlivu otázek kultury na jednotlivých pracovních místech. Není ale pochopeno, proč dodatečné kontroly nepřináší požadované výsledky v otázkách bezpečnosti.

Stav 3. Úroveň bezpečnosti lze vždy zlepšit

Organizace ve stavu 3 si osvojila myšlenku trvalého zlepšování a aplikovala tuto koncepci i na zajišťování bezpečnosti. Úroveň chování a přístupu k úkolům je vysoká a přijímaná opatření směřují ke zlepšení chování zaměstnanců. Pokrok je uskutečňován krok za krokem a nikdy není přerušen. Organizace se ptá, jak by mohla pomoci jiným společnostem. Lze pozorovat následující rysy:

1. Organizace se začíná chovat strategicky se soustředěním se na dlouhodobou perspektivu a vědomým jednáním v současnosti. Problémy jsou předvídaný a jejich případy projednávány dříve, než se přihodí.
2. Pracovníci chápou potřebu spolupráce mezi útvary a specialisty. Mají v tom podporu vedení, uznání a prostředky, které pro takovou spolupráci potřebují.
3. Pracovníci si uvědomují pracovní procesy a procesy v organizaci a pomáhají vedoucím je řídit.
4. Rozhodování je činěno s plnou znalostí vlivu na bezpečnost.
5. Neexistuje konflikt mezi bezpečnostními a výrobními úkoly, otázky bezpečnosti nejsou v kontradikci s výrobními cíli.
6. Téměř každá chyba je vnímána jako proměnlivost pracovního procesu. Je důležitější pochopit co se stalo, než někoho obvinít. Takové pochopení je použito k úpravě postupů.
7. Existence konfliktu je vnímána jako cesta k nalézání vzájemně výhodného řešení.
8. Role vedení je spatřována ve vedení lidí ke zlepšování provozních výsledků.
9. Učení se od jiných vně i uvnitř organizace je ceněno. Je věnován čas na osvojení si takových znalostí, které ke zlepšení výsledků vedou.
10. Je rozvíjena spolupráce mezi organizací, dozorem, dodavateli a zákazníky.
11. Krátkodobé výsledky jsou měřeny a analyzovány tak, aby změny vedly ke zlepšování dlouhodobých výsledků.
12. Pracovníci jsou respektováni a hodnoceni za své přispění k dosažení cílů. Organizace oceňuje jen ty, kteří „vyrábí“, ale i ty, kteří poskytují podporu práci jiných. Lidé jsou hodnoceni též za zlepšování procesů stejně jako za výsledky.
13. Vztah mezi vedením a zaměstnanci je dán vzájemnou úctou a podporou.

14. Pracovníci jsou si vědomi vlivu kulturních hodnot a tato hlediska berou v úvahu při klíčových rozhodováních.

Stupeň 3 je ideál, ke kterému se je třeba blížit budováním integrální bezpečnosti, jejímž cílem je zajistit koexistenci technického díla s okolím po celou dobu životnosti.

1.3.4.10. Příklady specifických právních předpisů pro provoz technických děl v ČR

Na provoz technických děl se vztahují všechny platné právní předpisy. Přímo se na ně vztahují předpisy např.:

1. Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, ve znění pozdějších předpisů, a prováděcí nařízení vlády, zejména nařízení vlády č. 176/2008 Sb.
2. Zákon č. 490/2009 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím nařízení Evropského parlamentu a Rady, kterým se stanoví požadavky na akreditaci a dozor nad trhem, týkající se uvádění výrobků na trh,
3. Zákon č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh.
4. Směrnice Rady 89/655/EHS o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci.
5. Směrnice 2001/45/ES, kterou se mění směrnice 89/655/EHS o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci Směrnice 2006/42/ES Evropského parlamentu a Rady o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES (přepracované znění).
6. Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí (odpovídá směrnici 95/63/ES).
7. Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků.
8. Zákon č. 59/1998 Sb., ve znění zákona č. 209/2000 Sb., o odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku.
9. ČSN EN ISO 12100 Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – posouzení rizika a snižování rizika.
10. ČSN EN 953+A1 Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Všeobecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů.
11. ČSN EN 349 + A1 Bezpečnost strojních zařízení. Nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla.
12. ČSN EN 60204-1 ed. 2 Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky.
13. ČSN EN 60447 ed. 2 Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení identifikaci - Zásady pro ovládání.
14. ČSN EN ISO 13850 Bezpečnost strojních zařízení - Nouzové zastavení - Zásady pro konstrukci.

15. ČSN EN 60947-5-5 Spínací a řídicí přístroje - Část 5-5: Přístroje a spínací prvky řídicích obvodů - Přístroje pro elektrické nouzové zastavení s mechanickým zajištěním.
16. ČSN EN ISO 13849-1 Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci.
17. ČSN EN 61310-3 ed.2 Bezpečnost strojních zařízení - Indikace, značení a uvedení do činnosti - Část 3: Požadavky na umístění a funkci ovládačů.
18. ČSN EN 954-1 Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části řídicích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci.
19. Příslušné normy typu C, které poskytují specifikace pro danou kategorii strojních zařízení, (např. obráběcí a tvářecí stroje, dřevozpracující zařízení, stroje pro zpracování pryže a plastů, potravinářské stroje, stroje pro zemní práce apod.

Jelikož bezpečnost je velkým tématem, tak právní předpisy, normy a standardy přibývají. Jejich častou nevýhodou je, že jsou příliš obecné a specialisté, kteří je mají aplikovat v praxi často neznají nástroje, metody a techniky, které zajistí kvalitní řešení v určitých podmínkách. Ve zmíněné oblasti chybí vzdělanost; dostupná software mnoho nepomohou, protože jsou odvozená pro určité podmínky a pro jiné podmínky nemusí dávat správné výsledky, protože nejsou splněny podmínky transferu technologií [34,71]. Pro kvalitní výstupy je třeba používat jak validovaná data, tak validované metody [46,69]. Další nevýhodou je, že v českém prostředí nejsou sjednoceny pojmy v právních předpisech, normách a standardech (mnoho z nich má na začátku formulaci „pro účelu tohoto předpisu jsou pojmy definovány následovně.....“).

Předložená publikace používá pojem bezpečnost a v textu se na řadě míst jsou odkazy na normy řady ISO 9000, ve kterých je používán pojem jakost. Normy ISO řady 9000 jsou založeny na sedmi obecných zásadách, zavazujících zejména vrcholový management a platných a použitelných pro jakýkoliv typ organizace, tj. i na organizaci, která zastřešuje technické dílo. Jde o zásady:

1. Zaměření na zákazníka (respektovat potřeby stávajících a budoucích zákazníků; sladění organizačních cílů s potřebami a očekáváními zákazníků; uspokojit požadavky zákazníků; měřit spokojenost zákazníků; správa vztahů se zákazníky; překonat očekávání zákazníků).
2. Vedení lidí (vize a směr organizace; náročné cíle; organizační hodnoty; důvěra; podmínky pro zaměstnance; spolupráce se zaměstnanci).
3. Zapojení lidí (využití a ocenění lidských schopností; rozdělení odpovědností; důraz na neustálé zlepšování; hodnocení individuálních výkonů; sdílení učení a znalostí; otevřená diskuse o problémech a omezeních).
4. Aplikace procesního přístupu (správa činností jako procesů; měření schopností činností; vazby mezi činnostmi; podpora příležitostí ke zlepšení; efektivní rozložení zdrojů).
5. Zlepšování (výkonu a schopnosti organizace; aktivit; podmínek pracovníků; měření opatření; propagujte zlepšení).
6. Rozhodování založené na důkazech (dostupnost přesných a spolehlivých dat; použití vhodných metod pro analýzu dat; rozhodnutí dělat na základě analýzy; porovnávat data s praktickými zkušenostmi).

7. Správa vztahů (výběr dodavatelů, řízení nákladů, optimalizace zdrojů a tvorba hodnot; vztahy krátkodobé i dlouhodobé; sdílení odborníků, zdrojů, informací a plánů s partnery; spolupráce na zlepšovacích a rozvojových aktivitách; spolupráce s dodavateli).

Z výše uvedeného vyplývá, že integrální bezpečnost vymezená v předchozích odstavcích i jakost jsou zaměřeny na celou organizaci / celé technické dílo. Na základě srovnání právě uvedených zásad pro řízení jakosti s aspekty zdůrazněnými na obrázcích 1-3 pro řízení rizik zacílené na integrální bezpečnost, lze konstatovat, že cíle řízení obou vlastností technických děl jsou stejné; míra jakosti a míra integrální bezpečnosti jdou jedním směrem. Není to překvapující, protože obě veličiny vychází ze systému řízení TQM, jak bylo i výše uvedeno.

2. SOUBOR POZNATKŮ O PROVOZU TECHNICKÝCH DĚL

Technická díla jsou výsledkem lidského umu zacíleného na zlepšování bezpečí a kvality života lidí. V současné době nefunkčnost důležitých technických děl, nebo jejich částí může zásadním způsobem ohrozit obyvatelstvo i základní funkce státu, tj. ekonomiku, zajištění bezpečí lidí a pro lidi důležitých aktiv. Lidé se postupem doby stali závislí na funkci technických děl (úpravny vody na pitnou, výroby energie apod.), a postupně se z této závislosti stala zranitelnost lidského systému obecně, tj. zranitelnost jak lidské společnosti, tak území, ve kterém lidská společnost žije. Při strategickém řízení lidského systému (tj. území a lidské společnosti, které obývá) si je třeba uvědomit základní skutečnost, že zmíněný trend stále pokračuje a že tempo technického rozvoje a s ním i zranitelnost lidského systému se stále zvyšuje.

2.1. Faktory důležité pro bezpečný provoz technických děl

Bezpečný provoz technického díla je určen jak architekturou a provedením technického díla, tak způsobem provozu zařízení, komponent a jejich systémů. Protože žádný projekt technického díla a jeho provedení nejsou ideální a nadčasové, musí být bezpečnost technických děl kvalitně řízena. Dále zmíníme faktory, které jsou v procesu řízení bezpečnosti technických děl důležité.

2.1.1. Architektura technických děl a způsob jejího provedení

Architektura každého technického díla je dána stavem znalostí a zkušeností navrhovatelů a zhotovitelů, a je pravdou, že s postupem času dochází k zastarávání principů a postupů používaných při projektování, zhotovení i provozu. Předmětný fakt při provozu technického díla vede k odhalení nedostatků v projektu, přičemž jen některé nedostatky v projektu lze odstranit technickými opatřeními, která jsou účinnější než opatření organizační [4].

Hollnagel [73] analýzou kritické infrastruktury ukázal, že selhání složitých systémů nemusí být jen důsledkem malfunctions nebo špatného projektu, ale také interdependences (vnitřních propojení), která se vyskytují mezi prvky, komponentami a systémy technického díla. Jak již bylo dříve uvedeno, architektura složitých technických děl je z teoretického pohledu popsána modelem otevřený systém systémů. Proto problémy při řízení technických děl z hlediska současného poznání jsou:

1. Popis a charakteristika technického díla, které má více nesouměřitelných chráněných aktiv chápaných systémově, tj. mezi aktivy existují různé vnitřní vazby a toky.
2. Odolnost, zranitelnost a adaptabilita jednotlivých zařízení, komponent, systémů i systému systémů. Kdy (při jaké kombinaci vlastností jednotlivých prvků či systémů) je jednotlivý systém či systém systémů udržitelný?

3. Určení integrálního rizika (v systému je více chráněných aktiv, které jsou propojené vnitřními vazbami) zvažováním zdrojů rizik uvnitř i vně systému.
4. Vztahy mezi dílčím, integrovaným a integrálním rizikem u systému systémů.
5. Vztahy mezi integrálním rizikem systému systémů a integrálními riziky podsystémů.
6. Kritéria pro integrální bezpečnost technického díla jako systému systémů (soubor bezpečných systémů nemusí být bezpečný, protože existují interdependences, které jsou nežádoucí a projeví se jen za určitých podmínek).
7. Zásady pro řízení bezpečnosti systému systémů (nutné např. pro kritickou infrastrukturu).
8. Legislativa pro podporu řízení bezpečnosti systému systémů.
9. Kontrolní mechanismy pro monitorování (úrovně) bezpečnosti systému systémů.

Každé technické dílo je složitý dynamický systém s určitou úrovní přizpůsobivosti. Skládá se z fyzických prvků a z procesů, které používají tyto prvky pro plnění úkolů, které jsou propojené. Podle práce [74] **propojitelnost** znamená závislost *mezi aspoň dvěma dílčími prvky či komponentami technického díla. Prostřednictvím tohoto spojení stav jedné dílčí komponenty ovlivňuje nebo koreluje se stavem jiné dílčí komponenty.* Předmětnou definici je třeba ještě rozšířit o podmínku vzájemného sdílení některých fyzických prvků nebo procesů, přičemž tyto prvky nebo procesy mohou být situovány v určité územní oblasti. Proto vzájemná závislost může být fyzická, kybernetická, logická a územní. Přitom platí:

1. Dílčí komponenty jsou fyzicky vzájemně závislé, jestliže stav jedné z nich je závislý na materiálním výstupu dílčí infrastruktury druhé.
2. Kybernetická vzájemná závislost znamená, že stav jedné dílčí komponenty závisí na informacích z jiné dílčí komponenty. Kybernetická vzájemná závislost předpokládá existenci informační (dílčí) komponenty.
3. Dílčí komponenty jsou územně vzájemně závislé, jestliže události v území mohou měnit stavy dílčích komponent.
4. Logická vzájemná závislost znamená, že stav jedné dílčí komponenty závisí na stavu jiné dílčí komponenty, přičemž mechanismus propojení není fyzický, kybernetický nebo územní. Jedná se o závislosti přenášené přes toky, kterými jsou předpisy, finance, legislativa apod., např. se může jednat o finanční trhy.

V práci [74] jsou charakteristiky dílčích komponent doplněny ještě o další položky, jako jsou:

- typy poruch a selhání (kaskádní a eskalující poruchy, porucha ze stejných příčin – například živelní pohroma),
- provozní stav (normální, abnormální a kritický provoz),
- míra těsnosti vztahů a propojení (volné, těsné, složité),
- charakteristiky kritických objektů či infrastruktur (časové, územně prostorové, organizační, vlastnické a institucionální).

V důsledku vzájemné závislosti porucha či selhání jedné dílčí komponenty (systému) způsobí poruchu či selhání dílčí komponenty druhé. Předmětný fakt přispívá ke kritičnosti celého technického díla. Proto nestačí zajišťovat bezpečnost dílčích komponent odděleně, ale je třeba zajišťovat bezpečnost celého technického díla.

V současnosti je třeba z pohledu komplexnosti zvažovat též nelineární interakce a závislosti, a proto práce [73-76] navrhuje hierarchickou strukturu komplexních systémů, které představují každé důležité technické dílo; vznikl model FRAM (Functional Resonance Accident Model) [73], ve kterém jsou rozlišeny roviny: úkolů; funkcí; a zdrojů a pomocí matic se sledují jejich propojení, přičemž se hledají spřažení, která mohou vést ke kaskádě nežádoucích jevů, tj. k selhání technického díla.

Další důležité aspekty jako:

- princip All-Hazard-Approach,
- princip Defence-In-Depth,
- inherentní bezpečnost,
- aktivní a pasivní prvky pro podporu bezpečnosti,
- a bariéry

jsou detailně popsány v práci [33].

Defence-In-Depth princip je deterministický princip, kterým se při vytváření projektu zařízení vkládají do systému vícenásobné bariéry, jejichž cílem je zajistit prevenci havárií či selhání a v případě jejich výskytu, zmírnění dopadů. V ideálním případě by bariéry neměly být vzájemně závislé, aby porucha jedné nezpůsobila poruchu ostatních. V praxi to však není možné. Proto úkolem pravděpodobnostní analýzy rizik (PRA) je ukázat, že riziko je přes uvedenou závislost přijatelné, a určit důležité závislosti s ohledem na riziko, které pak musí být ošetřeno přípravou vhodné odezvy.

Proto např. u jaderných elektráren se soustřeďuje analýza rizik na příčiny roztavení aktivní zóny a na uvolnění radioaktivity, a z tohoto pohledu měří účinnost jednotlivých úrovní Defence-In-Depth. Z pohledu řízení jaderné elektrárny tvoří systém řízení I&C oči a uši operátora / obsluhy / provozního inženýra, který za normálních podmínek provádí automatické řízení, a to hlavních i pomocných systémů a chrání je před dopady chyb, které může udělat obsluha nebo systém automatického řízení. Proto návrh I&C má na základě konceptu 5 úrovní Defence-In-Depth vícenásobné bariéry pro prevenci a zmírnění havárií.

V praxi se používají různé I&C systémy, které zajišťují provádění funkcí na různých úrovních principu Defence-In-Depth; u mnohých existují překrytí. V mnoha I&C systémech jsou zálohy, např. mají vícenásobné senzory, procesory a rozdělovače. Požadavky na zálohy závisí na jaké úrovni Defence-In-Depth se provádí a závisí na analýze iniciačních událostí. Je požadována diversita mezi jednotlivými úrovněmi Defence-In-Depth, aby se zabránilo selháním z jedné příčiny.

Běžné I&C a I&C zacílené na bezpečnost jsou prováděny různě. Ty, které jsou zacílené na bezpečnost, musí obsahovat různé technologie (preventivní, ochranné rozmanité ochranné funkce). Požadavky na diversitu vedou k potřebě zavést několik možností, které je možno včlenit: pevně zabudovanými zálohami v software systému; použitím rozmanitých měřících procesů; zavedením manuálních záloh u automatických funkcí.

Jelikož úplná nezávislost mezi úrovněmi Defence-In-Depth nemůže být dosažena, tak je třeba posuzovat dostatečnost míry diverzity záloh. Fyzické oddělení záloh pomůže k tomu, že při ohrožení, přestane fungovat jen jedna záloha – a proto se provádí u rozmístování kabelů, zařízení, oddělení dozorny normální a nouzové, i u různých úrovní úrovněmi Defence-In-Depth.

Bariéry tvoří technické, provozní a organizační prvky, které jsou vloženy do systému k tomu, aby jednotlivě nebo kolektivně snižovaly možnost výskytu specifických chyb, ohrožení nebo havárií, anebo omezily jejich dopady. Dle práce [77] kvalitu bariér bezpečnosti je třeba při provozu technického díla hodnotit podle:

- účinnosti – jak dobře plní bariéra bezpečnosti zamyšlené funkce,
- potřeby zdrojů - náklady na projekt, vytvoření a udržování bariéry bezpečnosti v činnosti,
- robustnosti – vztahuje se k spolehlivosti a opatřením, jak dobře bariéra může vydržet proměny v okolí
- časového trvání implementace – míra doby, která uplyne od koncepce bariéry bezpečnosti k její implementaci,
- dostupnosti – zda bariéra může plnit svůj úkol kdykoliv,
- hodnocení - jak snadno se určí, zda bariéra pracuje tak, jak se očekává,
- nezávislost – reakce bariéry nezávisí na lidské reakci, aby dosáhla svého cíle.

Řízení bezpečnosti bariér je důležitá činnost pro udržení nebo snížení rizik narušujících bezpečnost provozu technického díla. Bariéry tvoří vybavení technického díla, musí být funkční po celou dobu provozu a člověk musí umět ovládat jejich kombinace.

Degradace bariér vede k růstu rizika pro technické dílo. Aby se zabránilo degradaci bariér, je třeba kombinovat jejich inspekce, preventivní údržbu, audity, senzory, řízení procesu, analýzu poruch a skoro-nehod a koncepty pro práci s velkým množstvím dat, tj. řízení bezpečnosti bariér musí být dynamické. Degradace bariér není jednoduchý nebo konstantní faktor. Míra degradace bariér je:

- krátkodobá – procedurální bariéry, některé aktivní bariéry (detekce plynů, nouzové osvětlení), baterie, hydraulické rezervy,
- střednědobá - dokumentace bezpečnosti, ochranná obálka a mechanismy její koroze, aktivní (světlice, záchranné pás), systémy řízení procesů a zátěží,
- dlouhodobá – pasivní (firewalls); semiaktivní – inspekce, audity, senzory, podmíněný monitoring, analýzy nehod a near-misses, záznamů o údržbě a zkouškách, výcvik personálu a záznamy o jeho způsobilosti

Bariéry pro zajištění bezpečnosti (bezpečnostní bariéry) jsou instalovány v mnoha kritických systémech a infrastrukturách proto, aby zabránily výskytu nebezpečných jevů, anebo aby zmírnily jejich následky, jako například požární prevence a železniční signalizační systémy. Technologická silniční svodidla, vypnutí ventilů v procesu a airbagy na autech [78]. Avšak tyto bezpečnostní bariéry mohou také degradovat a selhat při provádění bezpečnostní funkce v měnícím se prostředí [79]. V případě selhání bariér může dojít k vážným nehodám nebo haváriím. Mnohé studie byly provedeny na analýzu provozních a výkonu bezpečnostních bariér. Bowtie diagram pro posuzování bariér [79] je popsán v práci [33].

Srážka moderních vlaků v únoru 2016 v Bavorsku [80] ukázala, že ačkoliv byly vícenásobné bariéry v systému řízení vlaku (systém signalizace, automatický brzdící systém, jestliže vlak přejede stopku), tak traťový dozorce všechny vyřadil z činnosti, což vedlo ke zkušenosti, že jednotlivec nesmí mít možnost vyřadit všechny zálohy. Proto ovládání bariér zajišťujících bezpečnost musí být nezávislé.

Během životnosti technického díla je třeba provádět mnoho změn, např. výměny prvků, komponent, zařízení z důvodu oprav nebo modernizace. Přitom si je třeba uvědomit, že řízení změn v technickém díle je kritická dovednost, která je součástí řízení bezpečnosti. U důležitých prvků a komponent je třeba brát v úvahu koncept technického zařízení a popř. i koncept celého technického díla, protože nevhodnou změnou lze odstranit položku důležitou pro bezpečnost (např. zbouráním nosného sloupu v elektrárně Chvaletice došlo k pádu střechy v únoru 2008 a v konečném důsledku k přerušení dodávek tepla v únoru pro velká města Pardubice a Hradec Králové [81]).

Bezpečnost technického díla také ovlivňuje kvalita zhotovení, která je vysoce závislá na mnoha faktorech, které byly analyzovány v práci [33]. Nicméně provozovatel technického díla musí v zájmu bezpečnosti důležité nedostatky vzniklé při zhotovení buď odstranit, anebo provozovat s ohledem na ně a mít připraveny opatření a činnosti odezvy, které zabrání velkým ztrátám, když kvůli nedostatkům vznikne nouzová situace v technickém díle.

2.1.2. Určení kritičnosti technických děl

Celé technické dílo je složitý dynamický systém s určitou úrovní přizpůsobivosti. Pro zajištění jeho funkčnosti se musí znát prahová hodnota – kritičnost, která určuje stav, při kterém systém neposkytuje služby v požadovaném čase a v požadované kvalitě.

Při aplikaci poznatků z řízení bezpečnosti systému systémů [4-6] je technické dílo v kritickém stavu, když dopady rizik spojených s jeho provozem dosáhnou hodnot, které nesplňují požadavky ALARA, jak je vysvětleno v pracích [32,33,67]. Ve světě se proto dělají analýzy sektorů, do kterých jednotlivé dílčí komponenty technického díla patří, sledují se závislosti mezi sektory a ochrana potom respektuje jak podmínky funkčnosti pro jednotlivé dílčí komponenty (systémy), tak podmínky nutné pro funkčnost celého technického díla, tj. systému systémů.

Pojem kritičnost (Criticality) je vysvětlen např. v pracích [4-7]. Stanovení kritičnosti se důsledně vztahuje k velikosti dopadů ztráty funkčnosti každé komponenty či celého technického díla na společnost. Při stanovení kritičnosti technického díla se dle [82,83] zvažuje:

1. Koncentrace lidí a aktiv.
2. Odvětví hospodářství (sektorová analýza).
3. Typy vzájemných závislostí mezi dílčími komponentami / systémy:
 - na čem závisí aktiva daného systému?
 - jaká je závislost aktiv mezi systémy?
4. Typy služeb veřejnosti:
 - jak dlouho bude trvat obnova poskytování služeb či výroby?
 - jaké náhrady / substituty mohou být dostupné a použitelné (zálohy zelené, žluté, červené [4-6])?
5. Důvěra veřejnosti v instituce veřejné správy:
 - může poškození aktiv / veřejných služeb vést ke snížení morálky obyvatel, ztrátě národní prestiže, panice, vzpouře nebo občanským nepokojům?

- může poškození aktiv vyvolat nějaké dopady / změny na životní prostředí?

Stanovení kritičnosti v obslužnosti území vychází z analýz ohrožení od pohrom možných v daném území, ze zvážení zranitelností dílčích komponent či celých technických děl v území, ze zvážení vzájemných propojení dílčích komponent či celých technických děl v území, tj. teoreticky má stejný princip jako analýza a hodnocení rizik v území, při které se respektuje více chráněných aktiv [1]. Proto se dá předpokládat, že v obecné rovině se proces stanovení kritičnosti technického díla může popsat následovně:

1. Charakteristika aktiv (aktiva fyzická, kybernetická a sociální).
2. Stanovení kritičnosti (analýza ohrožení od pohrom a zvážení zranitelností).
3. Hodnocení dopadů na aktiva (koncentrace lidí a aktiv, ekonomické dopady, vzájemné závislosti, spolehlivost).
4. Hodnocení důsledků ztrát, obětí, škod a poškození aktiv.
5. Priorizace aktiv podle zadaných pravidel.

Analýza sledované literatury ukázala, že většina postupů odpovídá výše zmíněnému obecnému postupu a kritičnost se stanovuje většinou skórováním, tj. pomocí rozhodovací matice [84]; její definice je v práci [46].

Interpretace výsledků pro dané technické dílo či technologii se odvozuje od polohy bodu, jehož souřadnice tvoří vypočtené hodnoty míry obslužnosti či výroby (vlastně míry důležitosti) pro území a míry zranitelnosti. Jestliže bod spadá do sektoru:

- „vysoká zranitelnost a vysoká obslužnost či výroba“ je stav technického díla povážlivý, tj. kritický, pro dané území, a z hlediska zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje je třeba situaci řešit zálohováním a zodlněním daného technického díla,
- „nižší zranitelnost a nižší obslužnost či výroba“ je stav technického díla uspokojivý pro dané území a je třeba čas od času provést kontrolu stavu,
- „vysoká zranitelnost a nižší obslužnost či výroba“ je stav technického díla podmíněně uspokojivý a je třeba zajišťovat připravenost na sofistikovanou odezvu v případě selhání technického díla a prevenci soustředit na preventivní a zmírňující opatření vedoucí ke snížení zranitelnosti technického díla vůči možným pohromám, které mohou jeho selhání způsobit,
- „nižší zranitelnost a vysoká obslužnost či výroba“ je stav technického díla podmíněně uspokojivý a je třeba zajišťovat připravenost na sofistikovanou odezvu v případě selhání technického díla a prevenci soustředit na snižování kritičnosti, tj. na vytvoření dalších objektů technického díla v území či na vytvoření záloh stávajících objektů technického díla.

Je pravdou, že výše popsaný postup ukazuje, že posouzení technického díla podle dvou kritérií, a to míry obslužnosti a míry zranitelnosti není výsledkem objektivního výpočtu nebo procesní analýzy, ale je spíše výsledkem subjektivních odhadů, což lze tolerovat v případě stanovení základního rámce. Složitější je to v případě stanovení kritičnosti nějakého procesu.

Při skórování zranitelnosti a obslužnosti či výroby (někdy se v literatuře používá přímo důležitosti) infrastruktur a technologií je nutné zvažovat [82,83] dále uvedené položky:

- doba trvání obnovy infrastruktur a technologií,

- dopad selhání infrastruktur a technologií na životy a bezpečí lidí,
- způsobené újmy a ztráty,
- dopady na životní prostředí,
- vyvolaný nepříznivý zájem.

Kvalitní obslužnost území službami nebo výrobky je podmíněna provozní spolehlivostí technického díla chápaného jako systém systémů [4]. Protože nic není bezporuchové, tak musí být připraven plán obnovy komponent či důležitých technických děl. Uvedený plán musí být proaktivní, správně vyhodnocen, mít transparentně vypořádaná rizika a obsahovat odpovědi na otázky:

- co udělat?
- jak to udělat?
- v jakém časovém intervalu?
- nezvýší to rizika pro jiná chráněná aktiva?

apod.

I když bezpečnost a riziko nejsou doplňkové veličiny, tak úroveň bezpečnosti technického díla je daná výsledkem práce technického díla s riziky. Je jistým způsobem relativní, protože závisí na přijatelnosti rizika. Navíc závisí na dostupných zdrojích, silách a prostředcích vynaložených na řízení a vypořádání rizik; tj. bohatá společnost si může dovolit zajistit vyšší úroveň bezpečnosti tím, že má zdroje, síly a prostředky na řízení a vypořádání rizik a opačně.

Z pohledu cílů lidské společnosti proces zajišťování bezpečnosti technického díla musí respektovat všechny jevy, které mohou mít nepřijatelné dopady na lidský systém, tj. pohromy, inherentní území nebo člověkem vytvořené interakce, vazby a toky v lidském systému. Procesní model pro zajišťování bezpečnosti technického díla a technologií musí vycházet z principů, metod a postupů inženýrství, které pracuje s riziky a jako hlavní neznámou musí sledovat vnitřní závislosti napříč jednotlivých částí technického díla, které se vyskytují na několika úrovních, a to fyzické, kybernetické a organizační. Jinými slovy vznikají v důsledku finančních toků, energetických toků, informačních toků a toků vyvolaných usměrněnou činností managementu.

Poznatky a zkušenosti z praxe ukazují, že metody výběru priorit jsou obvykle velmi nákladné. V praxi se osvědčila metoda multikriteriálního hodnocení založená na posuzování zranitelnosti jednotlivých prvků systému vůči pohromám zahrnujícím i vnitřní vazby, a to i příčné na různých hierarchických úrovních. Hodnotový žebříček má hlavní prioritu životy lidí, životní prostředí, veřejné blaho a funkčnost technického díla a teprve po nich následuje ochrana památek, rekreace, zábava atd. Při výběru v praxi se dává přednost variantám, které znamenají velkou zranitelnost u jednotlivců a malou zranitelnost u společnosti. Při hodnocení je třeba oklasifikovat poměrně složitý systém vazeb, ve kterém působení jednotlivých faktorů na výsledný efekt nelze kvantifikovat. Celkové hodnocení je proto relativní a může být ovlivněno subjektivním přístupem jednotlivých hodnotitelů. Je proto výhodné, jestliže hodnocení provede několik na sobě nezávislých expertů. Výsledky hodnocení platí pouze pro hodnocený systém a nelze porovnávat výsledky hodnocení různých systémů posuzovaných zvlášť. V USA a některých dalších zemích se proto kodifikují expertní metody pro tato složitá hodnocení, např. několikastupňová delfská metoda [46].

Při zajištění bezpečnosti technického díla a technologií v území se musí zvažovat mnoho faktorů a mezi základní patří náklady na provoz a údržbu po dobu životnosti, náklady na preventivní údržbu a na nápravná opatření při odezvě a obnově. Pro každou z položek se musí stanovit kritéria pro posouzení fyzických podmínek (respektující vlastnosti technického díla i požadavky na něho kladené), kapacity a poptávky po službách a pro posouzení funkčnosti. Na základě kritérií se stav sledované položky kvalitativně hodnotí verbální stupnicí obsahující stupně „velmi dobrý“ až do „špatný“ a „kritický (tj. velmi špatný)“ [4]. Vhodné je použít pětistupňovou stupnici:

- velmi dobrý stav: prvek je v bezvadném fyzickém stavu a plní zamyšlené funkce. Náklady na údržbu jsou v souladu se standardy a normami. Prvek je nový nebo je nedávno obnoven. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy nejsou. Veškerý program je plněn účinně a efektivně,
- dobrý stav: prvek je fyzicky v dobrém stavu a plní zamyšlené funkce. Náklady na údržbu jsou v souladu se standardy a normami, ale rostou. Prvek je asi v polovině své životnosti. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy jsou jen občas. Veškerý program je plněn přijatelně,
- přijatelný stav: prvek vykazuje známky opotřebení a nižší výkonnosti než je zamyšlená. Některé části jsou nedostatečné, Náklady na údržbu překračují částky stanovené standardy a normami a rostou. Byl dlouho používán a je v poslední fázi své životnosti. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy jsou časté. Veškerý program je většinou plněn, objevují se však neúčinné a neefektivní způsoby plnění,
- špatný stav: prvek vykazuje významné známky opotřebení a plní zamyšlené funkce na nízké úrovni. Mnoho částí je nedostatečných. Náklady na údržbu významně přesahují částky ze standardů a norem. Prvek se blíží ke konci své životnosti. Nároky na provoz přesahují údaje v projektu, provozní problémy jsou zřejmé. Veškerý program je plněn jen v značně omezeném rozsahu,
- kritický stav: prvek je ve špatném stavu a nepracuje tak, jak by měl. Je vysoká pravděpodobnost jeho selhání. Náklady na údržbu jsou vysoce nepřijatelné ve srovnání se standardy a normami, rekonstrukce není nákladově efektivní. Je nutná výměna. Nároky na provoz jsou výrazně vyšší než projektové; provozní problémy jsou vážné a trvalé. Stanovený program není plněn.

Bezpečnost technického díla po celou dobu životnosti závisí na mnoha faktorech:

- projekt musí respektovat vlastnosti území, tj. projekt musí obsahovat opatření na zvládnutí možných pohrom, které se v daném území mohou vyskytnout [32],
- technické dílo musí být umístěno, vystaveno a dáno do provozu tak, aby bylo bez zjevných závad [33],
- pak přichází na řadu způsob řízení jeho provozu, jeho údržba a kultura bezpečnosti zabudovaná do jeho řízení. Předložená práce se zaměřuje na poslední fázi, a to z pohledu inženýrských disciplín, které pracují s riziky. Proto platí, že údaje, které jsou dále uvedeny, v žádném případě:
 - nezpochybňují existující normy a standardy, protože autoři mají znalosti i zkušenosti z praxe, ze kterých vyplývá, že bez standardů a legislativy by odborníci i odborná veřejnost byli odsouzeni k opakování chyb z minula,

- nebrání používání modelů a software při projektování a řízení, které usnadňují a urychlují práci. Na základě znalostí a zkušeností z praxe, shrnutými v práci [7], ukazují, že při jejich aplikaci zanedbáváme neurčitosti, tj. znalostní nejistoty, které jsou způsobeny tím, že reálné podmínky jsou nahrazeny podmínkami idealizovanými, které nerespektují nehomogenity prostředí a materiálu, anizotropii prostředí a materiálu a časové proměny prostředí a materiálu.

Navrhovanými postupy pro práci s riziky autoři dokládají své přesvědčení, že bez vložení správné práce s riziky zacílené na bezpečnost nemáme schopnost udržitelně odpovědět na neočekávané události, tj. nebudeme připraveni na budoucnost, protože reálné podmínky nejsou normativní a v čase se mění, což je v souladu se současným poznáním.

2.1.3. Kritická místa technických děl

Ve sledovaném pojetí bezpečnosti technického díla do bezpečnosti patří také kvalitní plnění úkolů, ke kterým je technické dílo zřízeno. Z tohoto pohledu jsou kritickými prvky nebo systémy technických děl ty prvky nebo systémy, které jsou zároveň vysoce důležité pro bezpečnost (tj. i pro spolehlivost a funkčnost) a jsou vysoce zranitelné. Zranitelnost je stupeň, ve kterém je technické dílo náchylné nebo neschopné zvládnout nepříznivé dopady pohrom všeho druhu, tj. včetně změn a extrémů [4,85]. Zranitelnost je integrální vlastnost systému, která je příčinou toho, že systém se za určitých podmínek nechová žádoucím způsobem, protože je pozměněna, ve smyslu lidského vnímání narušena jedna nebo více složek z následného seznamu [86]:

- struktura a forma složení prvků,
- forma, směr a intenzita vazeb,
- forma, směr a intenzita toků,
- vytvoření nových či ztráta nebo závažná změna starých interdependences, tj. vazeb napříč systémem a jeho okolím.

Zranitelnost je dynamická vlastnost, která se mění v prostoru a čase a jistým způsobem také územně specificky, protože závisí na systému samotném a na podmínkách, do kterých je systém zasazen.

Jelikož prvky, vazby a toky v lidském systému nejsou složením, fyzikální a jinou povahou (chemickou, biologickou, logickou, fyzickou), strukturou, tvarem apod. stejné a dokonce nejsou v prostoru ani homogenní, ani izotropní a v čase jsou proměnné, tak při výskytu pohromy pozorujeme, že stejná příčina má na objekt / území / zařízení různé dopady v jednotlivých částech objektu / území / zařízení. Např. při požáru dřevěné kusy objektů a zařízení shoří, kovové kusy objektů a zařízení mohou za určitých podmínek zůstat použitelné, když je žár neroztaví, u zatopení dřevo nabobtná až ztrouchniví v závislosti na jeho kvalitě a opracování (dřevěné piloty v přístavech ze speciálního dřeva vydrží staletí) atd. **Důvodem je různá zranitelnost entity vůči příčině.** To znamená, že výsledné poškození závisí jednak na fyzikální podstatě a velikosti pohromy a jednak na fyzikálním naturelu chráněných aktiv (protože člověk sleduje jen to, co je důležité pro jeho život a rozvoj).

Pro stanovení zranitelnosti technického díla se obvykle používají kontrolní seznamy [86]; příklad pro technické dílo je v tabulce 3. Příklad je zaměřen na kritický majetek

technického díla, do kterého patří především tlakové nádoby a jejich příslušenství, tj. odpouštěcí ventily, pojistné ventily, které slouží k regulaci výkonu komponent.

Tabulka 3. Kontrolní seznam pro identifikaci míry zranitelnosti technického díla.

| Kritérium | Hodnocení |
|---|-----------|
| Jaká je citlivost jednotlivých kritických položek technického díla na pohromy dle typu? | |
| Jaká je citlivost jednotlivých kritických položek technického díla na fyzický útok? | |
| Jaká je citlivost jednotlivých kritických položek technického díla na útok insiderů? | |
| Které kritické položky technického díla nejsou chráněny? | |
| Které kritické položky technického díla jsou málo chráněny?. | |
| Jak kritické položky technického díla jsou citlivé na kybernetický útok? | |
| Celkové hodnocení | |

Protože každá technologie má svá specifika, která se odráží v použitých technických prvcích, jejich uspořádání do struktur, konstrukcí a systémů, tak je třeba projektovat a provozovat každé technické dílo jako individuum. Dále jsou uvedeny výsledky získané dosavadním výzkumem autorů.

Tabulka 4, odvozená na základě vyhodnocení příčin minulých havárií v průmyslových komplexech s nebezpečnými látkami [87], ukazuje kritická místa, ze kterých se začaly vyvíjet havárie. V tabulce jsou vyděleny čtyři kategorie:

1. Kritická technická místa v zařízeních s „otevřeným koncem“ cesty do atmosféry, ve kterých může dojít ke ztrátě soudržnosti.
2. Kritická technická místa v zařízeních, ve kterých v důsledku vady zařízení může dojít ke ztrátě soudržnosti při úkonech v provozu provedených v mezích.
3. Kritická technická místa v zařízeních, ve kterých v důsledku externích činitelů může dojít ke ztrátě soudržnosti při dodržení provozních podmínek zařízení.
4. Kritická technická místa v zařízeních, ve kterých může dojít ke ztrátě soudržnosti v důsledku výskytu podmínek, které leží mimo limity provozních podmínek zařízení.

Některé kategorie technických míst v zařízeních jsou dále děleny, popřípadě jsou děleny ještě dále.

Tabulka 4. Kritická místa v chemickém podniku.

| Kategorie | Popis kritického místa |
|-----------|------------------------|
|-----------|------------------------|

| | | |
|-----|--|--|
| I. | Kritická místa v zařízeních s „otevřeným koncem“ cesty do atmosféry, ve kterých může dojít ke ztrátě soudržnosti. | |
| | A | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena v důsledku tzv. odlehčení procesu nebo na základě požadavku vypustit zařízení. |
| | B | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena v důsledku chybné operace nebo poruchy zařízení, např. nesprávnou činností pojišťovacího ventilu nebo poruchou pojišťovací membrány, atd. |
| | C | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena v důsledku chyby operátora, např. ponechání otevřeného odvzdušňovacího nebo odkalovacího ventilu, špatné směrování přesunu materiálu, přeplnění zásobníku, otevření natlakované jednotky, atd. |
| II. | Kritická místa v zařízeních, ve kterých v důsledku vady zařízení může dojít ke ztrátě soudržnosti při úkonech v provozu provedených v mezích provozních podmínek zařízení. | |
| | A | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena v důsledku vad, které vznikly před uvedením do provozu a nebyly objevené před zahájením provozu (v důsledku špatných inspekčních nebo zkušebních procedur). |
| | 1 | Zařízení, které nebylo správně navrženo pro zamýšlený výkon, např. určen špatný materiál, neadekvátní jmenovitý tlak nádob nebo potrubí, neadekvátní jmenovitá teplota, atd. |
| | 2 | Místa, ve kterých vznikají defekty během výroby v důsledku, např. použití špatného materiálu, nízké zručnosti pracovníků, nízké úrovně kontroly kvality, atd. |
| | 3 | Místa, ve kterých došlo k poškození zařízení nebo zhoršení jeho stavu při dopravě nebo skladování. |
| | 4 | Místa, ve kterých došlo k poruchám při stavbě a konstrukci, např. defekty při svařování, porušení souososti, špatně přizpůsobená těsnění, atd. |
| | B | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena v důsledku vady, která zhoršuje stav zařízení při provozu a nebyla zjištěna včas, tj. dříve, než se její vliv stal významným (např. nevhodné monitorovací procedury v případech, kdy zhoršování je postupné). |
| | 1 | Místa zeslabení a trhlin v ucpávkách čerpadel nebo míchadel, těsnění ventilů, těsnění přírubových spojů, atd. |
| | 2 | Místa interní, anebo externí koroze, včetně popraskání vlivem pnutí z koroze. |
| | 3 | Místa eroze nebo zeslabení. |
| | 4 | Místa, ve kterých se projevuje únava kovů nebo na která působí vibrace. |
| | 5 | Místa, která byla podrobena hrubému zacházení v předchozím údobí, např. provoz pece při teplotách převyšujících konstrukční teplotu trubek („creep“ neboli tečení materiálu). |

| | | |
|------|-----|---|
| | 6 | Místa zkřehnutí v důsledku působení vodíku. |
| | C | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena vadami vzniklými při rutinní údržbě nebo při malých změnách neprovedených přesně v důsledku nízké zručnosti pracovníků, použití špatných materiálu, atd. |
| III. | | Kritická místa v zařízeních, ve kterých v důsledku externích činitelů může dojít ke ztrátě soudržnosti při dodržení provozních podmínek zařízení. |
| | A | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena poškozením nárazem, např. pád jeřábu, silniční vozidlo, rypadlo, strojní dílna přidružená k procesní jednotce, atd. |
| | B | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena ohraničenou explozí následkem nahromadění a vznícení hořlavých směsí vzniklých z malých úniků, např. výbušné prostředí vytvořené v analyzačních domcích, v uzavřených kanalizacích, okolo obestavěných zásobníků, atd. |
| | C | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena sesedáním stavebních podpěr následkem geologických nebo klimatických faktorů nebo vady stavebních podpěr následkem koroze, atd. |
| | D. | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena poškozením silničních cisteren, železničních vagónů, kontejnerů, atd. během přepravy materiálu do a z místa. |
| | E | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena požárem. |
| | F | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena dopady tlakové vlny z okolních explozí (exploze neohrazeného oblaku par, vybuchující nádoby, atd.), jako je přetlak v čele vlny, úlomky, poškození staveb, atd. |
| | G | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena přírodními pohromami, vichřice, zemětřesení, povodně, blesky, atd. |
| IV. | | Kritická místa v zařízeních, ve kterých může dojít ke ztrátě soudržnosti v důsledku výskytu podmínek, které leží mimo limity provozních podmínek zařízení. |
| | A | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena přetlakováním zařízení |
| | 1 | Místa propojení se zdrojem tlaku: |
| | a | Místa zdroje tlaku plynu: |
| | (1) | Místa, ve kterých může dojít k prudkému proniknutí plynu do nízkotlakého zařízení v důsledku poruchy kontroly tlaku, chybně otevřeného oddělovacího ventilu, atd. |
| | (2) | Místa, ve kterých může dojít k tlakovému zpětnému toku do nízkotlakového zařízení, např. v důsledku poruchy kompresoru. |
| | b | Místa zdroje tlaku kapalina: |

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| | | | (1) | Místa, ve kterých může dojít k načerpání blokováných (ucpaných) plynových prostorů, |
| | | | (2) | Místa, ve kterých může dojít k hydraulickému přetlakování jako následek blokování (ucpání) na odtokové straně, |
| | | | (3) | Místa, ve kterých může dojít k nadměrnému rázu, např. při náhlém uzavření ventilu na transportním potrubí kapaliny. |
| | | 2 | Místa, ve kterých může dojít k růstu teploty při procesu: | |
| | | | a | Místa, která může vážně poškodit ztráta chlazení: |
| | | | (1) | Místa, ve kterých může dojít k ztrátě průtoku chladiva, např. do chladiče reaktoru, do kondenzátoru destilační kolony, atd. |
| | | | (2) | Místa, ve kterých může dojít ke zvýšené teplotě chladiva, např. výpadek ventilátoru chladicí vody, atd. |
| | | | (3) | Místa, ve kterých může dojít k nánosu nečistot v chladičích, kondenzátorech, výměnících. |
| | | | b | Místa, která může vážně poškodit nadměrný vstup tepla: |
| | | | (1) | Místa, ve kterých může dojít k poruše kontroly vařáku, zejména u systémů vytápěných parou nebo horkým olejem. |
| | | | (2) | Místa, ve kterých může dojít ke vstupu horkého materiálu z vnějšku, např. přetok. |
| | | | c | Místa, která může vážně poškodit nadměrný vznik tepla při chemické reakci: |
| | | | (1) | Místa, ve kterých může dojít k ujetí reaktoru, např. následkem nedostatku reakčního rozpouštědla, vysoké rychlosti přívodu surovin, vysokého molárního poměru, nashromáždění nezreagovaných chemikálií při nevhodném míchání nebo dočasné ztrátě reakce následně vedoucí k ujetí reaktoru, atd. |
| | | | (2) | Místa, ve kterých může dojít k samozahřívání následkem vstupu katalytických nečistot, např. zpětný tok ze spotřebitelské jednotky etylenoxidu do napájecího zásobníku. |
| | | | (3) | Místa, ve kterých může dojít k samozahřívání následkem smíchání reagujících chemikálií, např. H ₂ SO ₄ s NaOH. |
| | | | (4) | Místa, ve kterých může dojít k exotermnímu rozkladu tepelně nestabilních nebo explozivních materiálů, jako jsou peroxidy, např. následkem vzrůstu teploty, překoncentrováním nebo uložením na horké povrchy. |

| | | | |
|--|---|---|---|
| | | 3 | Místa, ve kterých může dojít k vytvoření a zapálení směsí hořlavých plynů, aerosolů nebo prachů v důsledku vnitřní exploze: |
| | | a | Místa, která může vážně poškodit vnik ovzduší např. následkem neadekvátního vyčištění zařízení před najetím, následkem ztráty proplachu dusíkem v hlavách faklů, skladových zásobníků, odstředivkových systémů, sušáren, atd. |
| | | b | Místa, která může vážně poškodit nepřítomnost kritického inertního zředovadla, např. dusíku ve skladových zásobnících s ethylenoxidem, výpadek dusíku ve směšovacích sekcích transportních systémů pevných látek, atd. |
| | | c | Místa, která může vážně poškodit nedostatek prostředků tlumících explozi. |
| | | d | Místa, která může vážně poškodit hořlavá odchylka v oxidačních procesech, např. následkem vysokých podílů ovzduší nebo kyslíku nebo při zastavení konverze. |
| | | 4 | Místa, ve kterých může dojít k poškození následkem fyzikálně nebo mechanicky indukovaných sil nebo pnutí: |
| | | A | Místa, která může vážně poškodit expanze při změně stavu, např. zamrznutí vody v potrubí. |
| | | B | Místa, která může vážně poškodit tepelná expanze zablokovaných kapalin, např. ve výměnících tepla nebo v dlouhých potrubích. |
| | | C | Místa, která může vážně poškodit vnik cizích fází, např. porucha plynového kompresoru následkem protlačení kapaliny sáním stroje, pulsování kondenzátu v parovodech, atd. |
| | B | | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena podtlakováním zařízení (neschopného odolat vakuu): |
| | | 1 | Místa, ve kterých může dojít k přímým připojením k ejektoru nebo k zařízení normálně provozovanému pod vakuem: |
| | | a | Místa, která může vážně poškodit selhání zařízení, způsobené např. ztrátou kapalinového uzávěru následkem poruchy hlídače hladiny a tím způsobeným spojením s vakuovým prostorem. |
| | | b | Místa, která může vážně poškodit chyba obsluhy, např. otevřený oddělovací ventil, atd. |
| | | 2 | Místa, ve kterých může dojít k pohybu nebo přemístění kapalin: |
| | | a | Místa, která může vážně poškodit vyčerpání zásobníků nebo nádob. |
| | | b | Místa, která může vážně poškodit vyprázdnění nebo gravitační odtok ze zvýšených zablokovaných zařízení. |
| | | 3 | Místa, ve kterých může dojít k ochlazení plynů nebo par: |

| | | | |
|--|---|---|--|
| | | a | Místa, která může vážně poškodit kondenzace kondenzovatelných par, např. zablokování nádoby po vypařování. |
| | | b | Místa, která může vážně poškodit chlazení nekondenzovatelných plynů a par, např. skladový zásobník při silném dešti v létě. |
| | | 4 | Místa, ve kterých může dojít k rozpustnosti, např. rozpouštění plynů v kapalinách. |
| | C | | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena vysokou teplotou kovů (způsobující ztrátu pevnosti): |
| | | 1 | Místa, ve kterých může dojít k požáru pod zařízením, např. následkem výtoku, prosakování čerpadel, atd. |
| | | 2 | Místa, ve kterých může dojít k plamenovému nárazu, který způsobí lokální přehřátí, např. v pecích následkem nesouososti nebo špatným seřazením hořáků. |
| | | 3 | Místa, ve kterých může dojít k přehřátí elektrickými topidly, např. následkem poruchy vysokoteplotních pojistek. |
| | | 4 | Místa, ve kterých může dojít k neadekvátnímu průtoku tekutiny vytápěným zařízením, např. porucha trubky pece při ztrátě průtoku horkého oleje. |
| | | 5 | Místa, ve kterých může dojít k vyšší průtokové rychlosti nebo vyšší teplotě páry nebo jsou limity pro průtokovou rychlost nebo teplotu páry výměníkem tepla. |
| | D | | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena nízkou teplotou kovů (způsobující zkřehnutí a přepnutí): |
| | | 1 | Místa, ve kterých může dojít k podchlazení chladicí jednotky, např. následkem poruch kontroly, použitím špatného chladiva, atd. |
| | | 2 | Místa, ve kterých může dojít k neúplnému odpaření, anebo neadekvátnímu ohřátí materiálu před převedením do zařízení s určenou jmenovitou teplotou, např. následkem poruchy kontroly odparky kapalného ethylenu. |
| | | 3 | Místa, ve kterých může dojít ke ztrátě tlaku v jednotkách zpracovávajících kapaliny o nízkém bodu varu. |
| | E | | Místa, ve kterých soudržnost může být porušena špatným zpracováním materiálů nebo abnormálním znečištěním (způsobujícím větší korozi, chemické působení na ucpávky a těsnění, trhání korozním pnutím, zkřehnutí, atd.) |
| | | 1 | Místa, ve kterých může dojít ke změně složení par mimo přípustné hranice. |
| | | 2 | Místa, ve kterých může dojít k abnormálnímu znečištění způsobenému surovinami nebo nevhodnými surovinami. |

| | | |
|--|---|--|
| | 3 | Místa, ve kterých může dojít ke vzniku vedlejších produktů nežádoucích chemických reakcí. |
| | 4 | Místa, ve kterých může dojít k hromadění kyslíku, chlóru nebo jiné nečistoty zůstávající v zařízení při najíždění následkem neadekvátní evakuace nebo dekontaminace. |
| | 5 | Místa, ve kterých může dojít k hromadění nečistot z atmosféry, obslužných médií, úniků z potrubí, atd. během provozu. |

2.1.4. Kritická zařízení technických děl

Tlaková zařízení jsou konstrukční tlakové celky (nádoby, potrubí, bezpečnostní a tlaková výstroj; zahrnují také prvky připojené k součástem vystaveným tlaku, jako jsou příruby, hrdla, spojky, podpory, závěsná oka atd.) vymezené v prostoru pevnými, nepohyblivými stěnami nazývanými také obálka či kontejnment, na které působí plynné nebo kapalně látky vnitřním přetlakem. Stlačenou látkou může být vzduch, pára, voda, ale také jiné nebezpečné látky. Látkou též médium, je většinou využíváno k vykonání práce. Tlaková zařízení najdeme zejména ve strojírenství energetice, petrochemii, zdravotnictví, potravinářství, chemickém průmyslu apod. Nejčastěji vyskytujícími zařízeními jsou:

- vzdušníky,
- expanzní nádoby,
- vodárny,
- zásobníky různého určení,
- výměníky tepla,
- chladiče,
- kolony,
- parní sterilizátory, vyvíječe páry, odlučovače oleje, nádoby speciálního určení,
- středotlaké parní a horkovodní kotle
- apod.

Tlaková zařízení jsou konstruovaná, vyrobená a zkoušená na nejvyšší přípustný přetlak, nejvyšší, popř. nejnižší přípustnou teplotu a jsou zabezpečena proti jejich překročení. Z hlediska bezpečí obsluhy a okolí musí být řádně provozovaná a udržovaná. Tlaková zařízení provozovaná v České republice se v legislativě nazývají „vyhrazená tlaková zařízení“ a jsou definována ve vyhláškách Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 18/1979 Sb., č. 97/1982 Sb. a č. 551/1990 Sb. a v Evropské unii směrnicí 97/23/ES Pressure Equipment Directive (PED).

Riziko nadměrného vnitřního přetlaku v technickém zařízení nemůžeme na rozdíl třeba od teplotního rizika vnímat svými smysly a jeho podcenění mívá často velké a tragické následky.

Jednou z hlavních částí technických děl, která je důležitá pro bezpečnost jsou vyhrazená tlaková zařízení (tlakové nádoby a tlaková potrubí) pro procesní techniku, která se používá zejména v chemickém nebo petrochemickém průmyslu. Dle [88] procesní tlaková zařízení jsou limitujícím zařízením pro bezpečnost i spolehlivost. Příčinou je vysoká akumulovaná energie vyplývající z vysokých tlaků a teplot pracovních látek, které mohou navíc mít i další nepříjemné vlastnosti, jako např. hořlavost, výbušnost, jedovatost aj. Proto je třeba věnovat jejich provozu velkou pozornost.

Specifickou pozornost při provozu potřebují tlaková zařízení, uvnitř kterých jsou nebezpečné látky toxické, reaktivní, výbušné a radioaktivní, které představují značnou akumulovanou energii a nebezpečí pocházející z vlastností přítomné látky (např. vysoká teplota včetně varných explozí, hořlavost, popř. výbušnost, jedovatost, žíravost apod.). Proto je u nich důležitá mechanická integrita (chápaná jako celistvost systému). Je si třeba uvědomit, že na ně dále působí:

- prostředí v místě, do kterého jsou umístěny, a pohromy, které dané místo mohou postihnout,
- provozní podmínky,
- pracovní režim jejich užívání (kontinuální provoz bez výkyvů, kontinuální provoz s velkými výkyvy, nárazový provoz).

2.1.4.1. Požadavky na tlaková zařízení a jejich provoz

Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, řada nařízení a technických norem určuje požadavky na jejich: výrobu; provoz; inspekce; přehodnocování shody apod. Specifická pozornost je věnována vyhrazeným tlakovým zařízením, která jsou definovaná vyhláškou Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 18/1979 Sb. Jsou jimi konstrukční tlakové celky tvořící vymezené prostory s pevnými, nepohyblivými stěnami, na které působí plynné nebo kapalné látky vnitřním přetlakem. Proto musí být konstruované, vyrobené a zkoušené na největší přípustný přetlak, největší popř. nejnižší přípustnou teplotu a zabezpečené proti jejich překročení, dále musí být provozované a udržované tak, aby byla zajištěna bezpečnost obsluhy a okolí.

Tlaková zařízení ve formě tlakových nádob, jejich částí, zásobníků, potrubí a potrubních sítí jsou používána v mnohých odvětvích průmyslu a podle jejich parametrů, konstrukce, materiálu a dalších strojních součástí jako funkčních vestaveb, armatur, čerpadel, kompresorů a umístění v prostoru se liší požadavky na uvedená zařízení a jejich části. Největší nároky na mechanickou integritu jsou u zařízení v provozech chemických, petrochemických a v jaderné energetice. Menší nároky jsou u zařízení používaných v běžné energetice, teplárenství, rozvodech tlakového vzduchu, plynovodech a rozvodech kapalin uložených v zemi nebo na potrubních mostech aj.

Z důvodu bezpečnosti a plynulosti provozu jsou tlaková zařízení vybavena jistými prvky, které slouží k ochraně před překročením fyzikálních limit, a které obsahují zařízení k bezprostřednímu omezení tlaku, jako např. pojistné ventily, pojistné membrány, pruhy namáhané na vzpěr, řízená zajišťovací zařízení nebo omezovací zařízení působící buď jako korekční nástroje, anebo provádějící vypojení a uzavření, jako jsou vypínače tlaku a teploty, nebo hladinové spínače [88].

Podle standardu IEC 61508-1 musí bezpečnostní systémy ovládaných tlakových zařízení (Pressure safety instrument control systems) splňovat požadavky SIL 3 pro nové konstrukce tlakových nádob. Předpisy umožňují použití SIL 2 nebo SIL 1, je-li četnost výskytu přetlaku menší než 10^{-6} /rok nebo je-li četnost výskytu přetlaku nižší než 10^{-4} /rok a jsou-li následky způsobené vysokým tlakem považovány za přijatelné vzhledem k odolnosti konstrukce zařízení na základě posouzení notifikované osoby.

ČSN 69 0012 specifikuje bezpečnostní vybavení tlakových nádob. Jsou jimi zařízení na sledování stavu hladiny, tlakoměry, pojistné zařízení, teploměry, uzávěry, odvodnění, odkalení a odvzdušňování nádob. Z důvodu působení fyzikálních a chemických faktorů a změn v čase je třeba uvedené komponenty pravidelně kontrolovat a udržovat v provozuschopném stavu. Zmíněná norma specifikuje pravidla a postupy předmětných kontrol.

Poruchy a havárie tlakových zařízení a jejich dopady na životy a zdraví obsluhy, příp. na životní prostředí závisí na konkrétním provozu, a hlavně na tom, jak vysoce byly překročeny limity a podmínky stanovené pro provoz za normálních provozních podmínek. V případě velké odchylky provozních parametrů dochází v důsledku vysokého tlaku k náhlým narušením stěny nádob či potrubí. Analýza příčin příslušných ukazuje, že příčinou jsou selhání technický prvků, organizačních opatření nebo selháním bezpečnostně kontrolních vybavení.

Bezpečnost provozu (v českém technickém slangu provozní bezpečnost) ovlivňují rovněž časově závislá poškození, jako jsou např.:

- koroze (vnitřní, vnější) – obrázky 9 a 10,



Obr. 9. Příklad vnější koroze; zpracováno dle obrázku [89].



Obr. 10. Příklad vnitřní koroze; zpracováno dle obrázku [89].

- eroze,
- kavitace,
- únava materiálu,
- křehnutí materiálu,
- změny tažnosti na mezi pevnosti v tečení (creep),
- střídavá zatížení (a s nimi související tlakové / teplotní změny),
- vnější síly vyvolané prouděním tekutin, různou teplotní roztažností, větrem, vibracemi vyvolanými zemětřesením či průmyslovou seismicitou aj.

Je skutečností, že nežádoucím časovým změnám nelze předem zabránit, protože např. mechanismy koroze jsou různé [90]. Proto se provádí jejich monitoring, jehož parametry v jednotlivých technických sektorech určují normy.

2.1.4.2. Provozní problémy tlakových zařízení

Tlaková zařízení jsou vesměs komplikované konstrukce, kde jejich jednotlivé části jsou spojovány nerozebíratelnými (svarovými) nebo rozebíratelnými (šroubovými) spoji. Inspekce tlakových zařízení během provozu i analýzy havárií tlakových zařízení [90] ukazují, že uvedené spoje jsou velmi náchylné na změny provozních parametrů. Příčinami jejich selhání je překročení limit a podmínek provozu, které jsou způsobeny:

1. Překročením dovolené meze pracovního tlaku, v důsledku: vzrůstu tlaku způsobeným vyšším tlakem v připojených zařízeních (např. v okruhu sítě, v předlohách příp. v zásobních nádržích; selhání chlazení, příp. kontroly teploty; přeplnění překročením dovoleného plnicího tlaku (např. čerpadlem); překročení dovoleného plnicího tlaku (např. kompresorem); zabránění teplotní roztažnosti z kapalin nebo plynů v kapalně fázi uzavřených v částech zařízení; uzavření nebo ucpání odvětrávacího potrubí; dopravy tekutin proti uzavřené armatuře; výpadku kondenzace par; výpadku příp. selhání řídicích nebo regulačních zařízení; působení tepla zvnějška požárem; exotermní chemické reakce nebo rozpadové reakce; fyzikální exploze, která může vzniknout při styku studených kapalin s teplou taveninou nebo kapalinou, jejíž teplota leží nad teplotou varu studené kapaliny (např. kovové lázně, organické teplotnosné oleje); tlakových rázů, např. rázy kapalin s kavitací.
2. Nedosažením požadovaného tlaku v důsledku: ochlazení kapalin; kondenzace par, zanesení filtrů na straně sání; vyprazdňování tlakového zařízení.
3. Překročením dovolené provozní teploty v důsledku: výpadku chlazení, např. při chybném měření teploty a množstvím nástřiku; exotermní reakcí.
4. Nedosažením požadované provozní teploty v důsledku: přechodu odparek s hluboko ochlazenými zkapalněnými plyny; adiabatického uvolnění plynů (např. u kyseliny uhličitě, zkapalněných plynů, čpavku atd.).
5. Překročení dovolených mechanických zatížení materiálů.

Provozní bezpečnost tlakových zařízení ovlivňují rovněž časově závislá poškození, jako např. účinky koroze (vnitřní, vnější, různé mechanismy koroze), eroze, kavitace, únava nebo křehnutí, tažnost materiálu, střídavé zatížení (tlakové nebo teplotní

změny), vnější síly vyvolané prouděním tekutin, vlivem různé teplotní roztažnosti, větrem, seismicitou aj.

Předmětná zařízení mají i pro jednoduché výroby desítky až tisíce rozebíratelných šroubových spojů (přírubových), jejichž utěsnění závisí nejen na tlaku, ale i na širokém rozpětí teplot. Při jejich selhání může docházet ke značným škodám, příp. až k haváriím, které svým rozsahem mohou vést k pohromám pro okolí. Jelikož kvalita těsnění není určena jen jeho cenou, ale i konstrukčními a materiálovými vlastnostmi všech částí spoje, příp. znalostmi o probíhajících fyzikálně chemických pochodech a sledování selhání těsnicích spojů v uvažovaném zařízení, tak je rozhodující i způsob montáže, určené druhem utahovacího nářadí a postupem utahování, ale hlavně „lidským faktorem“ [88].

Protože těsnicí spoje jsou komplexní soustavy, je třeba zohlednit požadavky na jednotlivé jejich součásti a jejich vzájemné působení. A zde při hodnocení důležitou roli hrají náklady nejen na optimální výběr těchto součástí, ale i na provedená opatření podle závažnosti následků. V poslední době se nashromáždily zkušenosti a znalosti, které postupem zaručujícím dodržení předepsaných požadavků, vhodnými systémy a součástmi utěsnění, ale i kvalifikovanou montáží lze dosáhnout výrazně vyšší provozní a výrobní bezpečnosti při současném zlepšení ochrany životního prostředí, příp. poklesů nákladů [88].

Zdroje rizik pro tlaková zařízení při provozu jsou kromě výše obecně zmíněných a spadajících po pojem All-Hazard-Approach také nedodržení limitů, které platí pro podmínky, při kterých předmětná tlaková zařízení pracují. Dle práce [90] jde o:

1. Překročení dovolených pracovních tlaků v důsledku:

- vzrůstu tlaku vyšším potenciálem tlaku v připojených zařízeních, např. v okruhu sítě, v předlohách, příp. v zásobních nádržích,
- selhání chlazení nebo kontroly teploty,
- přeplnění při překročení dovoleného plnicího tlaku, např. čerpadlem,
- překročení dovoleného plnicího tlaku, např. kompresorem,
- zábrany teplotní roztažnosti kapalin nebo plynů v kapalně fázi v uzavřených částech zařízení, příp. u různých pevných materiálů,
- uzavřeného nebo ucpaného odvětrávacího potrubí,
- dopravy tekutin proti uzavřené armatuře,
- výpadku kondenzace par,
- výpadku, příp. selhání řídicích nebo regulačních zařízení,
- působení tepla vyvolané vnějším požárem,
- exotermní reakcí nebo rozpadovou reakcí,
- fyzikální explozí, která může vzniknout při styku studených kapalin s teplou taveninou nebo kapalinou, jejíž teplota leží nad teplotou varu studené kapaliny (např. kovové lázně, organické teplotnosné oleje),
- tlakového rázu, např. rázy kapalin s kavitací.

2. Nedosažení dovoleného tlaku v důsledku:

- ochlazování kapalin,

- kondenzace par, zanesení filtrů na straně sání,
 - při vyprazdňování tlakového zařízení.
3. Při překročení dovolené provozní teploty:
 - výpadkem chlazení, např. při chybném měření teploty a množstvím nástřiku,
 - exotermní reakcí.
 4. Nedosažení dovolené pracovní teploty v důsledku:
 - přechodu odparek s hluboko ochlazenými zkapalněnými plyny,
 - adiabatickým uvolněním plynů (např. u kyseliny uhličité, zkapalněných plynů, čpavku aj.).
 5. Překročení dovolených mechanických zatížených materiálů v důsledku:
 - vnějších sil a momentů na nosných částech a hrdlech,
 - nedovoleným rozdílem teplot a teplotních gradientů ve stěně nesoucích tlak,
 - nedovolených rychlostních změn teploty, zejména při najíždění nebo odstavení,
 - bránění teplotní roztažnosti při rychlých změnách teplot, např. při najíždění nebo odstavování,
 - kolísání teplot u některých částí zařízení,
 - zpětného rázu při snížení tlaku.
 6. Selhání bezpečnostně důležitého vybavení v důsledku:
 - narušení funkčnosti provozním médii nebo způsobem provozování pro slepení, zanesení nebo korozi bezpečnostních ventilů, pojistných membrán, senzorů a přívodů pro měřicí zařízení, bezpečnostně důležitých armatur,
 - narušení funkčnosti zachycováním kondenzátu na nejnižších místech výfukového potrubí z pojistných ventilů.
 7. Narušení funkčnosti vnějšími vlivy, jako:
 - koroze z vnějška,
 - znečištění nebo nánosy,
 - výpadky dodávky energií,
 - poškození působením násilí,
 - kmitání nebo vibrace ze zdrojů v okolí,
 - namrzání, pokrytí ledem.
 8. Narušení funkčnosti:
 - nesprávnou manipulací, např. přestavením mezních hodnot,
 - nesprávnými údržbářskými zákroky, jako např. záměnou při opravě.

Bezpečnost provozu (provozní bezpečnost) mohou také ovlivňovat časově závislá poškození (stárnutí, opotřebení) [91]. Pro průběh časově závislých poškození hlavními ovlivňujícími parametry jsou provozní parametry, které existují v tlakovém zařízení během provozu. Pro sledování a posouzení stavu poškození může být proto žádoucí sledovat existující provozní parametry a jejich změny během doby provozu.

U cyklicky zatížených součástí zařízení by měly být sledovány změny zatěžování (počet, amplitudy), aby bylo možné vytvořit srovnání mezi projektovanými údaji a skutečně nahromaděnými provozovanými údaji.

Dle [90,92] časově závislá poškození bývají vyvolána:

- vnitřní koroze působenou teplotou a mechanickým zatížením účinné látky (média),
- vnější koroze vyvolanou atmosférickou vlhkostí, kondenzátem, dlouhodobou nebo trvalou vlhkostí izolace při ohřevu nebo chlazení,
- možnými mechanismy koroze:
 - bodovou, lokální korozi u nelegovaných nebo nízko legovaných ocelí,
 - erozi,
 - stykovou (dvou různých materiálů – anodové články), selektivní korozi,
 - korozi ve spáře,
 - inter- / mezi-krytalickou korozi,
 - důlkovou korozi,
 - napěťovou trhlinovou korozi,
 - vysokoteplotní korozi (vedoucí k nauhličení, nitridaci, teplým taveninám),
- erozi, a to:
 - vnitřní při erozivních vlastnostech média / vysokých rychlostech proudění,
 - vnější vyvolanou např. vyšším podílem popelovin v kouřových plynech,
- kavitací vyvolanou např. tvorbou parních bublinek a jejich rozpadem za armaturami nebo ve skříních čerpadel,
- časovým poškozením v oblasti vysokých teplot vznikem pórů, řetězcem pórů nebo drážek u vysokotlakých kotlů nebo potrubí s ostrou parou při častém proměnném zatížení teplotou nebo tlakem,
- únavovým poškozením při kmitání v důsledku časté změny tlakového nebo teplotního zatížení nebo působením vnějšího cyklického zatížení,
- křehnutím kovových materiálů při vyšším obsahu vodíku za vyšších zatížení, vylučováním zkřehlých fází, při hlubokých teplotách,
- stárnutím umělých hmot (i pryží) při UV-záření, při superpozici různých mechanismů poškození vzniklých podle předchozích uvedených bodů.

Další vážnou příčinou narušení jsou úniky médií (netěsnosti) u technicky těsného nebo trvale technického rozebíratelného spoje [90]. Lze je rozdělit do dvou skupin.

1. Netěsnosti na uzávěrech a rozebíratelných spojkách se statickými těsnicími prvky, které vznikají:
 - na poškozených těsněních nebo těsnicích plochách, zejména u pohyblivých rozvodů (hadice a potrubí s klouby), když tím není zaručen bezpečný spoj a tím technická těsnost,
 - při použití nevhodného těsnění vůči médiu nebo vnějším účinkům (např. možným napadením korozi na šroubech vlivem okolí),

- v důsledku stárnutí nebo časově závislých změn těsnění, např. křehnutím, sedáním (plastickou deformací) aj.,
- nedovoleným zatížením těsnění, např. neúnosným materiálem nebo odchylkami vyvolanými určujícím způsobem provozu,
- chybami montáže, např. když nebyly správně použity konstrukční prvky\ uzávěrů (např. chybným utahovacím momentem) nebo použitím nedovoleného napětí, která vedou k deformacím,
- teplotní rázy, např. při plnění beztlakových nádrží zkapalněnými plyny nebo při vstupu studených tekutin do částí zařízení, u nichž nejsou těsnění, příp. části zařízení navrženy pro vzniklé hluboké teploty.

2. Netěsnosti, které vznikají při otevření částí zařízení při:

- a) malém přetlaku na otevíracích součástech,
- b) dodatečných likvidacích ucpání spoje u již otevřených tlakových zařízení
- c) příliš velkém odběru vzorků z odebíraných míst,
- d) nesprávné obsluze armatur, které nejsou napojené na uzavřený systém,
- e) zadržovaném výstupu.

2.1.4.3. Opatření pro bezpečný provoz tlakových zařízení

Návrhy opatření při provozu tlakových zařízení na snížení rizik, spojených s: uvolňováním médií vlivem netěsností; otevřením částí zařízení, která jsou pod tlakem; odvodem látek z bezpečnostních částí (např. pojistné ventily nebo pojistné membrány, odlehčovací klapky, relaxační potrubí); a výbuchem v ohništích tlakových zařízení, jsou dle [92]:

- po činnostech, které by mohly uškodit těsnosti zařízení nebo jeho částí, se provádí zkouška těsnosti před nebo během najíždění a přitom se doporučuje zkontrolovat povolené šroubové spoje, použitá těsnění, přičemž sledovaná zařízení musí být bez tlaku,
- aby se zabránilo tepelným šokům při plnění beztlakových částí zařízení zkapalněnými plyny, je třeba provést před plněním tlakový ostřík plynou fází,
- aby se zabránilo vodním rázům a tepelným šokům při najíždění parních kotlů nebo parního potrubí, je třeba ventily a otevírací zařízení pomalu otevírat; připojovací potrubí odvodnit a odvzdušnit,
- v částech zařízení s možnými nepatrnými zbytkovými tlaky před jejich otevřením je třeba vytvořit taková organizační opatření, aby byl vytvořen stav bez tlaku,
- k zabránění výbuchu ve vytápěných tlakových zařízeních je třeba ohniště a cesty kouře dostatečně provzdušnit; dodávané palivo má být bezpečně zapáleno a dodávané do ohniště, je-li zapáleno zapalovacím zařízením nebo dostatečným ohněm a dostatečnou zapalovací teplotou při každém provozním stavu; armatury pro dodávky paliva pro proces zapálení mají být časově odblokovány, tj. pro překlenutí hlídače plamene při zapalování.

Při provozu k dodržení dovolených provozních parametrů lze vedle již jmenovaných opatření uvedených výše použít ještě následná opatření:

- pokud by nemohly být dodrženy dovolené provozní parametry výlučně technickými opatřeními, mají být v provozním manuálu uvedena organizační opatření, např. když není možné zabezpečení přetlaku pomocí pojistného ventilu podle vlastnosti média (vyvolaném změnou jeho skupenství), vytvoří se ochrana užitím výstražného zařízení a manuálního zákroku [91],
- čištěním nebo odstraněním zbytků produktů nebo vedlejších produktů lze zabránit úpravou sedimentů nebo usazenin, pokud lze tím zabránit nebezpečí vzniku poškození [93],
- existuje-li nebezpečí výbuchu při styku studené kapaliny s teplou taveninou nebo chemickou reakcí při styku dvou médií při sledování těsnosti zařízení a jeho částí, je třeba použít trvalé sledování teplot nebo těsnosti zvláštním postupem [93],
- při použití pneumatické dopravy prachových nebo zrnitých látek je třeba dbát toho, aby nevznikla teplota, která by vedla ke vznícení směsi; toho lze dosáhnout, když teplota vzduchu před stykem s dopravovaným materiálem nepřekročí teplotu stanovenou provozovatelem a nepřekročí teplotu závislou na dopravované látce; při dopravě kapaliny, zrnitého nebo prachového materiálu v cisternách je třeba zajistit bezpečnostním zařízením [93],
- nedovoleným tlakovým rázům v potrubí nebo za armaturou kavitací lze zabránit dostatečnou dobou při otevírání a uzavírání armatur nebo dodržení průběhu zapojování nebo uzavírání čerpadel [93],
- neběžné nebezpečné stavy vznikají např. vnějšími přírodními vlivy (vítr, bouřky, sníh, zemětřesení, mimořádné teploty aj.), ale i porušením izolace, mechanickým poškozením atd. [93],
- použitá média pro promývání a zkoušky se volí tak, aby žádná z nich nezpůsobila časová poškození, jako např. korozi pod napětím u austenitických ocelí, které jsou promývané kapalinou obsahující chloridy [93],
- zahřívací procesy jsou hlídány tak, aby se zamezilo dodatečnému zatížení stěny nesoucí tlak přes určené hodnoty [93],
- součásti zařízení, které podléhají poklesu tažnosti po dobu provozu, jsou zatíženy teprve při najetí tlakem, nalézají-li se teplota materiálu v oblasti vrubové houževnatosti [93].

Všechna potřebná stanovená opatření pro provoz, údržbu a ošetřování pro záruku těsnosti jsou podle [94]:

- vadné části šroubového spoje tlakových zařízení, např. opotřebené, popraskané nebo ohnuté šrouby, vylomené nebo jinak poškozené matice, ohnuté spony nebo třmeny, poškozená těsnění se nesmí použít znovu,
- tlaková zařízení a pevná výstroj podléhají sledování těsnosti uživatelem, a to platí pro části, které mají být provedeny svou konstrukcí jako „trvale technické těsné“,
- části zařízení, které mají zaručovat „technickou těsnost“, sleduje údržba a rozsah a četnost kontrol je stanovena v provozních návodech nebo v plánech údržby,
- druh a způsob kontroly těsnosti tlakových zařízení jsou závislé na jejich konstrukčním uspořádání nebo těsněném médiu,
- kontrola těsnosti má být zajištěna v závislostech na vlastnostech nebezpečnosti, skupenství, úrovni tlaku a teploty těmito opatřeními:

- kontrolou oblastí, v nichž jsou tlaková zařízení vystavena na pění, tvorbě ledu, zápachu aj. v důsledku netěsností,
 - kontrolou mobilními přístroji udávajícími nebo hledajícími netěsnost (přenosná a mobilní výstražná zařízení na plyn) u plynů bez zápachu nebo plyny zařazené jako jedovaté,
 - sledováním nebo kontrolou těsnosti např. pěníotvornými prostředky,
 - kontrolou nebo periodickou kontrolou atmosféry obklopující tlakové zařízení samočinně pracující s pevně nainstalované s varovnou funkcí
- těžištěm pro sledování netěsností jsou rozebíratelné spoje, které nejsou „trvale technicky těsné“, např.
 - dynamicky namáhaná těsnění, jako stlačované ucpávky bez samočinně nastavitelných provazců, průchodky pro hřídele,
 - tepelně zatížená těsnění s velmi proměnnými teplotami,
 - při inspekčních a údržbářských pracích se mají zohlednit speciální potřeby s ohledem na požadavky na těsnost, znaky nebezpečnosti, skupenství a na úroveň tlaku a teploty,
 - u tlakových zařízení pod tlakem jsou dotahovány šrouby a šroubové uzávěry jen pro to určenými osobami v souladu se zvláštní opatřeními a tlak musí klesnout,
 - šrouby uzávěrů se neřeší, pokud se to může stát pouze v ojedinělém případě po zvláštním pokynu bez ohrožení,
 - aby se vyloučil tepelný šok v částech zařízení za odpařovačem pro hluboce zkapalněné a hluboce studené plyny v důsledku zaplavení, lze vyloučit ohrožení netěsnostmi na částech zařízení pomocí odpojení nebo uzavřením dopravních čerpadel nebo uzavřením armatur na výstupu z odpařovače nebo snížením příkonu,
 - aby se zamezilo nekontrolovanému uvolnění média, jsou rychlouzávěry podle předpisů výrobce otevřené;

Pro zamezení ohrožení výbuchem ve vytápěných tlakových zařízení [92]:

- zkouší se uzavírací zařízení pro přívod paliva na jeho průchodnost a vnitřní těsnost na olejových topeništích,
- uzavírací armatury paliva v provozu kontroly plamene se udržují v otevřené poloze,
- palivo a spalovací vzduch se reguluje a řídí ve vzájemné závislosti,
- při nedosažení bezpečně potřebného poměru vzduch / palivo se topeniště odpojí,
- při pod stechiometrickém provozování ohniště se má zabránit **nekontrolovatelnému přívodu vzduchu**,
- může být potřebné provádět během provozu změny na přívodu vzduchu, tryskách a regulaci paliva a vzduchu (např. v důsledku změny provozních podmínek anebo změny kvality paliva); taková opatření jsou prováděna odborným personálem v souladu s tím,
 - že maximální topný výkon hořáku nebude překročen,
 - že zůstane zachována stabilita plamene,

- že parametry spalování zůstanou v dovolených mezích;
- že budou provedeny práce během provozu jen na částech zařízení parního kotle, které jsou spojeny s tlakem ve spalovací komoře, když se zabrání ohrožení vhodným opatřením (např. uzavíracím zařízením nebo osobní ochrannou výstrojí).

Nastane-li během provozu tlakového zařízení bezprostřední stav ohrožení, např. díky nepředvídanému průběhu reakce, nebo nebezpečnému působení zvnějšku, je třeba provést potřebná protiopatření [93].

Jestliže vznikly na parních kotlích, potrubích, armaturách nebo jiných provozních zařízeních ohrožující netěsnosti, které nemohou být hned odstraněny, nebo vznikly jiné oblasti nebezpečí vyvolané poruchami, pak je třeba nařídit, aby osoby opustily neodkladně nebezpečnou oblast. Oblast nebezpečí je třeba vymežit, vyznačit a monitorovat.

Nebezpečné oblasti smějí být přístupny jen tehdy, když jsou povoleny pro to oprávněnou osobou a práce v nebezpečné oblasti jsou provedeny s nutným bezpečnostním opatřením.

Potřebný souhrn opatření u předvídatelných provozních poruch je třeba stanovit v předstihu, cca 1h.

Provozní parametry existující během provozu tlakového zařízení jsou hlavními ovlivňujícími veličinami pro průběh časově závislých poškození. Pro sledování a stanovení stavu poškození je proto potřebné sledovat pro dobu provozu.

U cyklicky zatížených součástí zařízení je třeba sledovat změny zatěžování (počet, amplitudy), aby bylo možné vytvořit srovnání mezi projekčními a nahromaděnými provozními údaji.

Dále se sleduje dodržování specifikací pro suroviny, nasazené mezi vstupní a výstupní produkty. Nebo provozní látky, topná a chladicí média, aby se zaručilo, že se dodržují rámcové podmínky pro korozi. K tomu obvykle slouží výsledky z analýz z odebraných vzorků nebo online analytika [91].

Při změně provozních parametrů, např. při změně zařízení nebo při optimalizaci procesu je třeba přezkoušet, zda se tím neovlivní časově závislé mechanismy poškození nebo se přidají nové mechanismy, jako např.:

- při změnách surovin, vsázek, pomocných látek nebo teplot nenastane změna korozních podmínek,
- zvýšením změn zatížení cykly nebo amplitudami nenastane změna podmínek pro únavu,
- v důsledku tlaku nebo teploty nenastanou změny časového chování,
- zvýšením provozních teplot, náhradou armatur za ty s vyšší tlakovou ztrátou, poklesem tlakové úrovně nebo změnou provozního média se zvýšenou tenzí par v důsledku vzniku kavitace,
- zvýšenou rychlostí proudění vznik eroze [91].

Účinek prostředků pro zamezení poškození [91] se zajišťuje pravidelnými prostředky údržbářských prací, např.

- kontrolou vyzdívek pro ochranu tlakové nosné stěny proti chemickému nebo teplotnímu vlivu, podobně se pravidelně přezkušují vnitřní a vnější povlaky,

poškozená místa se opraví při stavu prostoje zařízení pro provedení nutných protipatření mohou být použita i napojení monitorovacích systémů,

- usazeniny se odstraňují pravidelnými prostředky čištění,
- katodická nebo anodická místa pro korozní ochranu se pravidelně zkouší a upravují se podle specifikace.

K zajištění bezpečnosti pro zaměstnance a třetí osoby je účelné sledovat pokrok v příčinách poškození a možnostech jejich odstraňování, aby lhůty kontrol byly pro to přizpůsobeny a aby prostředky pro opravy byly připraveny i pro případné výměny poškozených částí [91].

Vyskytnou-li se během provozu tlakového zařízení poškození nosných stěn vlivem nespécifikovaných médií, nepředvídaných průběhů reakce nebo nečekaných nestacionárních stavů provozu, pak je třeba provést protiopatření obsahující:

- vysvětlení, v jakém rozsahu se projeví poruchy nosné stěny,
- příp. provést opravu poškozených částí zařízení,
- nebo provést korekturu zkušebních intervalů na základě očekávaných postupů při zvětšování poškození [91].

Nelze-li bezprostředně odstranit ohrožení provozní poruchou na tlakovém zařízení, musí být tlak co nejrychleji a bezpečně uvolněn a pak zařízení vyprázdněno. Všechny důvody zvýšeného tlaku se zastaví, např. odpojením topení, ukončení reakcí zvyšujících tlak [92].

Při uvolňování látky vyvolané poruchou netěsnostmi je třeba zasáhnout opatřeními závislými na potenciálu ohrožení, aby se zamezilo následkům příp. jejich rozšíření. Opatřeními pro omezení rozšíření velmi jedovatých nebo jedovatých tlakových plynů při jejich výronu mohou sloužit:

- vodní mlha k potlačení plynového oblaku tlakových plynů rozpustného ve vodě, např. čpavek nebo etylénoxid,
- vodní mlha k potlačení plynového oblaku tlakových plynů nerozpustného nebo málo rozpustného ve vodě,
- k omezení plošného rozšíření profukováním vystupujícího tlakového plynu vodní parou (parní uzávěr).

Prostředky pro zmíněné úpravy jako rozprašovací trubka nebo rozstříkovací stěna mohou být vestavěny jako mobilní nebo stacionární.

Části zařízení, které byly odpojeny v důsledku významné poruchy, jsou po jejich odstranění zapojeny jen na příkaz provozně odpovědné osoby a teprve pak znovu zapojeny, když příčina pro odpojení byla odstraněna a příslušné části zařízení před znovu zapojením v místě byly přezkoušeny.

Změny druhu stavby části zařízení nebo změny způsobu provozu mohou vést k novým nebo změněným ohrožením s ohledem na uvolňování médií (na netěsnosti). Opatření mohou být cíleně provedena tak, aby zabránila dalšímu ohrožení netěsnostmi [92]:

- při použití těsnících prvků s jinou vlastností je třeba dbát toho, aby pro účel použití byly vhodné jak z mechanického, tak teplotního hlediska a nepůsobil na ně vliv provozního média,

- při případné kontrole těsnosti se zkouší, zda se neměnily požadavky na kvalitu utěsnění,
- přezkoušení, zda jsou zapotřebí ještě další konstrukční změny,
- při změně způsobu provozu se vyzkouší, zda odvod z pojistného zařízení při překročení tlaku je ještě bezpečný,
- při změnách na uzávěrech, které by mohly být za tlaku otevřené, se přezkouší, zda touto změnou mohou vzniknout další ohrožení. U rychlouzávěrů se zkontroluje, zda otevření může být provedeno, až když je vytvoření tlakového vyrovnání s atmosférou.

Pojistné ventily se používají u tlakových zařízení k ochraně při překročení maximálních dovolených tlaků v zařízení. Analýza havárií ukazuje, že pojistné ventily svou nefunkčností byly původcem poruchy, havárie, anebo dokonce závažné havárie vyhrazených tlakových zařízení.

Dle práce [94] při selhání určitých technologických funkcí tlakového systému nebo lépe řečeno sestavy tlakových zařízení dochází obvykle ke zvyšování vnitřního tlaku až na úroveň otevíracího přetlaku pojistných ventilů. Pojistné ventily začnou odpouštět a v daném okamžiku hraje roli design ventilů, správně stanovený odpouštěný výkon media a tím dimenze ventilů, umístění ventilů, dodržení zásad pro dimenzování vstupních a výstupních potrubí, zachycení sil a reakcí působících při otevření ventilů a jak jsou odstupňovány otevírací přetlaky pojistných ventilů v kaskádě.

Při činnosti pojistných ventilů, u nichž nebyly respektovány výše uvedené zásady, dochází k vibracím, kmitání či klepání (chattering) pojistných ventilů resp. jejich pohyblivých částí. Probíhá rychlé otevírání a uzavírání pojistných ventilů. Výsledné vibrace se přenášejí na připojené konstrukce a mohou způsobit poškození a roztěsnění přírubových spojů hlavně ve spodní přírubě pojistného ventilu. Pokud pojistný ventil pracuje takto po delší dobu (řádově i minuty), může dojít až k totálnímu zničení vnitřních částí ventilu a připojovacího potrubí. Únik nebezpečného media z netěsných přírub pojistného ventilu potom vyústí v reálnou havárii se všemi nežádoucími dopady, např. výbuch vzniklé směsi pracovní látky se vzduchem.

Dle práce [94] příčiny kmitání pohyblivých částí u pojistných ventilů jsou:

- výtok pojistného ventilu je mnohem vyšší než požadovaný (upravují ČSN 134309 a ČSN EN ISO 4126),
- ztráta tlaku v přívodním potrubí je vyšší než 3 % otevíracího tlaku,
- ztráta tlaku ve výstupním potrubí je vyšší než povoluje výrobce,
- pružina byla použita pro nižší otevírací přetlak pojistného ventilu, než připouští výrobce,
- příčiny kmitání pohyblivých částí pojistného ventilu mohou být i v kombinaci příčin výše uvedených,
- všechny pojistné ventily instalované na tlakovém zařízení v jednom místě byly nastaveny na stejný otevírací přetlak. Paralelní uspořádání pojistných ventilů a nastavení otevíracích přetlaků nebylo kaskádovitě provedeno,
- protitlak na výstupním potrubí byl větší než 10%, jak požadoval výrobce, a nebyl použit kovový vlnovec kompenzující protitlak.

Technické vysvětlení, příklady a návrhy na vylepšení jsou v práci [94]. Práce též ukazuje, že také dlouhá vstupní potrubí sebou přinášejí nepředvídatelné úkazy, při kterých se průtok látky stane nestabilním nebo dojde k pulzaci. Pulzace způsobí vibrace. Zdrojem vibrací jsou i čerpadla, vítr apod. Za jistých podmínek vibrace ovlivňují činnost pojistných ventilů určených k regulaci tlaku nebo k redukci tlaku.

Dle práce [94] ani kvalitně vyrobený pojistný ventil, z hlediska výkonu nadimenzovaný, respektující vlastnosti pracovní látky nemusí plnit svou bezpečnostní funkci a může být doslova zdrojem vážných havárií. Záleží na řadě doprovodných požadavků, jako je volba nastavení otevíracích přetlaků u několika pojistných ventilů v kaskádě, respektování přiměřeného zaručeného výtoky pojistného ventilu bez vysokého navýšení oproti požadované kapacitě, a především dodržování některých normových hodnot a podmínek výrobců. Máme na mysli tlakové ztráty v potrubích jak přívodních, tak i výfukových, stanovení a zajištění reaktivních sil a sil od potrubí na tělesa pojistných ventilů. Velkou roli hrají i podmínky výrobců, pokud se týká použití např. teplota pracovní látky v kapalně nebo plynné fázi nebo použití pro obě fáze, protitlak a tlaková ztráta ve výfukovém potrubí apod. Praxe potvrzuje, že se nelze vždy spoléhat na schopnosti projektanta, který řeší nové výroby a navrhuje detailní provedení instalace pojistných armatur se všemi aspekty, jak uvedeno výše.

2.2. Souhrn poznatků o haváriích a selháních technických děl a přispívajících faktorech

Příčiny havárií a selhání technických děl jsou rozmanité [7]. Práce [4-7,95] na základě podrobného výzkumu havárií a selhání technických děl ukazují, že máme řadu nástrojů pro identifikaci a analýzu pohrom a havárií, a přesto se havárie a selhání stále vyskytují. Havárie a selhání technických děl jsou způsobené realizací rizik. Zdroje rizik pro technická díla jsou popsány v pracích [1,3,7,11], a proto dále shrneme stručně jen další výsledky jejich výzkumu. Soustředíme se na faktory v samotných technických dílech, které jsou v řadě případů klíčovými příčinami havárií a selhání technických děl.

2.2.1. Vybrané poznatky o příčinách havárií a selhání technických děl

Příklady havárií a selhání jsou uvedeny v pracích [4,6,12]. **Havárie** je nežádoucí událost, která má jednu nebo několik kořenových příčin, které se seřadí do logického řetězce, který nakonec způsobí nepřijatelné dopady na aktiva. Dle práce [96] v roce 1998 bylo ve 175 zemích světa:

- 264 miliónů havárií bez vážných následků,
- a 350 000 nehod s vážnými následky.

Proto je třeba havárie analyzovat a provádět opatření na snížení jejich důsledků, anebo alespoň četnosti jejich výskytu. Analýza havárií je proces, ve kterém odhalíme původce havárie (tj. celý logický proces vedoucí k havárii) a stanovíme poučení, jak se v budoucnosti podobné havárii vyhnout [4].

Na základě studia odborné literatury [15-25]:

- výzkum havárií začal ve 30. letech minulého století [97],

- sekvenční modely (představující řetěz diskrétních jevů spojených s havárií) jsou používány asi od r. 1940; základ je popsán v práci [98],
- po sekvenčních modelech následovaly modely, ve kterých byly příčinami havárií kombinace několika faktorů – Swiss Cheese popsaný v práci [7],
- systémové pochopení havárií nastalo až koncem 80. let minulého století [99].

Analýzy velkých havárií (Seveso; Bhópál; Černobyl; Herald of Free Enterprise; Longford; Texas City refinery; Deepwater Horizon; Fuku-shima; Mexico City; Toulouse; Enschede; Buncefield; Lvov; Mexický záliv atd.) [4,15-25,81] odhalily vážné nedostatky v řízení bezpečnosti, kterými u velkých havárií byly:

- časté organizační změny,
- velká fluktuace top řídicích pracovníků,
- nefunkční vertikální komunikace,
- nízká kultura bezpečnosti (výroba byla upřednostněná před bezpečností),
- rozdíly mezi napsanými požadavky a požadavky realizovanými v praxi,
- neuvědomění důsledků chybného jednání,
- nedostatek výcviku při zvládnání předvídatelných pohrom a už vůbec ne nepředvídatelných, ale možných,
- nedostatečná poučení z havárií,
- neprovádění analýz rizik,
- neprovádění auditů rizik.

V rámci výzkumu, ústav Paul Scherrer Institute v Zurichu od r. 1990 systematicky hodnotí rizika spojená s haváriemi. Byla vytvořena databáze havárií pro energetický sektor ENSAD (Energy-related Severe Accident Database) [100]. Z ní vyplývají dále uvedené počty havárií:

- r. 1998 - 9 838,
- r. 2001 - 1 069,
- r. 2003 - 7 493,
- r. 2005 - 224,
- r. 2008 - 2 626,
- r. 2010 - 2 602,
- r. 2012 - 678,
- r. 2013 - 7 875.

Vidíme, že roční počet havárií je značně proměnný. Z analýzy databáze také vyplývá, že havárie se vyskytují ve všech sektorech, které se podílejí na energetice. Databáze obsahuje přes 33 tisíc jevů (více než 7000 je z oblasti ropného průmyslu). Na jejím základě byla definována extrémní havárie [101], a to jako jev, který má rysy:

1. Alespoň 5 obětí na lidských životech.
2. Alespoň 10 zraněných osob.
3. Alespoň 200 evakuovaných osob.

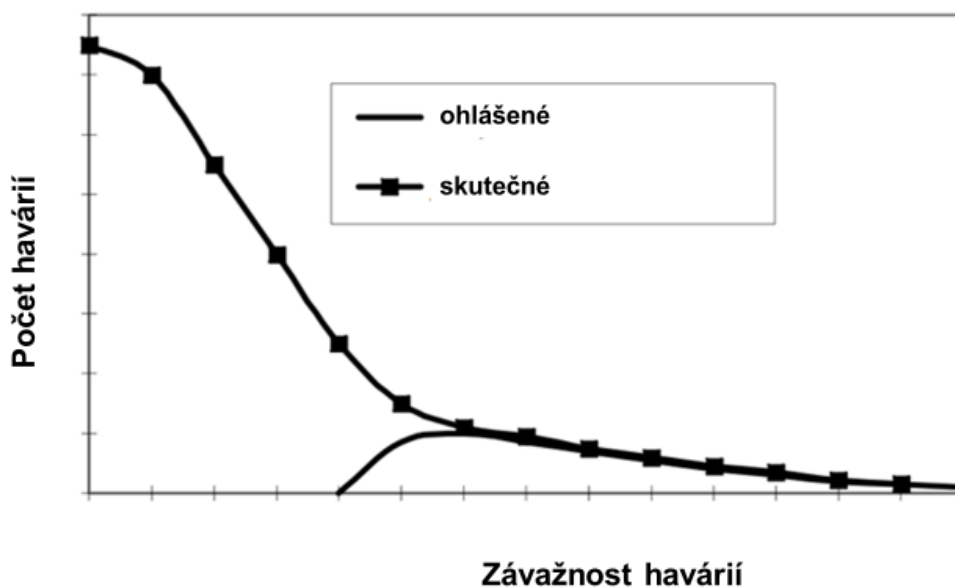
4. Zákaz konzumace potravy.
5. Únik alespoň 10 000 tun oxidu uhličitého.
6. Alespoň 25 km² kontaminované povrchové vody.

Analýza databáze, uvedená v práci [102] ukazuje, že v roce 2014 byly v databázi údaje o 32 705 haváriích, přičemž jen 3 367 z nich mělo alespoň 5 obětí; v letech 1970 – 2008 mělo pouze 72 havárií příčinu živelní pohromy, tj. příčiny ostatních byly v technické nebo organizační oblasti. Proto je nutné řízení rizik technických děl zacílené na bezpečnost.

Dle práce [103] je relace mezi četností a závažností průmyslových havárií zobrazena obrázkem 11. Analýza databáze ENSAD pro oblast energetiky [100] ukazuje, že existence nehod přiznávají provozovatelé až od určité velikosti nehod, obrázek 12.

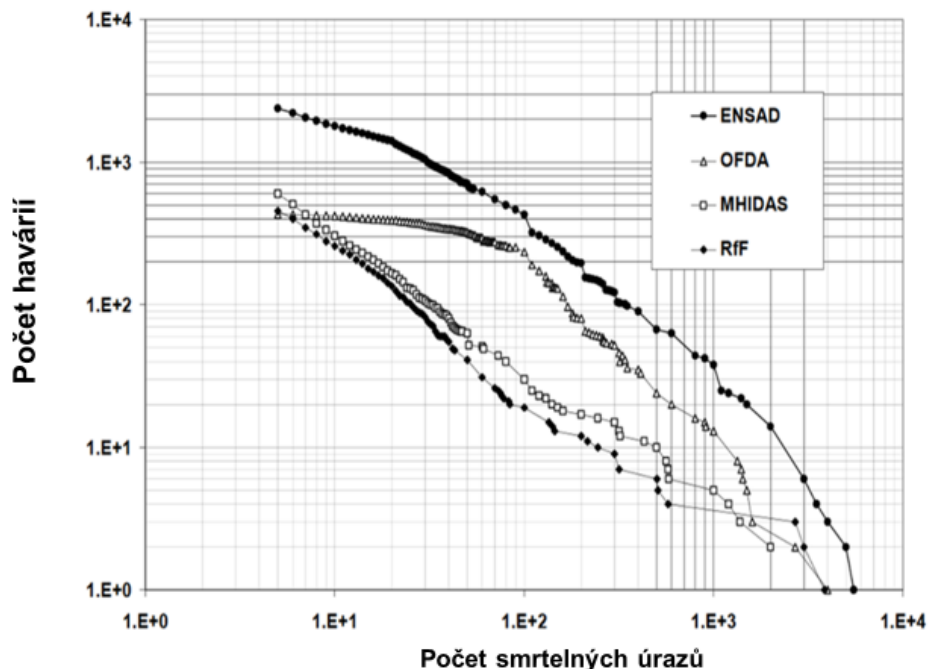


Obr. 11. Četnost vs. závažnost průmyslových havárií; zpracováno dle [103].



Obr. 12. Informovanost o nehodách; zpracováno dle [100].

Problém je, že systematické shromažďování údajů o haváriích a nehodách začalo až v devadesátých letech minulého století [3], a proto dostupné databáze ENSAD, OFDA, MHIDAS a RfF mají různou úroveň homogenity, což dokumentuje obrázek 13 [99].



Obr. 13. Četnost průmyslových havárií podle počtu obětí; zpracováno dle [100].

Tabulka 5 shrnuje přehledně zásadní oblasti, ve kterých leží klíčové příčiny havárií nebo selhání technických děl. Z tabulky 5 je zřejmé, že příčiny havárií a selhání technických děl nejsou jenom technické nebo živelní pohromy, ale spadají do mnoha dalších oblastí, a proto řízení rizik zacílené na bezpečnost musí být velmi propracované a koordinované [3,6].

Tabulka 5. Oblasti zdrojů rizik technických děl.

| Kategorie pohrom | Příklady vnitřních zdrojů rizik technických děl |
|--------------------|--|
| Technické | Specifické u zařízení – turbíny: mechanické, vibrace, stárnutí, zatížení atd. |
| Procesní | Vztahují se k výrobnímu procesu – úniky, výbušný nebo hořlavý materiál, prach, emise atd. |
| Pracovní činnost | Nebezpečné činnosti – práce ve výškách, řízení vozidel či bagrů, práce pod vodou, práce v osamocení atd. |
| Pracovní prostředí | Úprava podlahy – uklouznutí, zakopnutí a upadnutí; drsný povrch, horký / mrazivý povrch, stísněný prostor atd. |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Vnější | Živelní pohromy, vnější havárie, pád letadla, teroristický útok. |
| Chování zaměstnanců | Nedodržování předpisů. |
| Organizační | Špatná organizace práce, velká pracovní zátěž, neadekvátní výcvik, špatné řízení změn. |
| Kontaminace v pracovním prostředí | Hluk, nebezpečné emise, kaluže, louže apod. |
| Finance | Výplaty, platby kontraktů, daně, dostupnost materiálu, řízení zásob apod. |
| Řízení projektů | Dostupnost lidských zdrojů, realizace projektu, řízení životnosti, řízení kontraktorů apod. |

Selhání a havárie technických zařízení s přítomností nebezpečných látek jsou obvykle doprovázeny jedním nebo všemi dále uvedenými jevy:

- požár,
- výbuch,
- únik nebezpečné látky do okolí.

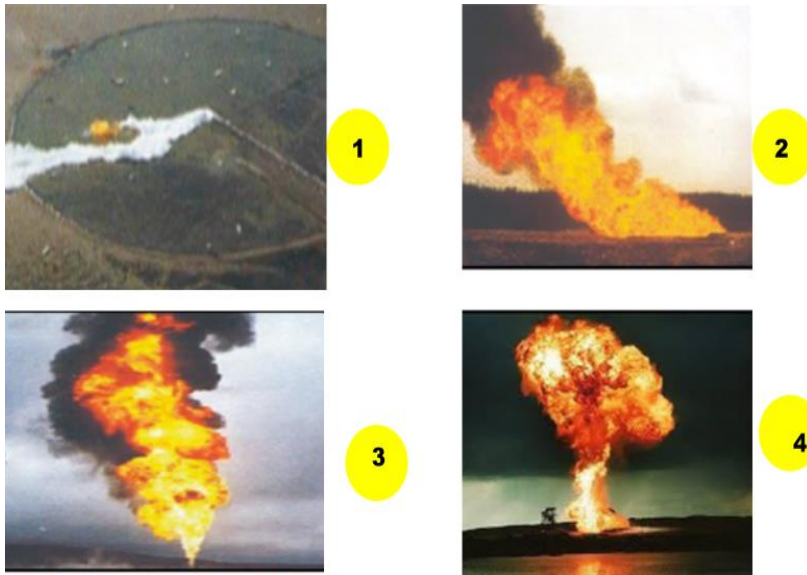
Požár je každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy.

Výbuch je fyzikální jev, při kterém dochází k náhlému, velmi prudkému uvolnění energie a k prudkému lokálnímu zvýšení teploty a tlaku; pro osoby, zvířata, materiální hodnoty a životní prostředí jsou nebezpečné vlny tlaková a zvuková a rozlet úlomků.

Rozptyl nebezpečných látek do okolí způsobuje kontaminaci ovzduší, což je nebezpečné pro živé bytosti a za jistých podmínek při reakcích s okolím vyvolává požáry a výbuchy.

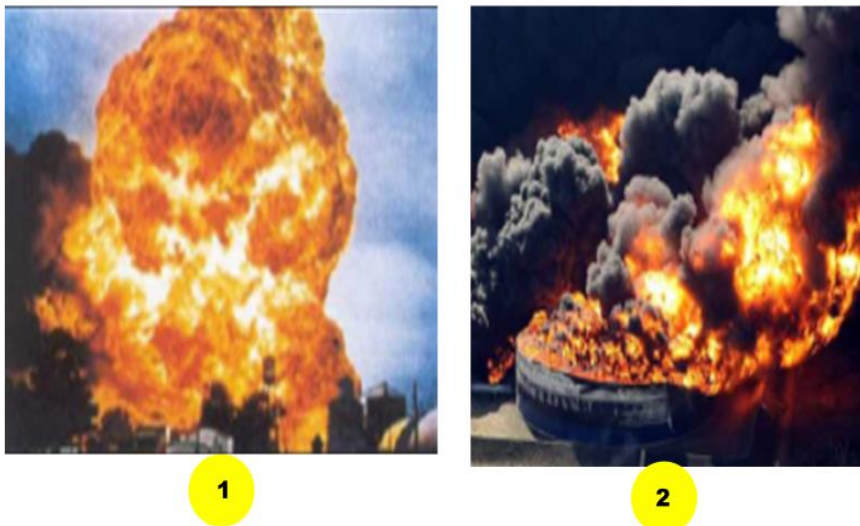
Pro technická díla jsou velmi nebezpečné specifické druhy požárů a výbuchů [81]. Jde především o:

1. Bleskový požár (Flash Fire), při kterém jde o prohoření oblaku tvořeného hořlavými parami či plynem ve směsi se vzduchem – obrázek 14 - 1.
2. Požár kaluže (Pool Fire), při kterém jde o požár par, které se vypařují z hladiny kapaliny – obrázek 14 - 2.
3. Tryskavý požár (Jet Fire), při kterém jde o požár unikajícího plynu nebo dvoufázové směsi kapalina a plyn z otvoru – obrázek 14 - 3.
4. Ohnivá koule (Fireball), kdy jde o hořící mrak, který stoupá, expanduje a nabývá kulového tvaru – obrázek 14 - 4.



Obr. 14. Specifické druhy požáru; zpracováno dle dat [89].

5. Exploze expandujících par vroucí kapaliny, při které vzniká tlaková vlna a rozlet úlomků (Boiling liquid expanding vapour explosion - BLEVE) – obrázek 15 - 1.
6. Exploze oblaku par, který je tvořený hořlavými parami, planem a aerosolem a ve směsi se vzduchem v něm vzniká přetlak (Vapour cloud explosion – VCE) – obrázek 15 - 2.



Obr. 15. Specifické druhy požáru s explozí; zpracováno dle dat [89].

Proto v místech technických děl, ve kterých specifické druhy požárů a výbuchů mohou vzniknout, je třeba provádět specifická opatření v konstrukci i při provozu.

2.2.2. Faktory přispívající k selhání či havárii technického díla

Podle zjištění v pracích [4-7,95] k výskytu havárií a selhání technických děl přispívají:

- neadekvátní standardy a postupy,
- nedostatek zdrojů,
- chybné audity a revize,
- práce pod tlakem (tj. příliš vysoké nároky),
- velké pracovní zatížení (tj. špatný pracovní režim),
- resty,
- nedostatek kompetence,
- nepřiměřený projekt,
- neadekvátní monitoring a opravy,
- příliš velká orientace na výkon,
- nejasné role a odpovědnosti,
- neadekvátní řízení,
- a nedostatečný dohled,

Citované práce ukazují tři hlavní příčiny havárií a selhání technických děl. První příčinou jsou lidské chyby, které mají původ ve špatné komunikaci a spolupráci. Druhou příčinou je nereagování nebo nedostatečná reakce obsluhy a řídicích pracovníků na situace, které mají potenciál způsobit havárii nebo selhání zařízení. Třetí příčinou je, že řídicí pracovníci i obsluha přijímají vysoké riziko, aniž by měli dostatečné povědomí o jeho dopadech. O závažných faktorech dále pojednáme podrobněji.

Na základě disponibilních dat, shrnutých v pracích [4,6,13], havárie ve složitých technických dílech se nejčastěji vyskytují při komplexních interakcích díla na latentní podmínky. Recentní šetření velkých havárií ukázalo, že přitom velkou roli hraje lidský faktor nebo lépe reakce člověka na situaci. Latentní podmínky (např. nezhodnocení důležitého faktoru nebo pohromy) mohou mít dlouhou inkubační dobu, která vyplývá z faktu, že velká množství zdrojů selhání mohou být založena v systémech a projeví se, až se objeví spouštěč (trigger) ve formě lidské chyby.

Proto je třeba zkoumat souvislosti mezi nedostatky v projektu a chybnými reakcemi člověka jako způsob, který vede ke snížení počtu havárií. Podle prací uvedených v knize [24] lidské chyby přispívají až k 88% havárií.

Dalším problémem je slepá důvěra odborníků v nástroje, kterými se hodnotí bezpečnost technických děl. Podle údajů shrnutých [4,6,13], havárie v jaderné elektrárně Fuku-shima zpochybnila jeden ze dvou pilířů analýz a hodnocení bezpečnosti, a to PSA. Četnost výskytu roztavení aktivní zóny a s tím spojený velký únik radioaktivity normovaná na 1 rok jsou pro většinu jaderných zařízení mezi 10^{-5} a 10^{-6} . Podle údajů INSAG z roku 1999 je však v realitě předmětná četnost cca 3x vyšší a u úniku radioaktivity je vyšší až 12x. To znamená, že ani DSA (Deterministic safety analysis), ani PSA (Probabilistic Safety Analysis) nemohou garantovat bezpečnost jaderných zařízení. Předmětné zjištění platí i pro další technická díla. Proto

je třeba hledat nové metody a alternativní prostředky, které dovolí lépe zvážit nejistoty a neurčitosti, aby se zajistila bezpečnost, jak je uvedeno v [7].

2.2.2.1. Lidský faktor

Poznatky i zkušeností z praxe o chování člověka v různých situacích, reakce člověka na vnější (i vnitřní) podněty jsou velmi různorodé. Mohou mít podobu nepodmíněných reakcí, jako "automatické", vrozené způsoby reagování na podněty (ucuknutí při nepříjemném podnětu), podmíněných reakcí (např. v podobě návyků), nebo cílevědomého, vůlí řízeného jednání. V psychologické literatuře se s problematikou rozhodování setkáváme nejčastěji v souvislosti s vůlí a volními procesy, myšlením, cílevědomým chováním příp. v souvislosti s bojem motivů (při řešení vnitřních konfliktů). V procesu cílevědomého řízení lidského jednání se uplatňuje rozhodování nejen při volbě mezi různými pohnutkami a cíli, ale i při volbě mezi alternativami jednat - nejednat. Jedinec se rozhoduje také při výběru prostředků a postupů k dosažení cíle, v situaci vyžadující přerušení nebo zastavení činnosti. Schopnost rozhodovat se správně, uvážlivě a včas patří k základním předpokladům praktické činnosti a tvořivého myšlení a je zároveň důležitou složkou lidské osobnosti.

Podle práce [104] rozhodování v běžném životě je většinou krátké a snadné. Může však trvat i velmi dlouho, a to zejména v situacích, kdy všechny alternativy, mezi kterými se rozhodujeme, jsou nežádoucí, a jde jen o to, zvolit nejmenší zlo. Při kolísání mezi alternativami se nezřídka stává, že alternativa, ke které se rozhodující subjekt přiklonil, ztrácí v důsledku volby na své žádoucnosti a dochází k výkyvu na druhou stranu, kde se opakuje totéž. Jindy přiklon ke kterékoli z možných alternativ budí silnou úzkost a člověk raději zůstává ve stavu nerozhodnutí. Předmětný stav je po čase tak mučivý, že se jeho ukončení samo stane silným motivem a vede ke zkratkovitému řešení, k jakémukoli rozhodnutí, jen aby už byl konec. Kdo setrvává ve stavu nerozhodnutí nezdravě dlouho, převrací znovu a znovu všechna pro a proti, ztrácí stále více schopnost normálního rozumného rozhodování, vzniká u něho chronický neurotický konflikt.

Při zajišťování komplexní bezpečnosti s důrazem na ochranu osob a majetku je třeba docílit správného rozhodnutí, anebo alespoň takového rozhodnutí, které nepovede dříve či později ke zkáze, a to i při rozhodování pod tlakem. Rozhodování v daném pojetí se stává sociálním procesem. A právě zde se uplatňuje intelekt člověka a určité inherentní (vrozené, tacitní) znalosti a dovednosti člověka. Do popředí vystupují vlastnosti člověka jako:

- odpovědný přístup k problému a k výsledkům jeho řešení s ohledem na veřejné či jiné zájmy,
- morální vlastnosti jako rozvážnost, smysl pro povinnost a důslednost,
- schopnost: analyzovat problém či situaci, kreativně přistupovat k řešení problému, umět anticipovat další vývoj, využívat analogie apod.,
- a také schopnost uplatnit zkušenosti a sociální dovednosti, umožňující mu regulovat činnost a jednání podřízených.

Právě uvedená fakta formují charakteristiku lidského faktoru správného řídicího pracovníka a měla by být zvážena při práci s lidskými zdroji. Uvedený fakt znamená, že výběr řídicích pracovníků v entitách by měl být prováděn cíleně s ohledem na znalosti, schopnosti, dovednosti a zkušenosti, a ne podle politické příslušnosti, barvy

kabátu nebo jiného podružného rysu. Vzhledem k situaci se nebudeme dále uvedenou problematikou detailněji zabývat. S ohledem na výše uvedená fakta je lidský faktor agregací lidských vlastností, schopností a zkušeností, které v dané situaci ovlivňují bezpečnost, produktivitu, efektivitu a spolehlivost systému, na který působí.

V předložené práci pohlížíme na lidský faktor jako na činitele, který je významný pro bezpečné technické dílo. Lidský intelekt je nezastupitelný při rozhodování, kdy není dostatek dat a jsou zřejmé nejistoty a neurčitosti. Z hlediska zajištění integrální bezpečnosti [1-7] je třeba zvláštní pozornost věnovat rozhodování situací, ve kterých jsou nejistoty a neurčitosti [6,7,46], tj. zpravidla je málo dat a výsledek je nejistý a nezřetelný; to znamená nelze použít ani deterministické a pravděpodobnostní přístupy, ale je třeba aplikovat vhodné heuristiky, ve kterých právě hraje roli lidský intelekt, ve kterém jsou propojeny, znalosti, zkušenosti a intuice, tj. také charakteristika lidské osobnosti označovaná jako lidský faktor. Jde o pozitivní projev lidského faktoru.

Lidský faktor ve spojení s technickými díly se projevuje ve dvou rolích, a to jako realizátor dobrých či špatných úkonů a jako činitel rozhodující o provedení dobrých či špatných úkonů [9]. V případě druhém je původcem organizační havárie, jejíž představu dává model organizační havárie, tzv. Swiss Cheese [7]. Model ukazuje, že za určitých podmínek se projeví propojení nedostatků v řízení bezpečnosti systému a dojde k havárii či selhání. Jinými slovy to znamená, že technické dílo nebylo připraveno na zvládnutí podmínek, které v daném případě nastaly.

Z pohledu inženýrských disciplín pracujících s riziky nebyla v daném případě řádně vypořádána všechna závažná rizika. Bezpečnost organizace je výsledkem toho, jak jednotlivci i organizace rozumí rizikům a jak s nimi nakládají. Obvykle se rozlišuje pět typů organizací podle způsobu práce s riziky:

1. Nakládání s riziky v organizaci je patologické, když v organizaci chybí systém, jak s nimi vyjednávat.
2. Reaktivní nakládání s riziky provádí organizace, které mají systém odezvy na rizika, která se v organizaci již vyskytla.
3. Formální řízení rizik mají organizace, které berou v úvahu i rizika, která se ještě u nich nevyskytla, ale jsou možná.
4. Proaktivní řízení rizik mají organizace, které provádí nejen formální řízení rizik, ale přihlíží i k místním podmínkám.
5. Generativní způsob práce s riziky je proaktivní řízení rizik, které zvažuje možná vzájemná propojení v čase. Vždy je důležité stanovení toho, co je třeba v dané situaci provést a odpovědnost za provedení, tj. plán řízení rizik; a to na úrovni konkrétních pracovníků, liniového managementu a senior managementu.

Důležitá je kultura bezpečnosti, definovaná v odstavci 1.3. V technickém díle ji určuje systém řízení bezpečnosti (odstavec 1.3), který stanovuje v technickém díle:

- řízení kvality (pozn. každé řízení zajišťuje i kontrolu),
- systém řízení technického díla,
- pravidla pro lidský faktor,
- pravidla pro ochranu lidí,
- postupy pro práci s riziky (znát: zdroje rizik; velikosti příslušných ohrožení; zvažovat nejistoty náhodné i znalostní).

Aplikace uvedeného systému řízení bezpečnosti vede k dosažení stupně bezpečnosti 3 [72], který je popsán ve zmíněném odstavci. Další podmínkou bezpečnosti technických děl je provozovat každé technické dílo v podmínkách, pro které bylo navrženo.

O bezpečnosti a spolehlivosti technického díla ve spojení s lidským faktorem rozhoduje odpovědnost a motivace k práci. Modely používané dnes ke zjištění rizik spojených s lidským faktorem jsou stromové modely, a ty neumí posoudit všechna rizika [7].

Proto v systému řízení bezpečnosti je snaha organizovat práci tak, jak nejlépe je možné, vyškolit zaměstnance, rozvíjet jejich kulturu bezpečnosti a tak dále. Po jaderné havárii ve Fuku-shima EDF (provozovatel jaderných zařízení ve Francii) zavedl další opatření do krizového řízení (organizační, materiální, atd.), aby bylo možné rychle a účinně reagovat na nehody v extrémní situaci. Extrémní situace je chápána jako situace, při níž vnější událost má dopad na kritická zařízení jaderného objektu a v jeho okolí poškodí kritické infrastruktury, a tím pracovníci i týmy odezvy mají omezené prostředky komunikace.

2.2.2.2. Nesplnění podmínek nutných pro provoz technického díla

Jak bylo uvedeno výše, technická díla jsou objektová a síťová. Každá z uvedených struktur má jistá specifika při zajištění bezpečného provozu. Je skutečností, že důležitost všech zařízení, komponent a systémů není z hlediska bezpečného provozu technického díla. Proto jsou vyděleny tzv. kritické položky (použití slova kritický je vysvětleno v [5]). Např. kritické systémy z pohledu bezpečnosti (safety systems) jsou systémy, jejichž selhání způsobí ztráty na životech lidí, významné škody na majetku, anebo škody na životním prostředí.

Při navrhování i provozu složitých technických děl existují limity, které je nutno respektovat. Jde o:

- fyzikální limity dané fyzikálními zákony pro možné podmínky provozu,
- ve vybraných případech limity určené legislativou nadnárodních institucí (IAEA, EU, OECD),
- limity určené národní legislativou,
- limity určené v bezpečnostní zprávě technického díla a v technických specifikacích,
- limity určené v provozních předpisech.

Proto se provádí analýzy bezpečnosti:

1. Deterministické – založené na modelování nejméně příznivých podmínek způsobených pohromou a posouzení, zda technické dílo podmínky zvládne.
2. Pravděpodobnostní - založené na modelování několika možných scénářů podmínek způsobených různými pohromami nebo různými scénáři jedné pohromy pomocí stromů událostí a posouzení, zda technické dílo zvládne řadu požadavků, které vyžadují možné scénáře podmínek.
3. Heuristické – založené na zkušenostech expertů, analýze reálných havárií a selhání technických děl a připuštění existence mezních podmínek, a popř. kumulace nežádoucích podmínek.

Velmi důležité je zvažovat důsledky stárnutí materiálů, a tím i zařízení, komponent a systémů [6], protože v důsledku tohoto jevu dochází za normálních podmínek k degradaci zařízení, komponent, struktur i systémů, a tím k ohrožení jak bezpečnosti, tak provozu technického díla. Další jev, který je nutno v souvislosti s bezpečností zvažovat, je zastarání technologií [6].

2.2.3. Problémy technických děl spojené s informačními technologiemi

Jak již bylo v úvodu řečeno, lidé pro svoji existenci a rozvoj potřebují koexistenci základních systémů, které vytváří jejich životní prostor, tj. systém životního prostředí, systém sociální a systém technologický. Na základě současného poznání uvedené systémy mají nestejně cíle, a tudíž čas od času dochází ke konfliktům. Role člověka v daném případě spočívá v tom, že se musí snažit, aby se konfliktům předešlo, a když k nim dojde, tak je řešit ve prospěch svého bezpečí a rozvoje. V současné době je aktuální otázka spojená s kybernetickými technologiemi, které významně ovlivňují život dnešní lidské společnosti.

Systém technického díla v současné době vytváří systém fyzický, systém sociální a systém kybernetický; jelikož systémy jsou propojené, tak se již ustálil pojem socio-kyber-fyzický (technický) systém. Zatímco fyzické technologie jsou již dlouho sledovány, a tudíž i jejich poznání je na určité úrovni, tak poznání kybernetických technologií je teprve na počátku. Dokonce se vyskytují názory, že kybernetické technologie mají potenciál zničit lidstvo. Proto jedním z aktuálních problémů současnosti je zajistit, aby informační technologie byly bezpečné, protože již byla řada incidentů způsobená přes ně [6,14].

Autor práce [105] se zabýval otázkou, jak zajistit, aby kybernetické technologie byly bezpečné, zabezpečené a pracovaly tehdy, když je lidstvo potřebuje. Ukázal, že příčinou 84% selhání kybernetických technologií je člověk.

Používání kybernetických technologií na jedné straně přináší velké výhody jako zrychlení přenosu informací, zvýšení ovladatelnosti fyzických technologií, tj. vedou ke zvýšení kvality života. Na druhé straně zvyšují zranitelnost jejich uživatelů. Hlavním zdrojem rizik je člověk, který nemá dostatečné ICT kompetence a používá nezabezpečená zařízení. Proto je třeba řídit rizika, a z důvodu rozvoje poznání se soustředit na analýzy kybernetických selhání a formulaci pravidel pro řízení rizik kybernetických technologií a procesů, do kterých jsou předmětné technologie umístěny.

Podstatné je zajistit důvěrnost, integritu a dostupnost kybernetických technologií, když jsou potřeba. Při zajišťování uvedených požadavků dochází ke konfliktu mezi bezpečím a soukromím člověka. V zájmu lidské existence a lidského bezpečí je třeba najít rovnováhu. K tomu je nutné pochopit procesy, rozumět předmětné technologii a také rozumět lidem.

Znalosti i zkušenosti z praxe ukazují, že systémy řízení bezpečnosti technických děl (SMS) jsou speciálně zranitelné kybernetickými útoky přes několik faktorů, které omezují paměť, rychlost zpracování dat, heterogenní architekturu sítě a také fyzickou podstatu [6].

Zavádění informačních technologií na jedné straně zlepšuje kvalitu plnění úkolů technických děl, ale na druhé straně přispívá ke složitosti technických děl [6], a proto je nutné oceňovat možnosti selhání technického díla kvůli chybnému software, anebo

kvůli nezávažným propojením na rozhraní technických systémů a informačních systémů. Jde o velmi důležitý faktor. Např. práce [106] na základě analýzy database havárií v průmyslu uvádí že:

- 80% havárií mělo příčiny: hardware / software - 38.4%; malware / škodlivý jev – 30.4%, lidské chyby / špatný projekt - 11.2%,
- 20% havárií mělo příčiny úmyslné útoky: vnější útok - 9.4%; vnitřní (zaměstnanci, konzultanti) – 10.6%.

Proto britský standard pro nebezpečné provozy [107] navrhuje, aby se u technických děl posuzovaly následky těchto selhání dle stupnice uvedené v tabulce 6.

Tabulka 6. Stupnice pro posuzování závažnosti dopadů havárií na technické dílo.

| Následky | Zdravotní hledisko | Řízení selhání | Ekonomické ztráty |
|-----------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Katastrofální | Mnoho postižených lidí | Velmi obtížné | Velmi významné |
| Velké | Málo postižených lidí | Obtížné | Velké |
| Střední | Žádní postižení lidé | Obtížné | Střední |
| Malé | Žádní postižení lidé | Snadné | Malé |

Práce [107] navrhuje stupnici pro posuzování pravděpodobnosti výskytu selhání technických děl takto:

- A – v průmyslu se vyskytlo předmětné selhání mnohokrát.
- B – v průmyslu se vyskytlo předmětné selhání několikrát.
- C – předmětné selhání se vyskytlo u jednoho podniku.
- D – výskyt předmětného selhání je nepravděpodobný nebo neznámý.

Cíle šetření u každého technického díla je rozdělit případy na:

- zdroje ohrožení a selhání jsou snadno určitelné,
- zdroje ohrožení a selhání jsou zjistitelné jen složitými analýzami.

Od moderních systémů řízení technických děl se očekává, že jsou flexibilní a spolehlivé (dependable). Pro zajištění předmětných vlastností je třeba, aby měly přepínací mechanismy, které změni strukturu nebo chování systému. Příslušné rekonfigurace mohou být motivovány funkčními požadavky (změna fáze úkolu), cíli na toleranci chyb (řízení náhradních zdrojů), politikou prediktivní údržby, potřebami výroby apod. Složitost a rozmanitost rekonfiguračních strategií jsou důležité, když se systém opravuje. Dle práce [108] selhání části řídicího systému, která řídí rekonfigurační strategie, může mít velký dopad na selhání celého systému. Dynamické

systemy, které se vyznačují mnoha řetězci událostí vedoucím k selhání systému, musí být podrobeny důkladnému vyšetření

Dle práce [107] dosáhneme kybernetické zabezpečení kritické infrastruktury, když se provedou činnosti:

- identifikace zdrojů rizik – vytvoří se podklad pro řízení rizika spojeného s kybernetickým zabezpečením systému,
- ochrana – vytvoří se a zavedou se vhodná ochranná opatření, která zabezpečí služby kritické infrastruktury,
- detekce – vytvoří se a zavedou se vhodné činnosti pro identifikaci výskytu jevu, který narušuje kybernetické zabezpečení,
- odezva - vytvoří se a zavedou se vhodné činnosti pro správnou a rychlou reakci proti jevu, který narušuje kybernetické zabezpečení,
- obnova - vytvoří se a zavedou se vhodné činnosti do plánu údržby resilience, kterými se obnoví schopnosti a služby, které byly narušeny předmětným jevem.

Uvedený postup, tzv. NIST rámec, představuje dobrou praxi - a někde se označuje jako řízení kontinuity. Systémy signálů jsou obvykle používány pro zvýšení bezpečnosti technických děl. Aby byly efektivní, musí být prováděny jejich pravidelné kontroly (kalibrace) pomocí kvalifikovaných kontrolních seznamů. Z důvodu existence různých provozních podmínek musí být připraveny postupy, které zajistí bezpečnost technického díla i jeho okolí.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat tzv. vestavěným (embedded) systémům. Jde o specializované počítačové systémy (určitá kombinace počítačového hardwaru a softwaru), které slouží pro jednu nebo několik málo funkcí. Často uvedené systémy nalzáme ve spotřební elektronice, v automatizaci, v průmyslových zařízeních, automobilech a podobně. Komunikují s ostatními od počátku počítačového inženýrství. Dnes se předmětné objekty komunikují přes internet. Několik let se používá výraz "Internet věcí". Systémy "embedded systems" jsou v: smartphonech, automobilové elektronice, senzorech, spotřební elektronice atd. Mají různé funkce, a tedy různý výpočetní výkon a také různá omezení[109].

2.2.4. Povědomí o rizicích technického díla a jejich zvládnutí

Na základě současného poznání a zkušeností, shrnutých v pracích [4,6,7], jedinou obranou proti haváriím a selháním děl je rozvíjení situačního povědomí v organizaci a u všech jejich členů. Je třeba umět:

- rozlišovat normální, abnormální a kritické podmínky,
- rozpoznat, když dochází k rozhraním podmínek,
- správně a včas reagovat na změny,

jde o tzv. pravidlo tří. Pro jeho realizaci je třeba znát nebezpečné podmínky a vědět jak a kdy realizovat proaktivní opatření ke snížení jejich výskytu, a pro zvlášť nebezpečné situace mít připraveny adekvátní reakce (provozní postupy pro nouzové, kritické a extrémní situace).

Důležité je mít povědomí o možných zdrojích rizik [6] a být psychicky připraven na řízení neočekávaných velkých pohrom. Předmětná kompetence se začala velmi

diskutovat po havárii jaderné elektrárny Fuku-shima v r. 2011. Odborníci pod vedením OECD dospěli k upřesnění tzv. zlatých pravidel (odstavec 1.3) a stanovili, že každé technické dílo by mělo mít:

- zajištění připravenost na neočekávané situace, což znamená provádět výcvik kritického personálu,
- mít scénáře situací, které dovolí personálu pochopit příčiny situace, což znamená provádět výcvik kritického personálu,
- mít na řídicích pozicích správné lidi (znalosti, schopnosti, kompetence), což znamená provádět výcvik kritického personálu,
- zajištění způsob rozhodování v neobvyklých dynamických situacích, což znamená provádět výcvik kritického personálu,
- zajištění možnost přeskupení pracovních týmu do efektivních struktur,), což znamená provádět výcvik kritického personálu,
- zajištěnou potřebnou techniku pro odezvu,
- zajištění komunikaci v týmu odezvy tak, aby všichni měli povědomí o situaci,
- zajištění způsob spolupráce při odezvě.

Dle práce [110] havárie jaderné elektrárny Fuku-shima ukázala, že instituce nepochopily potřebu studovat podmínky, za kterých musí provozní personál pracovat, aby udržel integritu zařízení. Na základě poznání právě na pochopení kritičnosti situace závisí rozhodnutí těch, kteří řeší kritickou situaci / krizi. Autoři na základě výpovědi ředitele předmětné jaderné elektrárny:

- ukázali, že personál jaderné elektrárny neměl ani výcvik, ani dovednosti pro provedení odezvy na nouzovou situaci,
- vážla komunikace mezi pracovníky a řídicím týmem jaderné elektrárny,
- byla špatná koordinace mezi různými centry odezvy jaderné elektrárny
- je třeba zlepšit Defence-In-Depth – aby se zvládla nadprojektová havárie nebo několik havárií současně.

Protože chyběla příprava na nadprojektovou havárii, tak autoři práce [110] sestavili koncept myšlení inženýrů při vysoce kritické situaci:

- inženýrské činnosti musí být zaměřeny na zdoání nouzových podmínek, když je nedostatek lidských a materiálních zdrojů,
- aplikovat zřetelná hierarchická pravidla s jasným cílem.

Výsledky zobecněné pro složitá technická díla jsou uvedené v tabulce 7 [110].

Tabulka 7. Rozměry kompetence obsluhy technického díla pro získání schopnosti nakládat s neočekávanými jevy; zpracováno dle práce [110].

| Potřeba | Cíl, způsob a nástroj zajištění |
|---------------------------|--|
| Mentální připravenost, že | Povědomí řídicích pracovníků, že neočekávaná událost může nastat a ochota (pohotovost) se na ni připravit. |

| | |
|--|---|
| přijde něco nečekaného | <p>Jak: výcvik v mnoha scénářích možných havárií a neustálé vzdělávání ve zvládnání jevů.</p> <p>Nástroj: výcvik, samostudium případů, studium poučení a diskuse.</p> |
| Mít povědomí o stavu procesů v technickém díle | <p>Jde o získání technicko-provozní kompetence: znalosti o klíčových komponentách technického díla, klíčových parametrech technického díla, termodynamice; schopnost předvídat činnost systémů technického díla; mít povědomí o reakcích systému při normálních podmínkách a při poruchách.</p> <p>Nástroj: praxe, výcvik, samostudium, diskuse, studium poučení.</p> |
| Výběr správné osoby | <p>Znalost o rolích – odpovědnosti, kompetence, jaké informace musí mít osoba, která rozhoduje.</p> <p>Znalost organizace práce a organizace nouzové odezvy.</p> <p>Nástroj: praxe, výcvik.</p> |
| Rozhodování při neobvyklé dynamické situaci | <p>Schopnost rozložit problémy, analyzovat a rozčlenit informace a povědomí o možných léčkách při rozhodování.</p> <p>Pochopení kreativních přístupů při rozhodování a schopnost přemýšlení.</p> <p>Spojité vyhodnocování a přehodnocování situací a aktiv v případě, že je nutno přizpůsobovat cíle, anebo strategie.</p> <p>Nástroj: výcvik, studium poučení a diskuse.</p> |
| Spojité přizpůsobování | <p>Kompetence týmové spolupráce v neočekávané situaci je mnohem potřebnější než za normálních podmínek. Jde o: udržování zdravého toku informací, aby všichni zúčastnění rozuměli současným cílům a strategii pro jejich dosažení; vzájemnou podporu a informování.</p> <p>Nástroj: výcvik, diskuse.</p> |
| Využití co největšího počtu dostupných technologií | <p>Technologické kompetence. Schopnost provozovat umístěné technologie a nástroje (dýchací zařízení) a přizpůsobit užití dostupných technologií podmínkám. Povědomí o tom, jak získat informace pro řešení, jak zapojit náhradní instrumenty apod.</p> <p>Nástroj: praxe, výcvik</p> |
| Zacílení na výkon a strategie | <p>Povědomí a schopnost ovládat vlastní poznávací procesy – povědomí o prioritách, schopnost měnit pořadí priorit.</p> <p>Ochranu proti samolibosti, tunelovému vidění, víře v náhlou spásu apod.</p> <p>Nástroj: výcvik, simulátor.</p> |
| Udržovat energii | <p>Soustředit se na problém a zdravé sebevědomí týmu.</p> <p>Nástroj: výcvik, simulátor.</p> |

Stupeň situačního povědomí osoby o rizicích se obvykle dle [110] klasifikuje následovně:

- 0 - žádné povědomí o rizicích,
- 1 - potřebnou ochranu před známým rizikem provede na požádání,
- 2 - potřebnou ochranu před rizikem provádí, když ji vyžaduje předpis,
- 3 - potřebnou ochranu před rizikem provádí, když ji vyžaduje předpis a je předmětem dozoru,
- 4 - ochrana před rizikem je inherentní součástí pracovního postupu,
- 5 - bez provedení ochrany před rizikem nelze úkol splnit.

Pro posouzení řízení rizika [4,6,7,110] je nutné znát odpovědi na otázky:

1. Co je nezbytné pro dobře fungující řízení rizik?
2. Které nástroje jsou pro řízení rizik užitečné?
3. Jaké jsou podmínky a principy, které jsou nezbytné pro to, aby řízení rizika bylo nedílnou součástí celkového řízení a všech hlavních rozhodnutí?
4. Jak můžeme zajistit, že existuje dostatečná dohoda mezi krátkodobými a dlouhodobými cíli v různých oblastech (bezpečnost zaměstnanců, bezpečné pracovní prostředí, zisky, průběh projektu, oddělení), na různých úrovních a mezi různými účastníky v činnostech?
5. Jaké jsou hlavní problémy při řízení rizik?
6. Jaká kritéria svědčí o úspěchu řízení rizik?

Pro správné řízení rizik je nutné opírat se o správné nástroje. Častými chybami je:

- nepochopení rozdílu mezi pojmy ohrožení, nebezpečí a riziko,
- slepá víra ve výsledky stromových modelů při stanovení ohrožení a následně i rizika. Nevýhoda stromových modelů je v tom, že porucha vychází z jednoho bodu, což neplatí u externích pohrom a u útoků

Další chyby v řízení realizovaných rizik je nepochopení rozdílu mezi nouzovou a kritickou situací (obvykle označovanou pojmem krize). Profesor Wybo z Francie v roce 2008 [111] uvedl, že zcela v souladu s experty v oblasti řízení techniky a s vládami vyspělých zemí, je krize nouzovou situací, při které se ztratí kontrola nad situací. Ve vyspělém světě proto země řeší obvykle jen nouzové situace velkého rozsahu, protože mají vybudovány systémy ke zvládnutí nouzových situací, které běžně používají standardní zdroje, síly a prostředky, a v kritických situacích mohou použít připravené nadstandardní zdroje, síly a prostředky. Vydělil tři úrovně řízení z hlediska cílů a úkolů, a to normální, nouzovou a kritickou úroveň.

V případě kritické situace není možné použít běžný scénář rozhodování a schvalování, ale musí se použít účinný zkrácený scénář rozhodování. Aby scénáře řízení odezvy na kritickou situaci byly účinné, musí být zajištěno, aby byly zpracovány podle jednotné metodiky. Proto při tvorbě scénářů se využívají poznatky z teorie her [112].

Hlavním cílem při rozhodování o opatřeních při zvládnutí kritické situace je dospět k optimálnímu rozhodnutí. Optimální rozhodnutí závisí na kvalitě a množství dat a na znalostech a zkušenostech osoby, která rozhoduje, z předmětné oblasti. Proto se pro podporu používají týmy expertů a na základě panelové diskuse nebo jiného způsobu

získání kvalifikovaných názorů (např. delfská metoda, agregace názorů provedená vhodnými algoritmy) se formují rozhodnutí v konkrétních případech.

Na základě analýz znalostí a zkušeností je třeba předem vytvořit pro technické dílo pravidla pro *strategickou odezvu na předpokládané kritické situace*. Na jejich základě pak vytvořit scénáře odezvy na jednotlivé kritické situace a podle nich vytvořit scénáře výcviku zásadních momentů z hlediska řízení (tzv. uzlových bodů na stromu událostí odezvy) [45,112-114].

Pro podporu optimálního rozhodování je rovněž důležité vyhledat tři dále popsané scénáře, které lze zpracovat např. metodikou případových studií [46]. Jedná se o scénář pro:

- extrémní nebo úchylné případy (důvodem je, že zpravidla z hlediska bezpečí a rozvoje je třeba se těmto případům vyhnout, tj. přijmout vhodná opatření, aby se nemohly vyskytnout),
- kritické případy (důvodem je, že zpravidla z hlediska bezpečí a rozvoje jsou tyto případy strategicky důležité, protože vytváří rozhraní, na kterém jsou riziko selhání a ztráty spojené s realizací rizika vysoké, a při jeho překročení výskyt katastrofy je vysoce pravděpodobný a neodvratitelný, tj. jde o nepřijatelné riziko),
- paradigmatické (vzorové) případy (důvodem je z hlediska bezpečí a rozvoje navrhnout vhodnou realizaci možných řešení pro obvyklé případy v praxi).

Uvedené tři scénáře umožňují rozhodujícímu subjektu dle konkrétního průběhu kritické situace a disponibilních prostředků vybrat scénář, který nevede k nežádoucím důsledkům.

Pří řízení odezvy technického díla na kritickou situaci si každý řídicí pracovník musí uvědomit, že *existuje velký rozdíl mezi prosazováním politiky a nouzovým či krizovým řízením* [10]. Prosazování politiky je založeno na tom, že je třeba v každé situaci vědět, jaká je nejlepší politika v dané situaci. Proto se skládá ze tří fází: studium a výzkum; politikaření (vysvětlování a prosazování cílů); realizace cílů, tj. čas a často i veřejný zájem nepředstavují rozhodující faktory. U odezvy technického díla na nouzovou situaci jde o rychlé zvládnutí nouzové situace za přijatelných zdrojů sil a prostředků z pohledu veřejného zájmu.

2.2.5. Poučení z havárií a skoro nehod

Výsledky výzkumu havárií, shrnuté v práci [4,6,87] ukazují nutnost udržovat a využívat znalostí v rámci daného technického díla. S postupem času a změnami personálu technického díla jsou často původní opatření provedená po proběhlé havárii zapomenuta, anebo nejsou předána všem pracovníkům v daném technickém díle. To v řadě případů vedlo k dalším haváriím, protože v rámci myšlení nových vedoucích byly odstraněny bezpečnostní prvky. Z těchto důvodů navrhují organizace ASME, ASCE, EPRI a jiné následující opatření ke zlepšení společné paměti technického díla:

1. Připojení poznámky ke každému pokynu, předpisu nebo normě, proč je právě takový.
2. Popis staré i nedávné havárie v podnikovém tisku s poučeními z nich vyplývající, a projednání příslušných poučení na školeních o bezpečnosti pro všechny složky technického díla.

3. Pravidelná kontrola dodržování vydaných opatření.
4. Odstranění existujících zařízení provádět teprve po poznání, proč bylo instalováno. Rušení původního postupu po zjištění, proč byl přijat. Je to nutné, aby se neodstranilo něco, co má zabránit havárii nebo má zmírnit její dopady.
5. Zavedení lepšího informačního systému pro nalezení podrobností o haváriích a vydaných doporučeních po havárii.
6. Zvládnutí kritičnosti komplexních systémů vyžaduje vést zprávy o jejich selhání, aby se mohly určit příznaky pro detekce selhání a zprávy o dysfunkci alarmů s cílem předejít havárii systémů.

Analýza odezev na havárie a selhání technických děl [4-6,13] ukázala, že za všech situací řídicí personál musí mít k ovládní technických děl neustále dostupné dostatečně kapacitní náhradní zdroje elektřiny a chladiva.

Pro řízení rizik technického díla dle [4,6,7] je nutné:

1. Vymezit kontext, aby rizika v celém technickém díle byla chápána jednotně.
2. Vytvořit situační povědomí personálu technického díla o rizicích a jejich dopadech.
3. Vytvořit společné vnímání rizika personálu technického díla.
4. Identifikovat další rizika a zmírňující činnosti.
5. Vyhodnotit zbytkové riziko jako podklad pro rozhodnutí o opatřeních pro zajištění bezpečnosti.

Na základě poznatků shrnutých v pracích [4,6] cílem u technických systémů je zvyšovat bezpečnost, protože tím se zvýší i spolehlivost, přičemž obráceně to neplatí. Zlepšení spolehlivosti systému se dosáhne buď zlepšením spolehlivosti komponent, anebo včleněním záloh. Zálohování znamená, že v systému je několik možností, jak zajistit provedení jisté funkce / úkonu.

2.3. Typy bezpečnosti sledované u technických děl

V současné praxi se vyskytuje celá řada pojmů, ve kterých je slovo bezpečnost. Aby se zajistila koexistence technického díla s okolím, tj. integrální bezpečnost technického díla, tak musí být věnována péče i bezpečnosti dílčích částí, tj. i u dílčích částí je nutno řídit rizika. To znamená, že musí být sledována a řízena rizika jednotlivých technických zařízení i rizika spojená s jejich propojeními. Zdroje rizik technických zařízení jsou rozmanité a vyžadují specifická posouzení [4-6]. Na základě analýzy souboru dostupných ISO a ČSN norem jsou pro technická díla normy pro: technickou bezpečnost; bezpečnost pracovního prostředí; a provozní bezpečnost.

2.3.1. Integrální bezpečnost technického díla

V systémovém pojetí bezpečnosti technického díla jde o integrální bezpečnost, která má rozměry politické, environmentální, ekonomické, technické, potravinové, zdravotní, osobnostní a komunitní, což znamená, že je vícerozměrná. Jde o vlastnost technického díla, na které závisí existence technického díla. V důsledku svého charakteru se integrální bezpečnost neomezuje jen na jednostranná řešení jako je

represe, ale zabývá se situacemi ovlivňujícími určitou úroveň bezpečnosti prostřednictvím tzv. řetězce bezpečnosti, jenž se skládá z následujících částí:

- proaktivita (odstranění strukturálních příčin nejistoty a neurčitosti, které narušují bezpečnost),
- prevence (odstranění přímých příčin nejisté situace porušující stávající stav bezpečí),
- připravenost (řešit situaci, v níž je stav bezpečí narušen),
- odezva,
- a obnova.

Z důvodu složitosti problému technických děl z pohledu potřeb lidské společnosti, tj. veřejného zájmu není pro lidskou společnost ideální, aby se technická díla, objektová i síťová orientovala jen na výkon. Jestliže není brán ohled na veřejná aktiva a kritická aktiva technického díla, a dojde k havárii nebo selhání technických děl, tak příklady v pracích [4-6] ukazují, že často vznikají ztráty na lidských životech uvnitř i vně technického díla, majetku, životním prostředím a v případě těch kritických děl i velké ekonomické ztráty v území o menším či větším rozměru, které jsou často střednědobé až dlouhodobé, tj. značně ovlivňující rozvoj lidské společnosti a zasaženého území. Proto je třeba při řízení technických děl dbát především na prevenci ztrát [4], kterou lze dosáhnout jen cíleným kvalifikovaným řízením rizik.

Integrální bezpečnost v obecném pojetí je sledována v kapitole 1. Ve spojení s technickými díly jde hlavně o dlouhodobou bezpečnost technického díla. Práce [7] uvádí faktory, které je nutno sledovat při strategickém řízení bezpečnosti technických entit; obrázek 16. Oblast výroby a služeb dále závisí na technických zařízeních, obsluze, podmínkách a procesech výroby, které jsou opět vzájemně propojenými otevřenými systémy. Samotný stav technického zařízení závisí na materiálu, ze kterého bylo zařízení zhotoveno, způsobu výroby a konstrukce, na provozních podmínkách a na způsobu, jak se s ním zachází, tj. kvalita a způsob údržby a provádění oprav.



Obr. 16. Položky, které musí sledovat strategie řízení technického díla zacílená na bezpečnost.

Bezpečnost musí být integrální součástí podnikatelských aktivit vlastníků technických děl. Všechna technická díla musí být řízena tak, aby výskyt nehod, které mají vliv na bezpečnost, byl minimální. K tomu musí směřovat veškeré činnosti a úsilí řídicích pracovníků i zaměstnanců. Klíčovými prvky pro daný cíl jsou vzájemná spolupráce, otevřená komunikace a pravidelné sledování plnění cílů na úseku bezpečnosti. Na základě současných požadavků zakotvených v legislativě rozvinutých zemí vlastníci a provozovatelé technických děl musí pro zvyšování bezpečnosti:

- prosazovat bezpečnost jako celistvou součást svých podnikatelských činností a podporovat bezpečné činnosti,
- aktivně vyhledávat informace o bezpečnosti,
- vstupovat do spolupráce se správními úřady i s ostatními podnikateli s cílem zlepšovat bezpečnost,
- vytvářet společně s ostatními technickými díly podmínky pro společnou odezvu a vzájemnou pomoc,
- vytvářet profesní organizace, aby existovala platforma pro výměnu poznatků a zkušeností.

Veřejná správa musí stanovovat cíle na úseku bezpečnosti, vytvářet jasný a celistvý rámec pro řízení bezpečnosti a pomocí vhodných inspekcí a vynucovacích opatření musí zajistit, že všechny relevantní požadavky na úseku bezpečnosti jsou plněny.

Jak bylo výše uvedeno bezpečný provoz technického díla závisí na řadě rozmanitých aspektů, jako jsou výcvik obsluhujícího personálu, uspořádání technologických komponent a jejich propojení, postup práce, spolupráce a způsob chápání situace obslužného personálu.

S ohledem na současné poznání je třeba sledovat v technickém díle vnitřní závislosti, které zprostředkovávají sekundární a další dopady pohrom na chráněná aktiva technického díla a jeho okolí. K tomuto cíli je třeba:

- zavést do praxe monitoring bezpečnosti,
- dopracovat a kodifikovat metodiky pro sběr dat, odborné zpracování veličin nutných pro řízení rizik v systému systémů,
- vypracovat metodiky pro rozhodování o rizicích a provázané systémy kontrolních seznamů na podporu rozhodování,
- pro zaměstnance vypracovat soubory opatření o tom, co mají dělat před, při a po realizaci rizika, které v technickém díle patří mezi specifické či dokonce kritické riziko,
- pro potřeby strategického řízení technického díla zpracovat plány pro zajišťování bezpečí a rozvoje technického díla, nouzové plány, plány kontinuity a krizové plány technického díla, které budou navzájem provázané a ve kterých jsou podchyceny úkoly z oblasti řízení bezpečnosti a rozvoje za všech okolností,
- zajistit podpůrné systémy pro podporu řízení bezpečnosti, protože kvalifikovaná řešení vždy ušetří peníze, síly i prostředky. Dosavadní poznání totiž ukazuje, že zjednodušená řešení jsou možná jen někdy, ale i v případech, ve kterých jsou možná, je třeba znát, jaká zjednodušená situace byla provedena, proč je bylo možno použít a zda není třeba po nějaké době provést opatření další.

Nástroje bezpečnostní politiky, kterou se řízení bezpečnosti uvádí do praxe, jsou:

- koncepce, které vytyčují cíle bezpečnostní politiky,
- strategie, které určují základní způsoby, kterými bude cílů dosaženo,
- plány, které podrobně popisují a zahrnují činnosti v určitém časovém harmonogramu,
- nástroje a instituce, tj. zdroje, síly a prostředky, kterými se dosahuje splnění cílů bezpečnostní politiky.

V případě, ve kterém neexistuje účinná obrana technického díla před pohromou, tj. realizací závažného rizika, je nutností být připraven. To znamená, že technické dílo musí mít připraveny postupy, jimiž se musí zajistit odezva na situaci zaměřená na stabilizaci zasažené části technického díla a obnova kritických procesů a zdrojů pro jejich realizaci. Nouzové plánování neomezuje rizika a musí být na míru toho, kdo provádí odezvu i navazující obnovu. V žádném případě nejde o levnou záležitost. Jde o zajištění uspořádání souboru znalostí a o prosazení, že každá odpovědně řízená instituce bude mít bezpečnostní koncepci. Ta musí vycházet z klasifikace nouzových situací a z analýzy rizik zaměřené na zjištění očekávání, jaké dopady a jak jsou pravděpodobné při vzniku pohromy o očekávané (právně definované) velikosti.

2.3.2. Provozní / funkční bezpečnost technického díla

V praxi se často používá pojem funkční / provozní bezpečnost (výstižně bezpečnost provozu). Jde o část celkové bezpečnosti, která se vztahuje k zařízením, systémům, infrastrukturám a k jejich řídicím systémům a která závisí na správném fungování systémů vztažených k bezpečnosti. Z důvodu kritické role systémů vztažených k bezpečnosti byly pro ně stanoveny mezinárodní standardy upravující řízení rizik IEC 61508 and IEC 61511, které se opírají o spolehlivost, tj. neřeší integrální (celkovou) bezpečnost technického díla.

Autoři práce [115] navrhuje revidovat 10 chyb, které se dělají na úseku provozní bezpečnosti. Opírají se přitom o veličinu SIL (safety integrity level) [6,7], systémů vztažených k bezpečnosti (pravděpodobnost těchto systémů plnit specifické bezpečnostní funkce). Na základě modelů založených na Petriho sítích a bayesovských sítích ukazují důsledky stárnutí důležitých komponent. Soustřeďují se na změny komponent systémů zajišťujících bezpečnost (safety systems) a ukazují, že údržbou je nutno udržet hranice bezpečnosti (safety margins) provozu, tabulka 8.

Tabulka 8. Intervaly period opakování (PT) pro jednotlivé úrovně SIL; zpracováno dle [115].

| SIL | PT (roky) |
|-----|-------------------------------|
| 4 | $\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$ |
| 3 | $\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$ |
| 2 | $\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$ |
| 1 | $\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$ |

Dle standardů [116,117] řízení funkční bezpečnosti technického díla je integrální částí inženýrství spolehlivosti během životnosti technického díla. U nových technických děl má zajistit technickou bezpečnost, inženýrské funkce a všechny činnosti plánování a řízení během životnosti. Problém je, že funkční bezpečnost není součástí procesu projektování, a proto se do ní nezavádí principy inherentní bezpečnosti. Za provozu se pak vytváří plán na zajištění funkční bezpečnosti, který obsahuje:

- rozvrh činností,
- odpovědné osoby,
- popis systému činností s ohledem na identifikaci zdrojů ohrožení a vyhodnocení rizik, ověření činností, vyhodnocení úrovně funkční bezpečnosti,
- popis programu pro vnitřní a vnější audity,
- popis hierarchie dokumentů a odpovědností za každý dokument,
- hodnocení funkční bezpečnosti,
- popis rolí každého člena personálu zahrnutého do vytváření bezpečnosti během doby životnosti technického díla,
- plán pro komunikaci, speciálně na rozhraní jednotlivých organizačních celků.

Pro stanovení jednotlivých položek z hlediska úkonů a rolí, je třeba:

- mít inženýrské znalosti, výcvik a zkušenosti s úkonem, technologií, senzory a konečnými výstupy,
- mít inženýrské znalosti o bezpečnosti, včetně analýzy rizik,
- určit požadavky na dozor,
- dovednost řídit a vést zaměstnance při provádění konkrétních úkonů,
- mít povědomí o důsledcích selhání bezpečnostních funkcí,
- mít znalost o úrovni integrity bezpečnosti, tj. znát v čem spočívá složitost aplikace a technologie.

Jelikož moderní systémy jsou flexibilní a provozně spolehlivé (dependable), tak pro zajištění provozní bezpečnosti je třeba mít přepínací mechanismy, které změní strukturu nebo chování systému podle podmínek. Příslušné rekonfigurace mohou být motivovány funkčními požadavky (změna fáze úkolu), zacílením na toleranci chyb (řízení náhradních zdrojů), politikou prediktivní údržby, potřebami výroby apod. Složitost a rozmanitost rekonfiguračních strategií jsou důležité zohlednit, když se systém opravuje.

Opět si je třeba uvědomit, že provozní bezpečnost zajišťuje spolehlivost provozu technického díla, ale nezajišťuje ve všech případech celkovou bezpečnost technického díla.

Úroveň Integrity bezpečnosti (SIL) zavedená v IEC 61508 [116] a související specifické standardy uvádí příklady informování o rizicích z pohledu klasifikace bezpečnosti. Důvody pro SIL jsou však zcela odlišné od zásad klasifikace jaderné bezpečnosti, a proto je obtížné aplikovat zmíněné standardy v jaderném kontextu.

Spolehlivost je speciální vlastnost, která popisuje provozní spolehlivost komponent, což znamená, že komponenta po určité době za určitých podmínek konzistentně

vykonává požadovanou funkci za účelem splnění cílů a potřeb obsluhy (zákazníka). Teoreticky lze spolehlivost popsat jako:

Spolehlivost = 1 - pravděpodobnost výskytu selhání.

Čím nižší je pravděpodobnost výskytu selhání, tím vyšší je spolehlivost prvku, komponenty, výrobní linky či systému. Existuje však mnoho faktorů, které jsou zdrojem neurčitostí při projektování systémů, které jsou v oblasti změn v materiálech, změn ve výrobních závodech, v přepravě, skladování a použití.

Podle dokumentů [118,119] se od inženýrů zajišťujících spolehlivost technických zařízení a systémů očekává, že

1. Navrhnu pro příští inspekce postupy a doporučení ve věci nedostatků v procesech a nápravných akcí (korekcí).
2. Použijí nástroje pravděpodobnosti a statistiky pro hodnocení rizik a ohrožení procesů.
3. Dodrží normy a specifikace určující požadavky na projekt, konstrukci, kontrolu, zkoušení, vyřazování z provozu a integraci nových komponentů s ohledem na stárnutí infrastruktury.
4. Analyzují a interpretují údaje o spolehlivosti a poskytnou doporučení, jak data mohou být použita k měření a zlepšení výkonu a spolehlivosti.
5. Pochopí hodnotu spolehlivosti a způsob jejího fungování v daném případě.
6. Stanoví priority zkoušení, inspekcí a údržby a doporučí četnost, ve které by měly být tyto postupy prováděny.
7. Vyvinou strategie pro plánování, inspekce a údržbu spolehlivosti aktiv po celou dobu životnosti zařízení.
8. Určí klíčové indikátory výkonu pro měření a vykazování.
9. Porozumí hodnotě investice do spolehlivosti a způsobu jejího fungování pro majitele společnosti.
10. Umožní změny (tj. změny procesů, strategií atd.).
11. Zachovají záznamy o historii zařízení, inspekcích a údržbě. Data uloží do centralizovaném systému řízení údržby s tím, že změny dat lze provést pouze v hlavním databázovém systému.

Akreditovaný (certifikovaný) inženýr je považován za pravou osobu, která usiluje o zlepšení výkonu a řídí bezpečnost aktiv, spolehlivost aktiv a údržbu aktiv v průběhu životního cyklu komponenty. Proto při akreditaci (certifikaci) se zvažuje kombinace odborných pracovních zkušeností a vzdělání. Dále je uveden přehled konkrétních témat posuzovaných v USA při certifikaci inženýrů:

1. Řízení spolehlivosti.
2. Pravděpodobnost a statistika spojená se spolehlivostí.
3. Spolehlivost projektu a jeho realizace.
4. Modelování spolehlivosti a jejího vývoje v čase.
5. Testování spolehlivosti.

6. Udržovatelnost a dostupnost.

7. Shromažďování a zpracování dat.

Podrobný seznam minimálních potřebných znalostí a dovedností lze nalézt v dokumentu [119].

Spolehlivost zařízení se měří z hlediska kvality, výkonu a produktivity. Cílem programu spolehlivosti zařízení je efektivně sledovat vybavení, postupy a údaje týkající se životnosti zařízení. Výhody zavedení programu spolehlivosti pro dané zařízení jsou:

- eliminace neočekávaných vypnutí zařízení,
- snížení výrobních ztrát, ke kterým během dochází v důsledku vypnutí zařízení,
- prodloužení životnosti zařízení.

Navíc dochází ke snížení nákladů na opravy a údržbu, snížení možnosti vzniku zpoždění a zvýšení bezpečnosti.

Spolehlivost zařízení významně závisí na údržbě zařízení, kvalitě inspekci a také na využití nových technologií. Nové technologie, jako např. senzory, mohou poskytovat údaje o výkonu a stavu zařízení v reálném čase, což umožňuje lépe rozhodovat o preventivní, prediktivní a nápravné údržbě.

Dostupnost technického zařízení nebo systému znamená, že zařízení nebo systém jsou k dispozici vždy, kdy je potřeba. Udržovatelnost znamená snadnou údržbu zařízení nebo systému při normálním provozu. Zabezpečení je soubor opatření, která zabraňují nehodám a ochraňují před protiprávními jednáními.

Podle údajů v odborných pracích, publikovaných autory a shrnutými např. v [24], pro zajištění bezpečného technického díla je třeba znát:

- dopady největší (ve smyslu maximální očekávané) havárie,
- kritické úkoly z pohledu bezpečnosti,
- a chápat úkoly ve spojení s riziky,
- a mít scénáře kritických úkolů,
- možné lidské chyby při provádění kritických úkolů,
- opatření pro zajištění bezpečnosti

Kritické úkoly z pohledu bezpečnosti jsou fyzické činnosti nebo činnosti, kterými člověk přispívá pozitivně nebo negativně k realizaci největší havárie pomocí:

- iniciace nežádoucích jevů,
- detekce a prevence jevů,
- řízením a zmírňováním dopadů jevů,
- odezvou na nouzové situace.

Pro řízení procesní bezpečnosti zařízení jsou důležitá data o:

- spolehlivosti (rozložení selhání komponent, typy selhání komponent, monotónní zálohy, profil provozu),
- data o údržbě (politika oprav a výměn, doba oprav, korektivní údržba, preventivní údržba, inspekce),

- logistická data (náhradní části, doby dodání náhrad, čas pro zajištění dodání),
- finanční data (náklady na náhradní části, sankce při nesplnění dodávek, nápravná údržba, preventivní údržba, inspekce).

2.3.3. Bezpečnost dílčích částí technického díla

Bezpečnost technických zařízení (tzv. technická bezpečnost) závisí na mnoha položkách, tj. na materiálu, způsobu zhotovení, způsobu provozu a provozních podmínkách [1,4-6]. Pro její zajištění je třeba sledovat všechna rizika spojená s uvedenými položkami a řídit je tak, aby sledované zařízení pracovalo po celou dobu životnosti bezpečně, tj. spolehlivě plnilo funkce v požadované kvalitě, v požadovaném množství a v požadovaném čase, a při svých kritických podmínkách neohrozilo ani sebe, ani své okolí [1,4-6].

Na základě šetření spojených se zpracováním prací [4-7] se v technickém sektoru často zvažuje jen kontext technického zařízení, technické komponenty, technického díla nebo kontext podniku, který technické dílo spravuje a v řadě případů jen kontext výrobního zařízení. S ohledem na bezpečí a rozvoj lidské společnosti, tj. z pohledu veřejného zájmu je však třeba zvažovat kontext širší, tj. i okolí sledované technické entity. Přitom si je třeba uvědomit, že užitek z technického díla v dlouhodobé perspektivě není dán jen výkonem, tj. množstvím výrobků, energií či služeb, ale i tím, že bude zabráněno ztrátám způsobeným haváriemi.

V případě technických zařízení, komponent i celých technických děl jde o zajištění jejich bezpečnosti v integrálním smyslu, což lze dosáhnout jen cíleným řízením všech prioritních rizik, do kterých patří i rizika spojená s jejich materiálem [1,4-7].

Z analýzy dat v archivu [81], dat v pracích [15-25] a na internetu [89] vyplynuly dále uvedené příklady procesů v technických zařízeních, které jsou zdroji rizik, tabulka 9.

Tabulka 9. Příklady procesů v technických zařízeních, které jsou zdroji rizik.

| Zařízení | Zdroje rizik |
|---------------------------------|---|
| Plynová zařízení, kotle, zářiče | <ul style="list-style-type: none"> - únik CO (kontaminace ovzduší), - provádění odzdušnění, odplynění (vznik výbušné koncentrace plynu a vzduchu), - vyřazování, svévolné měnění ochranných a zabezpečovacích zařízení, - nedostatečné dodávky vody do kotle (přetopení a poškození kotle), - únik plynu z potrubí, - práce v prostředí s překážkami (vyčnívající zařízení a překážky, horké povrchy, ostrá rozhraní, stísněné podmínky). |

| | |
|--|---|
| <p>Expanzomaty, vodárny, kompresory - tlakových nádob</p> | <ul style="list-style-type: none"> - neprovádění předepsané pravidelné kontroly pojistného zařízení a nedodržení návodu výrobce, - neprovádění revizí, prohlídek pojistného zařízení a tlakové nádoby, - vyřazování pojistného a ochranného zařízení, měněním nastavených hodnot, - manipulace s horkým olejem a na horkých površích, - manipulace se zařízením pod elektrickým proudem. |
| <p>Elektrická zařízení u vyhrazených technických zařízení:</p> | <ul style="list-style-type: none"> - nedostatečná kvalifikace obsluhy, - nerevidování elektrické instalace a zařízení, - záměna fázového ochranného vodiče, - porušení izolace, - nemožnost rychlého vypnutí elektrického proudu. |

Při zajišťování bezpečnosti strojních zařízení během jejich provozu se v české praxi vychází z nařízení vlády č. 378/2001 Sb., které používá pojmy:

- používání zařízení označuje činnost spojenou zejména se spouštěním, zastavováním, dopravou, opravou, seřizováním, manipulací, úpravou, údržbou a čištěním po celou dobu jeho provozu,
- nebezpečný prostor označuje prostor uvnitř nebo vně zařízení, ve kterém je zaměstnanec vystaven zdrojům rizik, které ohrožují zdraví,
- ochranné zařízení označuje mechanické, elektrické, elektronické nebo jiné obdobné zařízení sloužící k zajištění bezpečí a ochrany života a zdraví zaměstnanců,
- obsluha je zaměstnanec, který zařízení používá a je k této činnosti oprávněn,
- průvodní dokumentace označuje soubor dokumentů obsahujících návod výrobce pro montáž, manipulaci, opravy, údržbu, výchozí a následné pravidelné kontroly a revize zařízení, jakož i pokyny pro případnou výměnu nebo změnu částí zařízení,
- provozní dokumentace označuje soubor dokumentů obsahujících průvodní dokumentaci, záznam o poslední nebo mimořádné revizi nebo kontrole, stanoví-li tak průvodní dokumentace nebo zaměstnavatel,
- místní provozní bezpečnostní předpis označuje předpis zaměstnavatele upravující zejména pracovní technologické postupy pro používání zařízení a pravidla pohybu zařízení a zaměstnanců v prostorech a na pracovištích zaměstnavatele,
- normová hodnota označuje konkrétní technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě.

Dle [59,120,121] chybí v předmětném nařízení specifikace provozních předpisů pro abnormální a kritické podmínky.

Podle zákona 22/1997 Sb. za bezpečnost výrobku (stroje, zařízení) odpovídá výrobce. Předmětný zákon se zaměřuje na:

- výběr vhodných strojů a výrobních zařízení,
- kontrolu, zda se dá na strojích podle instrukcí a návodů provádět údržba, čištění a opravy správným a bezpečným způsobem,
- stanovení a přezkoušení kvalifikací pracovníků obsluhy (včetně údržby a oprav poruch),
- prověření možných dopadů užívání stroje na životní prostředí popř. jeho ostatních nežádoucích dopadů (hlučnost, prašnost, nebezpečné látky),
- ověření, zda při nákupu stroje je dodána veškerá dokumentace, návody a výkresy, jak je stanoveno v nařízení vlády č. 176/2008 Sb., které uplatňuje Směrnici 2006/104/ES,
- ověření, zda je k dispozici prohlášení o shodě, resp. označení výrobku značkou CE,
- ověření, zda je dodán manuál popisující rizika spojená s prací na daném stroji, a to v českém jazyce.

Minimální základní požadavky na bezpečný provoz dle nařízení vlády č. 378/2001 Sb. jsou odděleny pro provoz, pro údržbu, seřizování a opravy zařízení a pro ochranná zařízení takto:

1. Požadavky na bezpečnost při provozu zařízení jsou:

- používat zařízení k účelům a za podmínek, pro které je určeno, v souladu s provozní dokumentací; bližší podmínky jsou v MPBP (místní provozní bezpečnostní podmínky),
- zajistit bezpečný přístup obsluhy k zařízení, dostatečný manipulační prostor se zřetelem na technologický proces a organizaci práce,
- přivádět nebo odvádět všechny formy energií a látek, užívaných nebo vyráběných, bezpečným způsobem,
- instalovat zábrany nebo ochranné zařízení, nebo přijetí opatření tam, kde je nebezpečí kontaktu nebo zachycení zaměstnance pohyblivými se částmi zařízení nebo pádu břemene,
- provádět montáž a demontáž zařízení za bezpečných podmínek (v souladu s návodem výrobce, MPBP),
- ochraňovat zaměstnance proti nebezpečnému dotyku u zařízení pod napětím a před jevy vyvolanými účinky elektřiny (vč. atmosférické),
- umístit ovládací prvky ovlivňující bezpečnost provozu zařízení mimo nebezpečné prostory,
- zajistit bezpečné ovládání, a to i v případě jejich poruchy nebo poškození, zajistit dobrou viditelnost, rozpoznatelnost a v určených případech i příslušné označení,
- zajistit, aby ke spouštění zařízení došlo pouze záměrným úkonem obsluhy pomocí ovládače, který je k tomu účelu určen,
- zajistit vybavení ovládačem pro úplné bezpečné zastavení,
- zajistit, aby v době, kdy se zařízení nepoužívá, bylo zařízení vypnuto, popř. odpojeno od zdrojů energií a zabezpečeno,

- zajistit vybavení zařízení ovládačem pro nouzové zastavení, který zablokuje spouštěcí ovládače tam, kde je to nutné; současně se zastavením chodu zařízení nebo jeho nebezpečné části zajistit vypnutí přívodů energií k jeho pohonům, s výjimkou případů, ve kterých by tím došlo k ohrožení života nebo zdraví zaměstnanců.
- zajistit upevnění, ukotvení nebo zajištění zařízení nebo jeho části vhodným způsobem, je-li to nutné pro bezpečný provoz a používání,
- zajistit ochranu zaměstnance před nebezpečnými faktory, například hlukem, vibracemi nebo teplotami, které vyvíjí zařízení,
- zajistit v případě potřeby označení výstražnými nebo informačními značkami, sděleními, značením nebo signalizací, které jsou srozumitelné, mají jednoznačný charakter a nesmí být poškozovány běžným provozem zařízení,
- zajistit, aby pracovní prostor byl vybaven vhodným ochranným zařízením, které ochrání životy a zdraví zaměstnance zejména před:
 - padajícími, odlétajícími nebo vymrštěnými předměty uvolněnými ze zařízení,
 - nebezpečím požáru nebo výbuchu s následným požárem nebo účinků výbušných směsí látek vyráběných, užívaných nebo skladovaných v zařízení,
 - nebezpečím vzniklým vypouštěním nebo únikem plyných, kapalných nebo tuhých emisí,
 - před možným poškozením zdraví zaměstnance způsobeným zachycením nebo destrukcí pohybující se části zařízení.

2. Požadavky na bezpečnost při seřizování, údržbě, opravách a čištění zařízení jsou:

- činnosti provádět pouze tehdy, když je zařízení odpojeno od zdrojů energií, není-li to technicky možné, tak použít vhodná ochranná opatření,
- před zahájením činností se přesvědčit, že v nebezpečných prostorech není žádný zaměstnanec; není-li to možné, tak tam musí být zařízení, které při spuštění nebo vypnutí vydává zvukový nebo světelný výstražný signál po dostatečně dlouhou dobu, aby zaměstnanci měli možnost opustit prostor

3. Požadavky na ochranná zařízení jsou:

- musí mít pevnou konstrukci, která je odolná proti poškození,
- musí být umístěno v bezpečné vzdálenosti od nebezpečného prostoru,
- nesmí bránit montáži, opravě, údržbě, seřizování, manipulaci a čištění (přístup zaměstnance musí být omezen pouze na tu část zařízení, kde je prováděna činnost, a to pokud možno bez sejmutí ochranného zařízení),
- nesmí být snadno odnímatelné nebo odpojitelné,
- nesmí omezovat výhled na provoz zařízení více, než je nezbytně nutné,
- musí splňovat další technické požadavky na blokování nebo jištění stanovené zvláštním právním předpisem, popřípadě normovou hodnotou, nevyplývají-li další požadavky ze zvláštního právního předpisu.

Při identifikaci nebezpečí a rizik musí být zváženy dále uvedené skutečnosti:

- použití stroje,
- stanoviště obsluhy,
- nebezpečný prostor,
- ochranná zařízení (ochranné kryty - pevné, nastavitelné, blokované),
- ovládání a spouštění (ovládací zařízení, ovládací prvky, zařízení nouzového zastavení),
- nástroje,
- seřizování,
- údržba,
- informace pro uživatele (průvodní dokumentace, MPBP) atd.

Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. doporučuje používat:

- pro určení nebezpečí, ohrožení a rizik především metody analýza stromu událostí ETA, analýza stromu poruchových stavů FTA, analýza poruch, stavů a jejich následků FMEA, studie nebezpečí a provozuschopnosti HAZOP, metoda „What – if?“ (Co se stane když?), předběžná analýza nebezpečí PHA, analýza spolehlivosti člověka HRA, blokový systém bezporuchovosti RBD,
- pro identifikaci nebezpečí a hodnocení rizik:
 - legislativní požadavky,
 - technické normy,
 - návody, publikované požadavky a standardy,
 - pracovní a technologické postupy dobré praxe,
 - informace o používaných technických zařízeních a pracovních nástrojích,
 - znalosti a zkušenosti o existujících nebezpečích,
 - časové snímky pracovní zátěže zaměstnanců,
 - historie nehodových a úrazových událostí nebo selhání při provozu strojů,
 - informace o skoro nehodách,
- principy hodnocení rizik popsané v práci [7], tj. zásady normy ISO 31 000 [122].

Dle údajů shromážděných v práci [7] to znamená, že v případě strojních zařízení se jako zdroje rizik nezvažují vnější události a lidský faktor, jejichž scénáře nelze popsat stromovými modely; tj. nepřipouští se selhání zařízení na více místech z jedné příčiny. Proto je třeba plány odezvy nebo kontinuity pro daný případ.

Nejnovější normy pro bezpečnost výrobků pro obráběcí stroje jako ISO 16090 [123] pro zajištění bezpečnosti obráběcích strojů používají tři kroky pro snížení rizika dle vysvětlení v normě ISO 12100 [124], a to:

1. Projekt stroje obsahuje prvky inherentní bezpečnosti.
2. Jsou aplikována další opatření pro zajištění bezpečnosti, např. umístění funkčních varovných signálů.
3. Je zpracován návod k použití stroje a zajištěn výcvik dle tohoto návodu.

Velmi efektivního snížení rizika lze dosáhnout, když pracovní oblast stroje je plně uzavřená, tj. automatické obráběcí procesy probíhají bez vystavení obsluhy nebezpečí. Ve skutečnosti je však přístup operátora do nebezpečné zóny někdy nezbytný, protože je nutný ruční zásah, například při nastavení zařízení nebo změny obrobku. Proto jsou nezbytné pečlivě pokyny, který umožní operátorovi plně kontrolovat situaci a chránit sám sebe tím, že povědomí o příslušných nebezpečí.

Mnoho různých druhů aktivit OBSLUHY, které se liší podle typu obráběcího procesu, platí pro konkrétní druhy provozu. V ISO 16090 [123] je upraveno pět možných režimů provozu obráběcích strojů:

- 0 - manuální režim,
- 1 - automatické obrábění,
- 2 - nastavený režimu,
- 3 - zvláštní režim s omezenými ručními zásahy,
- 4 - režim služby vyvolaný pokynem.

Účelem nastavení správného typu režimu je snížení relativní expozice obsluhy s ohledem na existující nebezpečí.

2.3.4. Souhrn poznatků o bezpečnosti technického díla a jeho obsluhy

Jestliže jde o veřejný zájem, kterým je bezpečí a rozvoj lidské společnosti, které jsou podmíněny bezpečným provozem technických děl, tak je třeba sledovat jak ochranu člověka v jeho rolích spojených s provozem technických děl (BOZP), tak i jeho vliv na provoz

2.3.4.1. BOZP

Na základě systematických a dlouhodobých studií [125,126] jsou tři prioritní směry, jejichž faktory musí být sledovány při ochraně zaměstnanců technických děl:

1. Aby pracoviště bylo bezpečné místo pro zaměstnance, je třeba sledovat:
 - nouzovou připravenost přítomných,
 - kvalitu přítomných zařízení,
 - přítomnost nebezpečných látek,
 - úroveň hluku,
 - kvalitu elektrických zařízení,
 - skutečnost, zda je provedeno základní hodnocení rizika,
 - skutečnost, zda se provádí inspekce a monitoring místa s ohledem na rizika,
 - skutečnost, zda se sleduje bezpečí lidí,
 - kvalitu nakládání s odpadem,
 - kvalitu strojů,
 - kvalitu úklidu,
 - kvalitu systému řízení změn,

- kvalitu preventivní údržby a oprav,
 - kvalitu a rozmístění vchodů a východů,
 - kvalitu ergonomických hodnocení,
 - úroveň radiace,
 - přítomnost a úroveň biologických ohrožení,
 - kvalitu přejímání a odebírání materiálu, zboží atd.
 - kvalitu věcí pro životní pohodlí a pro životní prostředí.
2. Aby osoba na pracovišti byla bezpečná, je třeba sledovat:
- úroveň jejího výcviku,
 - kvalitu popisu práce a struktury úkolů,
 - schopnost poskytnutí první pomoci,
 - existenci a kvalitu osobních ochranných zařízení,
 - způsoby řešení konfliktů a způsoby rozhodování,
 - kvalitu a úroveň odhadu výkonu osoby,
 - existenci a kvalitu možnosti zotavení pracovníka při a po namáhavé práci,
 - kvalitu asistenčních programů pro zaměstnance (nebo v území pro občany ze strany veřejné správy),
 - kvalitu organizace práce a způsoby vypořádání s únavou fyzickou i psychickou,
 - kvalitu a úroveň rovných příležitostí – zda existují či neexistují opatření proti diskriminaci,
 - úroveň a kvalitu ubytování,
 - úroveň a kvalitu zdravotního dohledu,
 - úroveň a kvalitu zdravotních postupů,
 - úroveň a kvalitu dohledu nad návštěvníky a kontraktory (v území pak nad nežádoucími elementy),
 - úroveň a kvalitu kritérií výběru osob pro řízení a konkrétní úkony,
 - úroveň a kvalitu sledování vnímavosti ke stresu,
 - úroveň a kvalitu revize fluktuace osob,
 - úroveň a kvalitu programů odezvy a jejich zpětné vazby,
 - úroveň a kvalitu budování sociální sítě,
 - úroveň a kvalitu modifikace chování.
3. Aby pracoviště bylo bezpečným systémem, je třeba sledovat:
- úroveň a kvalitu řízení nehod (obecně nouzových situací všeho druhu) ze strany řídicích pracovníků,
 - úroveň a kvalitu spolupráce řídicích pracovníků s orgány pro bezpečnost práce při zvažování zdravotních aspektů,

- úroveň a kvalitu politiky a postupů orgánů pro bezpečnost práce.
- úroveň možnosti konzultací a postupů pro bezpečnou práci,
- úroveň a kvalitu kompetentnosti řízení,
- úroveň a kvalitu vytyčování úkolů,
- úroveň a kvalitu služeb zákazníkům,
- úroveň a kvalitu řízení kontraktorům
- úroveň a kvalitu alokace zdrojů,
- úroveň a kvalitu odpovědnosti,
- úroveň a kvalitu péče o záznamy a archivace,
- úroveň a kvalitu modernizace legislativy,
- úroveň a kvalitu komunikace,
- úroveň a kvalitu souladu s kritérii orgánů pro bezpečnost práce,
- úroveň a kvalitu revize pracovních postupů, včetně analýzy mezer, nedostatků a revize systému,
- úroveň a kvalitu auditů,
- úroveň a kvalitu sebehodnocení,
- úroveň a kvalitu modernizace postupů.

Na základě stejných zdrojů byly stanoveny položky spojené s vysokým rizikem:

1. Vysoké riziko pro bezpečné místo představují:

- přítomnost nebezpečných látek,
- neexistující nebo nekvalitní nouzová připravenost,
- přítomnost elektrických zařízení,
- přítomnost výrobních prostředků,
- přítomnost přebírání či odebírání materiálu, zboží apod.,
- přítomnost vchodů a východů,
- neprovádění nebo špatné provádění ergonomických hodnocení,
- neprovádění nebo špatné provádění základního hodnocení rizika (často se porušuje).

2. Vysoké riziko pro bezpečnou osobu představují:

- neexistující nebo špatný zdravotní dohled,
- nesledování vnímavosti ke stresu,
- neexistující nebo špatný dohled na návštěvníky a kontraktory,
- nepoužívaná nebo špatně používaná osobní ochranná zařízení,
- nekvalitní organizace práce a nerespektování únavy (často se porušuje).

3. Vysoké riziko pro bezpečný systém představují:

- nekvalitní řízení nehod,

- nemožnost konzultací,
- špatné řízení kontraktorů,
- špatná alokace zdrojů,
- neprovádění nebo špatné provádění revize pracovních postupů, analýzy mezer a nedostatků,
- nekvalitní zajištění odpovědnosti.

Za bezpečnost zaměstnance odpovídá zaměstnavatel dle zákoníku práce (zákon č. 262/2006 Sb.) a dalších právních předpisů (zákon č. 309/2006 Sb., nařízení vlády č. 378/2001 Sb.). Zaměstnavatel má povinnost:

- vybavit stroje ochrannými a jinými zařízeními, která chrání život a zdraví zaměstnanců,
- provozovat stroje dle návodu k používání, resp. místních provozních bezpečnostních předpisů (MPBP),
- u starších strojů vyhodnotit rizika a přijmout potřebná opatření k jejich odstranění resp. minimalizaci (identifikovat veškerá nebezpečí, vyhodnotit rizika, přijímat opatření k minimalizaci identifikovaných rizik, provádět průběžné technické kontroly a pravidelné revize, odstraňovat zjištěné nedostatky - opakovat a náležitě dokumentovat).

Ochranu osob v technických dílech (zaměstnanci, kontraktori, návštěvníci) upravuje zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce a související předpisy. BOZP je součástí integrální bezpečnosti. Hlavním cílem zajišťování BOZP je omezovat rizika ohrožující životy a zdraví zaměstnanců při práci. Povinnosti a odpovědnost zaměstnavatele zajistit bezpečnost a ochranu zdraví při práci je zakotvena v zákoníku práce a v zákonech, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovně právních vztazích a o zajištění BOZP při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovně právní vztahy. Na ustanovení zákoníku práce navazují prováděcí a další související předpisy.

Priority pro tvorbu národní politiky BOZP v ČR jsou:

- prevence, tvorba a podpora preventivních opatření,
- zajištění stability práva v oblasti BOZP,
- podpora vzdělávání a znalostí souvisejících s BOZP včetně osvěty a propagace,
- podpora tvorby bezpečného a zdraví neohrožujícího pracovního prostředí,
- podpora bezpečného a zdraví neohrožujícího chování,
- omezení počtu pracovních úrazů a nemocí spojených s výkonem práce.

Dle knihy [20] jsou pro plnění požadavků z oblasti BOZP osvědčené:

- mít specialistu pro bezpečnost práce,
- provádět pravidelně hodnocení rizik,
- mít nouzový plán,
- dbát o výcvik zaměstnanců v ochraně zdraví a bezpečnosti,
- zajistit používání osobních ochranných pomůcek,

- respektovat kritéria ergonomie,
- správně uspořádat pracoviště,
- provádět pravidelně kontrolu a regulaci hluku,
- provádět pravidelně kontrolu a regulaci klimatických podmínek,
- provádět pravidelně kontrolu a regulaci vibrací,
- provádět pravidelně kontrolu a regulaci elektrických zařízení,
- provádět pravidelně kontrolu a regulaci osvětlení,
- provádět pravidelně kontrolu a regulaci záření,
- dbát na správné označení chemických látek,
- správně umísťovat značky podporující bezpečí a zdraví zaměstnanců,
- udržovat hygienu v prostředí, v šatnách, jídelnách, odpočívárnách, toaletách a jinde,
- regulovat pracovní zátěž,
- zajistit komunikaci mezi zaměstnavatelem a zaměstnanci.

2.3.4.2. Řízení lidského faktoru ve prospěch bezpečnosti technického díla

Selhání lidského faktoru čili lidská chyba je odchylka lidského výkonu od plánovaného, žádoucího anebo ideálního standardu. Po většinu 20. století byl převažující pohled na lidskou chybu většiny podniků takový, že vina za vznik nehody byla přisuzována zaměstnanci, jehož akce byly nejbližší spjaté s danou nehodou – např. člověk, který obsluhoval systém v době nehody. V dnešní době lze vysledovat zcela opačný trend. Člověk je považován za myslící bytost, která je „ponechána na milost“ řadě designovaným, organizačním a momentálním faktorům, které mohou vést k jednání, na které může být vnějším pozorovatelem nahlíženo (i když často neoprávněně) jako na lidskou chybu. Není vůbec jednoduché stanovit, kdy se přiklonit k variantě, že chyba byla způsobena opravdu člověkem, a kdy k ní byl donucen okolnostmi. Vyžaduje to mnoho zkušeností v daném oboru, aby byl posuzovatel schopen vyhodnotit, co se stalo, jak se to stalo, a hlavně co bylo skutečnou příčinou nehody.

Z hlediska řízení je selhání / porucha výsledkem procesu skládajícího se z **iniciace** (chybné úkony, omyly, porušení pravidel, neznalost), **příspěvajících vlivů** (nesprávná organizace, nesprávné rozhodování) a **šíření poruchy** vedoucí až k havárii (organizační nefunkčnost); podrobnosti ukazuje Reasonův model diskutovaný v práci [7]. Lidský faktor ve smyslu lidské chyby (selhání člověka) dělíme na úmyslné a neúmyslné. Dochází k nim při:

- provádění činností (jejich zdrojem je: rutinérství; nedodržení provozních a bezpečnostních předpisů; opomenutí; špatný zdravotní stav; špatné podmínky na pracovišti; atd.);
- řízení (jejich zdrojem je neznalost; nerespektování zákonitostí přírodních, technických, ekonomických a sociálních; arogance; apod.).

Na základě analýz velkých havárií (např. Bhópál 1984, Seveso 1976, Černobyl 1986, Mexico City 1984, Toulouse 2001, Enschede 2000, Buncefield 2005, Lvov 2007, Mexický záliv 2010 atd.) [4] se ukázalo, že škody způsobené chybami v řízení jsou

zpravidla daleko vyšší než chyby při provádění činností, a proto v souvislosti s lidským faktorem je kladen důraz na úroveň řízení bezpečnosti.

Výsledky výzkumu lidského faktoru [125-127] ukázaly:

1. Pro analýzu lidských chyb je vhodný postup hodnotící lidskou spolehlivost a důsledky jejího selhání HRA (Human Reliability Assessment). Pro analýzu vlivu lidského faktoru je například vhodný jednoduchý model SHELL pro analýzu vlivu lidského faktoru: **S**oftware (chybné chápání procedur, špatně napsané manuály, chybné kontrolní seznamy atd.); **H**ardware (nevhodná zařízení, nedostatečná údržba atd.); **E**nvironment (špatné pracovní prostředí a podmínky apod.); a **L**iveware (vztahy na pracovišti, motivace, nedostatečná supervize apod.).
2. Analýza lidské spolehlivosti obvykle vychází z hodnocení lidských chyb. Pro jejich modely se nyní používají často síťové modely, tj. Bayesovské, Petriho aj. sítě. Identifikují se různé scénáře výskytu lidských chyb a následných dopadů, a stanovuje se pravděpodobnost výskytu lidských chyb v konkrétních podmínkách. Do systému systémů, který je modelem lidského systému tak přibývá další systém, a to sociální. Někdy se pro zvážení neurčitostí používá mlhavý Bayesovský model.
3. Při nouzových situacích je důležité, aby lidé byli samostatní a aby dostali sebe i ostatní na bezpečné místo. Samostatnost se zvyšuje, když lidé znají obsah varovacích instrukcí a znají, jak se chovat. Efektivitu varovacích instrukcí ovlivňuje mnoho faktorů – osobní charakteristiky, způsob zpracování informace člověkem, chování člověka, sociální vlivy, nepřímé informace aj.
4. Ke zranitelnosti systému systémů přispívá i zranitelnost, kterou představují lidé, tj. sociální systém.

Výsledek šetření nehod a havárií, který zní „chyba pojmenované konkrétní osoby (zaměstnanec u zařízení, pilota, řidiče apod.)“ však nijak nepomáhá při prevenci nehod a havárií, nýbrž působí spíše kontraproduktivně, protože poukazuje pouze na to, KDE v systému se chyba stala, nikoliv PROČ se tam stala. Chyba způsobená člověkem v komplexním systému mohla být vyvolána špatným návrhem, stimulována neadekvátním výcvikem, špatně vytvořenými provozními postupy, nedokonalým konceptem eventuálně nevhodným zpracováním provozních předpisů nebo manuálů. Citovaný výsledek tak dovoluje skrýt další zásadní příčiny nehody nebo havárie, které jinak musí být brány v úvahu při prevenci nehod a havárií.

Omezování rizik v rámci řízení bezpečnosti [1,4] pokrývá několik okruhů:

- bezpečnost procesů,
- ochrana zdraví a bezpečnost zaměstnanců (bezpečnost práce),
- omezování dopadů na životní prostředí.

Analýza dopadů řízení na bezpečnost podniku či území může vycházet z modelu organizační havárie. Organizační havárie se skládá ze tří základních prvků:

- organizačních procesů,
- podmínek, které působí vznik chyb nebo porušení předpisů,
- chyb a/nebo porušení předpisů [15].

Organizační procesy zahrnují čtyři procesy, které jsou součástí každé technické či technologické organizace: projekci a konstrukci, výstavbu, provoz a údržbu. Uvedené procesy jsou zabudovány ve třech provázaných činnostech:

- stanovení cílů v rámci hospodářské a sociální situace podniku,
- organizace podniku pro splnění stanovených dlouhodobých strategických cílů,
- řízení provozních činností.

Každý z uvedených procesů a činností si vytváří svůj vlastní obecný druh scénáře selhání:

- stanovení cílů - neslučitelné cíle,
- organizace - nepřiměřené struktury,
- řízení - špatná komunikace, špatné plánování, nepřiměřená kontrola a sledování,
- projekce a konstrukce - chybná projekce, neodpovídající zábrany,
- výstavba - nevhodné materiály, neodpovídající zábrany,
- provoz- špatné provozní postupy, špatné školení a vzdělávání,
- údržba: špatný rozvrh údržby, špatné postupy údržby.

Podmínky, které působí vznik lidských chyb, jsou:

- neseznámení s úkolem,
- nedostatek času,
- špatný odstup signálu od šumu,
- neporozumění mezi konstruktérem a uživatelem,
- nevratnost chyb,
- zahlcení informacemi,
- záporný převod mezi úkoly (špatné předání úkolů),
- špatné vnímání (podcenění) rizika,
- špatná zpětná vazba v systému,
- nezkušenost,
- špatné pokyny a postupy,
- nedostatečná kontrola,
- nevhodné vzdělání osoby pro daný úkol,
- nepřátelské prostředí,
- monotónnost a nuda.

Podmínky, které působí porušení předpisů a pravidel jsou:

- nedostatek kultury bezpečnosti v organizaci,
- rozpory mezi řídicími pracovníky a zaměstnanci,
- špatná morálka,
- špatný dohled a kontrola,
- normy tolerující porušování předpisů,
- špatné vnímání zdrojů rizik,

- postřehnutelný nedostatek péče a zájmu vedoucích pracovníků,
- malá hrdost na vlastní práci,
- machrovský přístup k práci, který povzbuzuje podstupování rizik,
- víra, že se nemůže nic špatného stát,
- nízká sebeúcta,
- poznaná bezmocnost,
- postřehnutelné povolení pro porušování pravidel,
- obojaká, dvojsmyslná nebo zjevně nesmyslná pravidla,
- věk a pohlaví - mladí muži se dopouštějí porušování pravidel.

Nebezpečné konání se dá rozdělit na chyby a porušení předpisů / pravidel:

1. Chyby, které se dějí jako důsledek problémů v informačních procesech, se dají pochopit ve vztahu k poznávacím funkcím jednotlivce. Dají se minimalizovat školením, zlepšením pracovišť, rozhraní, lepším informováním atd.
2. Porušení předpisů / pravidel, které jsou založeny na motivaci. Jsou společenským jevem a dají se pochopit jen v souvislostech dané organizace. Porušení se musí odstranit změnou přístupů, přesvědčení, norem, morálky a kultury bezpečnosti.

Na základě práce [126] a dalších v systému řízení bezpečnosti technického díla je zásadně důležitý úkol, jak zabránit selháním člověka. Na základě výzkumů [125-128] lze předcházet selháním člověka při činnosti a řízení když:

1. Řízením odborných záležitostí jsou pověřováni jen odborníci se schopností vést pracovní kolektivy (jít příkladem, umět vysvětlit, podpořit, zabránit šikaně apod.).
2. Je zajištěno kvalifikované řízení procesů, které vytváří projekty a ty následně programy, jejichž výsledkem jsou produkty, tj. výsledky organizace.
3. Jsou vytvořeny podmínky pro kvalifikovanou práci.
4. Je zajištěno dostatečné vzdělání pracovníků a systém poskytování výpomoci při řešení složitých úkolů.
5. Je zajištěna motivace a stimulace pracovníků pro dodržování provozních a bezpečnostních předpisů.
6. Je prováděna důkladná kontrola procesů a jejich propojení do projektů a následně i programů, která kvalifikovaně a cíleně zabraňuje úmyslným i neúmyslným chybám.

Morální principy lidské společnosti řídicí se zásadami OSN stanovují, že hazardování s lidskými životy a zdravím je nepřijatelné, tj. není tam tolerovatelné riziko. Uvedený princip by měl být určující při výběru personálu technických děl, na jehož činnosti závisí lidské životy, a to přímo (řidiči, piloti apod.) i nepřímo (řídicí pracovníci z území, podniků a jiných entit, kteří rozhodují o činnostech a opatřeních, které jsou přímo nebo zprostředkovaně spojené s nepřijatelným rizikem pro osoby, majetek a další základní chráněná aktiva.

2.4. Udržitelný provoz technických děl za přiměřených nákladů

Aby provoz technických děl byl udržitelný, tak musí být bezpečný, tj. spolehlivý po stránce technické i časové, a ani za kritických podmínek by neměl mít nepřijatelné dopady na sebe a své okolí, je nutné zvažovat:

- rizika spojená s pohromami všeho druhu, tj. i se ztrátou zisku či se ztrátou souladu s požadavky veřejné správy v daném území,
- dopady pohrom,
- zranitelnosti území a chráněných veřejných aktiv, které se nachází v daném území,
- domino efekty, které se v určitém místě mohou vyskytnout,
- vnitřní vazby a toky v technickém díle i v území i ty přes rozhraní,
- chyby při řízení a správě jak technického díla, tak území, a to hlavně při opatřeních a činnostech odezvy a obnovy, které jsou obvykle prováděné v časovém presu,
- možné náhodné kombinace možných jevů v místě.

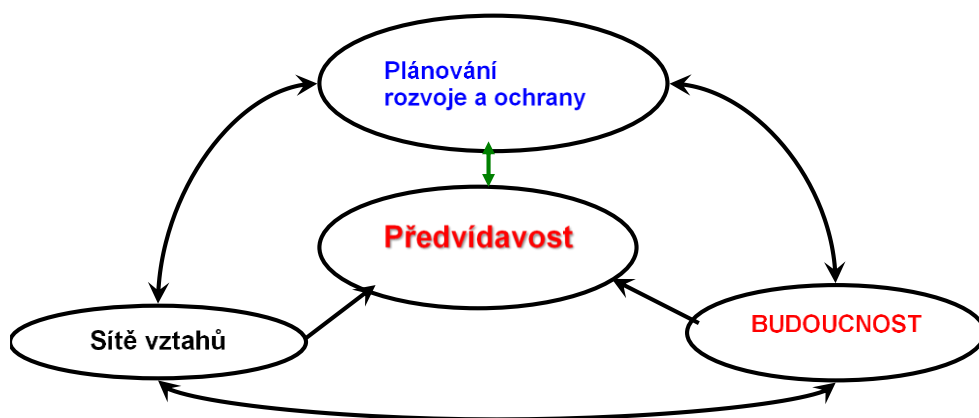
Nástroje pro zajištění požadavků jsou vyjmenovány v kapitole 1.

2.4.1. Pojetí udržitelnosti technických děl

Bezpečnost technického díla při provozu je třeba udržovat na jisté úrovni a pomocí zlepšování kultury bezpečnosti a resilience ji kontinuálně zvyšovat. Podle práce [129] je resilience (houževnatost) definována takto: „**Houževnatost je potenciál systému, který spočívá ve specifickém uspořádání, které udržuje funkce a zpětné vazby systému, které zahrnují schopnost systému reorganizovat se na základě změn vyvolaných poruchami**“. Řízení resilience, které má dva cíle:

1. Zabránit, aby se systém dostával do nežádoucích stavů v důsledku vnějších poruch a vnější zátěže.
2. Uchovat prvky aktivující systémovou reorganizaci a obnovu v důsledku masivních změn.

Z hlediska řízení rizik [1] je nutné také věnovat péči snižování zranitelnosti systému a posilování adaptability systému, protože **udržitelnost je neustálé přizpůsobování se měnícím se podmínkám** [1,12]. To znamená, že udržitelný musí být jak přírodní systém (tzv. zelená infrastruktura), tak i systém budovaný lidmi (tzv. šedá infrastruktura) a jejich propojení. Orientace na propojení vztahů „šedé“ a „zelené“ infrastruktury spoléhá na technologie, které by měly vyřešit aktuální i budoucí problémy. Nové technologie však vnášejí do zelené infrastruktury nejistotu a neurčitost, poněvadž environmentální dopady technologií se obtížně předvídají. Proto je žádoucí používat a rozpracovat metodiku předvídavosti nejen na technologické, ale i na společenské úrovni (Societal Foresight), která se zaměřuje na trendy chování „šedé“ infrastruktury (např. teorie normálnosti havárie, vysoce spolehlivá organizace, industriální ekologie) a zelené infrastruktury (adaptivní environmentální management, industriální ekologie apod.), viz představa na obrázku 17.



Obr. 17. Metodický rámec pro zjištění chování „šedé“ infrastruktury, tj. technických děl.

Z výše uvedeného vyplývá, že cílem by nemělo být jen výčtové stanovení kritických prvků, kritických jevů apod., ale cílem by mělo být monitorování udržitelné existence (sustainable livelihoods), protože v ní se kumulují všechny vlivy udržitelné „šedé“ a zelené infrastruktury. V publikaci [130] se uvádí přehled metod vhodných pro analýzu udržitelnosti existence (živobytí); tabulka 10.

Tabulka 10. Metody vhodné pro analýzu udržitelnosti; zpracováno dle [129].

| | |
|-------------------------|---|
| Výstupy | Sociální mapa Kauzální diagram Modely environmentálních změn |
| Strategie | Zobrazení migrace různého typu |
| Aktiva | Tzv. diagram „živobytí“ Sociální síť |
| Institucionální procesy | Vennovy diagramy Síťová analýza Kauzální a tokové diagramy Historická analýza |
| Kontext zranitelnosti | Analýza hydrologických a meteorologických dat Analýza historických vlivů a souvislostí |

Metody musí specifikovat parametry pro různou systémovou udržitelnost, tj. pro udržitelný:

- ekonomický a technologický systém, tj. pro rozmanitost odvětví, kvalifikovanou pracovní sílu, inovace, robustní infrastruktury, účelný pohyb zboží a služeb, dostupnost technologií, eko-účinnost,
- sociální systém, tj. pro soudržnost komunity, sociální kapitál, ochranu, bezpečnost a bezpečné prostředí, vztah k místu, udržování kulturního dědictví, mobilitu, rovnost příležitostí, zelenou infrastrukturu a rekreační možnosti,
- environmentální systém, tj. pro zdravou a kvalitní půdu, biorozmanitost, funkční zelenou infrastrukturu, biokoridory a propojené biolokality, environmentální toky, kvalitu vody a ovzduší, charakter krajiny.

Zajištění udržitelnosti všech systémů však vyžaduje kvalitní veřejnou správu, tj. transparentnost a odpovědnost v rozhodování, kompetentnost, schopnost předjímat budoucí situace.

Udržitelnost / udržitelný rozvoj každého systému, tj. i technického díla, je z odborného hlediska koncept, který je ukotven v čase a vztahuje se k systému (technickému dílu) jako celku. Podle [131,132] platí, že pro podporu bezpečného technického díla je třeba udržitelný rozpočet technického díla. Uvedený způsob hledání rovnováhy odráží fakt, že současný ekonomický růst nemá zabudovány mechanismy pro dlouhodobé přežití (speciálně nemá dostatečnou houževnatost - resilience).

Ze systémového hlediska technické dílo vytvářené jako udržitelný systém musí mít atributy **produktivity, resilience**, (houževnatosti = stabilita a spolehlivost), **adaptability a zranitelnosti**. To znamená, že lze předpokládat souvislosti, které jsou uvedené na obrázku 18. Protože sledované vlastnosti jsou vzájemně spjaty, tak ve vztahu k existenci systému je na vrcholu udržitelnost. Rozhodování o adaptivní kapacitě systému je pak dáno vztahem, který je uveden v rozhodovací matici v tabulce 11.



Obr. 18. Vztah mezi udržitelností, zranitelností a houževnatostí (resilience).

Tabulka 11. Adaptivní kapacita systému.

| Dopady | Adaptivní kapacita | |
|---------------|---------------------|----------------------|
| | <i>Nízká</i> | <i>Vysoká</i> |
| <i>Vysoké</i> | <i>Zranitelnost</i> | Příležitosti rozvoje |
| <i>Nízké</i> | Zbytková rizika | <i>Udržitelnost</i> |

Cílem řízení udržitelnosti technického díla prostřednictvím řízení rizik nebo vyššího typu řízení, tj. prostřednictvím řízení bezpečnosti, je zabránit, aby se technické dílo dostalo do nežádoucích, tj. nepříjemných stavů a uspořádání [4-6]. Řízení udržitelnosti musí vycházet z řízení resilience [129], které má dva cíle, jak bylo výše uvedeno.

Z hlediska řízení rizik [1] je nutné také věnovat péči snižování zranitelnosti technického díla a posilování jeho adaptability, protože **udržitelnost je neustálé přizpůsobování systému měnícím se podmínkám** [4-6]. Proto je žádoucí používat a rozpracovat metodiku předvídatosti nejen na technologické, ale i na společenské úrovni (societal foresight), která se zaměřuje na trendy chování lidmi vytvořeného prostředí (např. teorie normálnosti havárie, vysoce spolehlivé organizace, industriální ekologie) a životního prostředí (např. teorie adaptivního environmentálního managementu, industriální ekologie apod.).

V práci [133] byl vytvořen kontrolní seznam pro posuzování plánu udržitelnosti technického díla, tabulka 12.

Tabulka 12. Kontrolní seznam pro posuzování plánu udržitelnosti technického díla.

| Otázka | Hodnocení |
|--|-----------|
| Je plán pro udržitelný rozvoj technického díla veden jasnou představou a sledovanými cíli? | |
| Uplatňuje se v plánu pro udržitelný rozvoj technického díla princip celistvosti (tj. uvážení prosperity sociálního, ekologického a ekonomického subsystému; vyjádření nákladů a užitků; dopadů a přínosů ekonomické aktivity pomocí peněžních i nepeněžních hodnot)? | |
| Jsou v plánu pro udržitelný technického díla rozvoj zvaženy podstatné elementy (např. spravedlivá dělba využívání zdrojů mezi současnou generací a generacemi budoucími; nadměrná spotřeba a chudoba; lidská práva; ekologické poměry podmiňující život; prosperita umožněná ekonomickým rozvojem a mimotržními činnostmi)? | |
| Má plán pro udržitelný rozvoj technického díla přiměřený rozsah (např. vhodné měřítko času a prostoru)? | |
| Je plán pro udržitelný rozvoj technického díla prakticky zaměřen (např. explicitně definované kategorie, které spojují vytyčenou představu s indikátory a kritérii; omezený počet klíčových cílů; omezený počet indikátorů; standardizovaný způsob měření a porovnávání; referenční hodnoty indikátorů, prahové hodnoty, vývojové trendy)? | |
| Je plán pro udržitelný rozvoj technického díla otevřený (např. všeobecně přijaté metody a databáze; explicitní věrohodnost, vyloučení nejistoty)? | |
| Je v plánu pro udržitelný rozvoj technického díla zahrnuta efektivní komunikace v zájmové společnosti? | |

| | |
|--|--|
| Podílí se na plánu technického díla pro udržitelný rozvoj široká veřejnost? | |
| Počítá se v plánu pro udržitelný rozvoj technického díla s následným posuzováním (např. upřesňování postupných cílů vlivem vývoje systému)? | |
| Jsou v plánu pro udržitelný rozvoj z technického díla zabezpečeny kapacity institucí (např. určení odpovědnosti za dodržení cílů rozhodovacího procesu, sběr a uchovávání údajů, dokumentace)? | |
| CELKEM | |

2.4.2. Pružná odolnost (resilience) a její řízení

Houževnatost (pružná odolnost či resilience) systému je jeho schopnost odpovědět na porušení na základě monitorování, poučení a předvídání vývoje.

Hollnagel [73,77] ukázal, že selhání složitých systémů nemusí být jen důsledkem malfunctions nebo špatného projektu, ale také interdependences (vnitřní propojení), která se vyskytují mezi komponentami. Údaje v dalších pracích shrnuté v [4,6,7] uvedenou skutečnost potvrzují. Proto z důvodu zajištění bezpečnosti je nutné dbát nejen o technickou odolnost (resilienci) technického díla, ale i o tzv. organizační odolnost (resilienci) technického díla (o resilienci je také pojednáno v práci [32]).

ASME [134] definuje resilienci u technického díla jako schopnost systému řídit poruchy způsobené vnitřními a vnějšími škodlivými jevy s cílem zajistit kontinuitu provozu. Inženýrství resilience je strategický koncept, který zavádí nový pohled na bezpečnost. Klade důraz na propojení lidského faktoru, teorie řízení a inženýrství bezpečnosti.

Při zajištění resilience je třeba sledovat faktory: závazek řídicí struktury – vrcholové manažeři mají povinnost odstranit problémy v lidské práci tak, aby se zvyšovala bezpečnost (mají k tomu nástroj zlatá pravidla [9]; kulturu bezpečnosti; poučení z nežádoucích jevů; povědomí o rizicích; připravenost řešit problémy; a flexibilita – schopnost práce za kritických podmínek.

V práci [135] se uvádí, že organizační resilience patří do kapacity každé organizace, která rozhoduje a řídí akce během nouzové situace, tj. platí i pro technické dílo, protože i to musí počítat s výskytem nouzových situací. Organizační resilience má šest hlavních principů:

- výcvik a připravenost,
- situační povědomí,
- připravený personál,
- propojení,
- odpovědné vrcholové řízení,
- a flexibilitu.

Autoři odvodili procentuální zastoupení překážek v organizační resilienci uvedené v tabulce 13.

Tabulka 13. Problémy, které snižují organizační resilienci technického díla; zpracováno dle [135].

| Překážka | Procentní zastoupení |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Nedostatek času na sběr dat | 16% |
| Nedostatek iniciativy | 12% |
| Existující hierarchie | 13% |
| Problémy důvěrnosti a zabezpečení | 10% |
| Nedostatečný zisk | 12% |
| Nesrozumitelné šíření informací | 11% |
| Strach z kritiky | 9% |
| Nedostatek důvěry | 9% |
| Technické problémy | 8% |

To znamená, že každý nouzový plán musí obsahovat postup a mít zajištění: personálu odezvy; technické; materiální; organizační; a informační. Orientace na zajištění pružné odolnosti – resilience (houževnatosti) znamená:

- prozkoumat možné scénáře pohrom předem za použití realistických představ,
- nakládat s nechtěnými nebo překvapujícími jevy způsobem, že se sníží jejich důsledky a zajistí se obnova normálního stavu,
- využít v praxi poučení založené na pestrosti možných pohledů řešení.

Je si třeba uvědomit, že právě typ řízení Total Quality Management (TQM) v inženýrském pojetí [136] propojuje technické a sociální aspekty. Resilience je de facto vlastnost systému, která zajišťuje, že při výskytu pohromy se systém s poškozením vyrovná v rozumné době, tj. za přijatelnou dobu zase plní požadované funkce. Obecně je resilience kapacita sociálního systému (organizace, město, stát, společnost) proaktivně se přizpůsobit a zotavit se z nadprojektových pohrom.

Cílem inženýrství zaměřeného na resilienci je dodat odolnost technickému systému vyhodnocením a posílením schopnosti podniku vypořádat se s výzvami. Má 5 kroků:

- identifikace klíčových organizačních cílů, procesů a metod,
- formulace a implementace strategií a plánů a měření a hodnocení výkonu procesů spojených s implementací,
- nastavení cílů výkonu a úrovní, pro které cíle platí,
- vytvoření systému odměn a určení dopadů při nedosažení nebo přesažení cílů,
- identifikace toků informací.

Presidentská direktiva USA č. 21 z roku 2013 [137] v souladu s pracemi [138,139] požaduje, aby sítě kritické infrastruktury byly zajištěny tak, aby vydržely a rychle se

zotavily po napadení všemi ohroženími (All Hazards). Analýza odborných prací a požadavků ukazuje, že resilience systému kritické infrastruktury (chápané jako kyberfyzická-sociální síť [5]) je její schopnost:

- redukovat změny způsobené poruchami jejího výkonu a služby veřejnosti,
- absorbovat důsledky pohrom nebo poruch, když se vyskytnou,
- rychle obnovit po pohromě nebo poruše činnost přechodem na normální výkon a služby,
- a když je to nutné, tak použít krizové scénáře a možné jiné provozní podmínky.

Kapacita resilience je v odborné literatuře obvykle klasifikována 4 stupni:

- preventivní kapacita je míra schopnosti systému očekávat a připravit se na škodlivý jev, např. vybudováním budov, konstrukcí komponent, monitoringem, prováděním hodnocení rizik atd.,
- absorpční kapacita je míra mezní schopnosti systému vydržet náhlou redukcí výkonu,
- adaptivní kapacita je míra schopnosti systému se přeorganizovat tak, aby se vypořádal s neočekávanými novými podmínkami provozu,
- regenerační kapacita systému je míra schopnosti systému být snadno opraven po pohromě či poruše.

Národní programy na ochranu kritické infrastruktury [2] obvykle řeší kaskádovitá selhání kvůli velkému množství propojení sítí, která vytváří závislosti. Kaskády se dle [6,140] obvykle charakterizují:

- typy iniciačních jevů,
- prostorovým rozsahem iniciačních jevů,
- prostorovým rozsahem dopadů kaskád,
- geografickým umístěním,
- dobou trvání,
- seznamem napadených systémů,
- typy závislostí, které způsobily kaskádovité selhání.

Při práci s riziky kritické infrastruktury používáme:

- analýzy vnitřních závislostí (interdependences) v kritické infrastruktuře na základě historických dat o pohromách, haváriích a zkušenostech,
- metodu od spodu nahoru – analyzuje se chování kritické infrastruktury při různých interakcích samostatných činitelů,
- metodu od shora dolů – řízení a analýza systémů zahrnujících interdependence,
- ekonomické analýzy,
- síťové metody.

Kaskádová selhání jsou závažným problémem pro budoucí rozvodné sítě a obecně nejsou léčitelné analyticky. Pro realistickou analýzu kaskádovitých selhání jsou používány speciální modely pro simulaci. Jedná se obecně o výpočetně nákladné

modely, které zahrnují mnoho parametrů a proměnných, anebo heuristiky či scénáře historických událostí.

Je dobré si uvědomit, že společenská (societal) pružná odolnost označuje schopnost sociálních skupin nebo komunit se vyrovnat s vnějšími pohromami, které jsou důsledkem změn společenských, politických a ekologických.

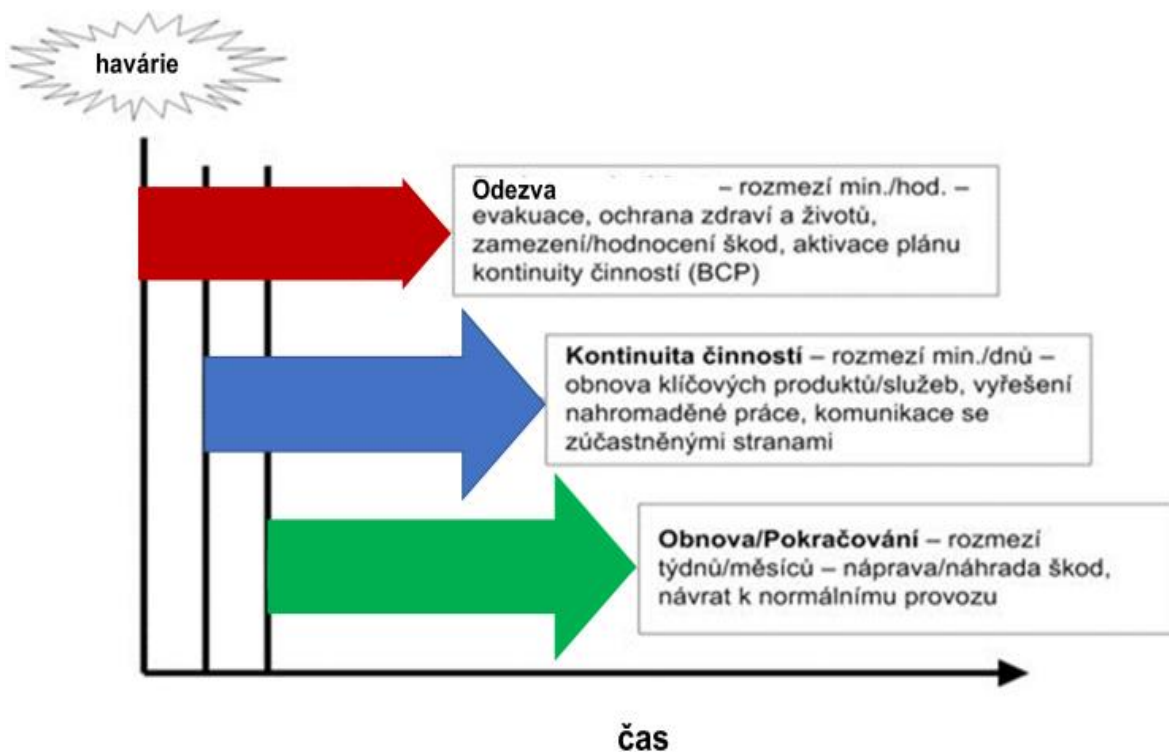
Inženýrství pružné odolnosti (Resilience Engineering) je originální přístup v řízení bezpečnosti, který klade důraz na tvorbu kapacit pro přizpůsobení se rozmanitým situacím, které se mohou vyskytnout, jako hlavní cíl postupů řízení bezpečnosti. Pružná odolnost je důležitá hlavně tam, kde je provoz zacílen na výkon [141]. Když chceme něco zvládnout, tak nejprve to musíme detekovat. Proto EU projekt Horizon 2020 ES DARWIN [142] zpracoval pokyny pro pružnou odolnost Evropy:

1. Podpora společného základu pro spolupráci mezi organizacemi.
2. Vytváření sítí pro podporu inter-organizační spolupráce.
3. Zajištění, aby aktéři zapojení do řízení pružné odolnosti jasně chápali společnou odpovědnost a odpovědnosti dalších subjektů.
4. Posilování schopnosti přizpůsobit se očekávaným i neočekávaným situacím.
5. Vytváření kapacity pro přizpůsobení během krizí a jiných událostí, které zpochybňují normální plány a postupy posuzování odolnosti.
6. Identifikace zdrojů pro zajištění pružné odolnosti.
7. Detekce křehnutí komunit a systémů.
8. Hodnocení pružné odolnosti komunit s cílem chápat a rozvíjet schopnost řídit krize; vypracovávat a přezkoumávat postupy a používat kontrolní seznamy.
9. Řízení politik, do kterého jsou systematicky zahrnuti: tvůrci politiky; pracovníci pro řešení pohrom událostí a narušení; i veřejnost.
10. Řízení interakcí veřejné správy s veřejností v době kritické situace.

Jelikož technická díla jsou součástí lidských komunit, tak pro ně platí analogické pokyny.

2.4.3. Kontinuita provozu technického díla a její zajištění

Na základě poznání a zkušeností je třeba zvažovat, že přes všechna opatření a činnosti ve prospěch bezpečnosti technického díla, se vyskytne situace, při které dojde ke snížení úrovně bezpečnosti, která povede k tomu, že technické dílo nesplní své úkoly (výrobky či služby). Způsobí ji výskyt velké živelní pohromy, teroristický útok, zničení základní technické komponenty, rozpad řídicího systému apod. U kritických systémů dochází k narušení základních funkcí státu selháním obslužnosti, a u vlastníků k velkým ekonomickým škodám. Proto se do praxe ve vyspělých zemích zavedl **plán pro zajištění kontinuity provozu** (anglicky Business Continuity Plan, zkratka BCP), což je plán, který pomůže zajistit provoz technického díla a jeho provoz v situacích, kdy je firma ohrožena nebo čelí nějaké katastrofě. Jeho cílem je co nejrychlejší a nejhladší návrat do normálního stavu. Klíčovou součástí je proces obnovy - tedy soupis všech aktivit a činností, které povedou k rychlé obnově normálního stavu [143-148]; obrázek 19.



Obr. 19. Postup reakce na realizaci rizik; zpracováno dle [144].

Na základě citovaných prací je předmětný plán vytvářen vrcholovým řídicím orgánem technického díla a je demonstrován i vyčleněním odpovídajících zdrojů k řízení kontinuity a jasným přidělením povinností a odpovědností u činností v oblasti kontinuity. Zajištění kontinuity je pochopitelně možné jen na základě dobré práce s riziky a dobrým hospodařením s dostupnými zdroji (tj. aplikací CBA [46]). Proto jak dle citovaných pramenů, tak dle pokrokové práce s riziky [7], je základem:

- identifikace kritických činností, procesů a zdrojů, které podporují klíčové produkty nebo služby technického díla,
- provedení analýzy dopadů realizovaného rizika (pohromy) na technické dílo v čase, přičemž pozornost se soustřeďuje především na narušení dodávek klíčových produktů nebo služeb. Klíčovými výstupy analýzy pro činnost technického díla jsou:
 - stanovení maximální tolerované doby narušení procesu / činnosti (*Maximum Tolerable Period of Disruption, MTPD* nebo také *Maximum Tolerable Outage, MTO*),
 - cílové doby obnovy (*Recovery Time Objectives, RTO*) spolu s minimální požadovanou úrovní funkčnosti služeb (*Level of Business Continuity, LBC*),
- provedení hodnocení rizik (*Risk Assessment*) ve vztahu ke zdrojům využívaných v identifikovaných kritických činnostech (pro technické dílo se musí zvolit vhodná metodika hodnocení rizik vyhovující jeho požadavkům, která umožní řídicímu orgánu technického díla porozumět dopadům pohromy na zdroje, zranitelnostem těchto zdrojů a dopadům na celé technické dílo, pokud se při pohromě projeví zjištěné zranitelnosti a způsobí přerušení činností),

- výběr vhodných opatření pro zvládnání rizik, která jsou navržena ke snížení pravděpodobnosti narušení, zkrácení doby narušení činností a k omezení dopadu narušení na klíčové produkty a služby technického díla.

Při sestavování konkrétních plánů se v praxi používá metodika a nástroj CRAMM (CCTA Risk Analysis and Management Method) [46,149].

Cílem řízení kontinuity je zajistit spojitý provoz kritických procesů alespoň na úrovni, která neohrozí významně výrobu a služby [145-147]. Zahrnuje přístup, jehož cílem je navrhnout opatření, pomocí kterých technické dílo přežije kritické situace. Vychází z informací:

- kritické (prioritní) pohromy – popis, matice rizik,
- funkce technického díla – popis, posouzení jejich kritičností při kritických pohromách, velikost rizik,
- závislosti – popis, posouzení jejich kritičností při kritických pohromách, velikost rizik,
- přispívající faktory – opatření a cíle pro snížení rizik, ke kterému mohou přispět,
- citlivosti – identifikace faktorů, které přispívají hodně k riziku technického díla – plán řízení rizik.

Management kontinuity podnikání (Business Continuity Management - BCM) je přístup celé společnosti, zajistit, aby kritické procesy podnikání byly udržovány v procesu i při velkých vnitřních nebo vnějších událostech. Jde o řízení nežádoucího jevu tak, aby se minimalizovaly jeho dopady. Cílem managementu je udržet úroveň výkonu daného podnikání.

Řízení kontinuity se váže na pružnou odolnost, která se vyznačuje tím, že ovlivňuje vlastnosti zotavení socio-technického systému. Autoři Hosseini et al. [141] považují schopnost obnovení funkcí systému za klíčovou součást pružné odolnosti, když systém má schopnost zotavení tím, že vstřebá a přizpůsobí se rušivému jevu.

2.4.4. Přiměřenost nákladů na provoz technického díla

Klíčovým prvkem ekonomických analýz je souměřitelnost výstupů z jednotlivých variant. V praxi se nejčastěji používají dvě metody analýz [46]:

- analýza účinnosti nákladů (resp. nákladové efektivity – Cost Effectiveness Analysis - CEA),
- analýza nákladů a výnosů (resp. nákladů a užítku, dále jako CBA).

V případě první jmenované metody se cíle variant měří v naturálních a fyzikálních jednotkách (např. ušetřených kilometrech cesty či hodinách volného času, případech správně stanovené diagnózy či počtu studentů). Uvedená metoda se využívá zejména v případě, když se mezi sebou porovnávají varianty, které mají výstupy sice jiné kvantitativně, ale stejné povahy a navíc tyto výstupy pokládáme za žádoucí (tj. nesrovnáváme je s variantou „nedělat nic“). Můžeme se tím vyhnout obtížným technickým problémům spojeným s oceňováním některých výstupů. Typickými oblastmi, v nichž se tato metoda používá, jsou národní obrana, vnitřní bezpečnost, zdravotnictví atd.

Analýza nákladů a výnosů je naopak typická tím, že hodnocení cílů variant se provádí v peněžních jednotkách, aby je bylo možno poměřovat s náklady. Teoreticky představuje nejširší formu analýz, která umožňuje zjistit, zda kladné důsledky programu vyrovnávají jeho náklady. Představuje základní metodu, která se při oceňování veřejných výdajů používá. Předpokladem pro její použití je možnost vyjádřit veškeré její náklady a užitky v penězích. Právě tento požadavek je zdrojem nejčastějších problémů vyskytujících se při jejím zpracování. Dalším problémem je identifikace pokud možno všech významných nákladů a užitků možných variant. Ty mohou mít peněžní i nepeněžní formu; proto při zpracování analýzy nákladů a užitků je třeba se pokusit o převedení všech forem na peněžní jednotky, resp. o jejich ocenění. V některých případech je to krajně obtížné, avšak mimořádně škodlivé může být vyloučení neměřitelných výnosů z analýzy.

Oceňování nákladů a výnosů je klíčovým problémem. U každé položky je třeba nejprve posoudit, zda má svou tržní cenu či nikoliv. Pokud tržní cena položky existuje, je z poloviny vyhráno. Nezbyvá pak totiž nic jiného, než se přesvědčit, že tato cena není nějak zásadně deformována (např. existencí monopolu). V případě, že tržní cena prokazatelně neodráží společenské náklady, dochází ke stanovení tzv. stínové ceny, tj. ceny ošetřené o tyto deformující vlivy. Pokud nelze na trhu najít cenu pro danou položku, lze ji pracovním oceněním prostřednictvím tržní ceny podobných komodit - substitutů, pokud existují. Problémy nastávají tam, kde neexistují ani substituty. Potom musí zpracovatel prokázat značnou dávku fantazie a vynalézavosti. Existuje řada vyzkoušených metod, které dokáží do určité míry „ocenit“ i tak extrémní případy, jako je volný čas či dokonce zdraví. Výsledky však mohou být sporné, což může být v přímém rozporu s účelem zadání analýzy.

Vyjednávání s jakýmkoliv rizikem je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků, kvalifikovaných lidí apod. Proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné snížit riziko tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné. Optimálně je třeba při vyjednávání s riziky také zvolit místně specifické přístupy, protože dostupnost zdrojů, sil a prostředků je rozdílná a mění se v čase. *Míra snížení rizika (určitá optimalizace) je většinou předmětem vrcholového řízení a politického rozhodování správy organizace*, při kterém se využívají současné vědecké a technické poznatky a zohledňují se ekonomické, sociální a další podmínky.

Zajištění bezpečnosti technických děl vyžaduje systematický přístup. Je vhodné aplikovat následující model:

- stanovit co a proč je nutné chránit,
- stanovit minimální úroveň ochrany,
- posoudit současnou úroveň ochrany,
- v případě zjištění, že ochrana je nedostatečná navrhnout opatření,
- zajistit prostředky,
- aplikovat opatření pro ochranu,
- periodicky kontrolovat stav,
- udržovat ochranu na odpovídající úrovni,
- revidovat opatření v závislosti na vývoji.

Rozdělení kompetencí a odpovědností je zásadní a důležité v každé složitější činnosti lidské společnosti. Jasně by měla být vymezena dílčí odpovědnost za zajištění ochrany

jednotlivých sektorů technického díla, a spoluodpovědnost jednotlivých pracovníků na úrovních řízení.

Na základě skutečností uvedených výše jsou náklady na zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje technického díla souhrnné náklady vynaložené na vyjednávání s riziky. Tj. jsou to náklady na opatření a činnosti prevence, připravenosti, odezvy a obnovy, náklady na pojištění a rezervní náklady na nepředvídané situace vyvolané např. málo pravděpodobnou kumulací nežádoucích jevů. Z hlediska účinnosti jsou nejefektivnější náklady na prevenci [150]. Jsou však nákladné na znalosti, zdroje, síly a prostředky, jejich výsledek není okamžitě viditelný a je zřejmý až v budoucnosti po pohromě, a proto jejich aplikaci je správa technického díla obvykle nakloněna jen v období po velké pohromě. Z důvodů zajištění ochrany a udržitelného rozvoje je proto nutné právně prosadit vynutitelnost zásadních preventivních opatření právními předpisy.

Při zajištění přijatelné úrovně bezpečí v organizaci, které v sobě inherentně obsahuje dostatečnou úroveň udržitelného rozvoje nelze zanedbat skutečnost, že zdroje každé organizace jsou omezené a že každá činnost i opatření vyžaduje zdroje, síly a prostředky. Proto možná úroveň bezpečí odpovídá stavu technického díla, ve kterém mezní náklady na prevenci se rovnají mezním nákladům na odstranění škod (tj. nákladům na odezvu a obnovu). Lze konstatovat, že takto definovaná úroveň bezpečí je ekonomickým optimem pro technické dílo, které vymezuje obrázek 3 vpředu.

Teoretické optimum pochopitelně není obecně platné, je závislé na konkrétním technickém díle a podmínkách, protože podmínky i zdroje, síly a prostředky vlastníků jsou proměnné. Oblast přiměřenosti pak určuje vlastník a provozovatel technického díla, který buď přímo v oblasti své působnosti nebo prostřednictvím právních předpisů vyžaduje od ostatních zúčastněných realizaci určitých činností a opatření vedoucích k zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje. Pochopitelně správné řízení může provádět jen kvalifikovaná správa a jen na základě disponibilních zdrojů.

Dnes jsou již kvalifikované postupy na identifikaci možných škod, možných ztrát i možné újmy v konkrétní organizaci při jednotlivých pohromách (metodiky používané Swiss Re, Munich Re a další popsané v práci [150]) v závislosti na tom, jaká chráněná aktiva v technickém díle jsou a jaké jsou zranitelnosti daného technického díla. Jsou i postupy na vyčíslení nákladů na činnosti spojené s vyjednáváním s riziky, a proto je možné podle zdrojů, sil a prostředků konkrétního technického díla předurčit úroveň bezpečí zahrnující udržitelný rozvoj, které je v okolí teoretického optima. Z uvedeného je rovněž zřejmé, že bohatá technická díla mají predispozici zajistit vyšší úroveň bezpečí včetně udržitelného rozvoje než technická díla chudá, mezi které patří i technická díla ekonomicky bohatá, která se však soustřeďují jen na ekonomický růst a přehlížejí ostatní potřeby dnes i v budoucnu.

2.5. Soubor poznatků pro řízení rizik technických zařízení a děl

Jak již bylo výše několikrát řečeno, tak úroveň bezpečnosti technického díla závisí na úrovni a způsobu řízení rizik; podrobně je otázka popsána v práci [7]. Jde o to, zda vlastník a provozovatel technického díla rizika v technickém díle existující v době současné i předvídatelná rizika v době budoucí správně vyhledá, pochopí a vyhodnotí a zda s nimi optimálně naloží. Vyjednávání s riziky spočívá v tom, že se správně ocení

velikost možných pohrom všeho druhu, které jsou zdrojem rizik pro technické dílo, a vypořádají se rizika spojená s technickým dílem tak, aby byla přijatelná ve smyslu principu ALARA.

Princip ALARA dle [151] znamená, že rizikům, která jsou:

- obecně přijatelná se nevěnuje pozornost,
- podmíněně přijatelná se přizpůsobuje řízení technického díla tak, aby jejich dopady byly přijatelné,
- nepřijatelná se provádí zásadní prevence a na základě jejich soustavného monitoringu se upravuje řízení technického díla i řízení jeho okolí, aby nevznikly nepřijatelné dopady.

To znamená, že pro úspěšné řízení rizik technického díla, je třeba řešit prioritní rizika a jejich aspekty. Prioritní rizika jsou taková rizika, při jejichž realizaci průměrné škody, ztráty a újmy na chráněných aktivech na zvolenou časovou jednotku (např. 1 rok) jsou větší než zvolená hranice přijatelnosti. Korektně řečeno, jde o neošetřená rizika (někdy nesprávně nazývaná zbytková rizika), která zůstávají i po zavedení protipatření; důvody jsou různé – nedostatek znalostí, nedostatek financí, nedostatek kvalifikovaného personálu, vysoká náročnost apod.

2.5.1. Poznatky o rizicích technických zařízení a jejich hodnocení

Dle [3,7,68] hodnocení rizika je metoda stanovení hodnoty rizika v dané hodnotové stupnici. Podle konkrétní povahy předmětu hodnocení metoda spočívá ve srovnání s kritériem nebo souborem kritérií, která představují měřítka, určující, poznávací a rozlišovací znaky pro srovnávání. Některá z kritérií bývají dokonce jen kvalitativní a mnohá z nich jsou nesouměřitelná. Struktura procesu hodnocení závisí na dále uvedených faktorech:

- co je hodnoceno?
- kdy je hodnoceno, resp. vzhledem k jakému časovému okamžiku je hodnoceno?
- jak, tj. na základě jakých kritérií, je hodnoceno?

Jak bylo řečeno, hodnocení představuje uplatnění jistých kritérií, hodnotících funkcí nebo preferencí. To znamená, že když soubor kritérií nebo pořadí kritérií změním, tak není výsledek stejný.

Pro hodnocení, tj. určení míry rizika (a následně i míry bezpečnosti) se podle potřeby používají:

- alfabetycké stupnice (např. podle velikosti dopadu je riziko: zanedbatelné, malé, střední, velké, extrémní; nebo podle četnosti výskytu je riziko: nepravděpodobné, možné, časté, velmi časté, jisté),
- indikátory (číselné hodnoty pravděpodobnosti výskytu dopadu při realizaci rizika nebo číselné hodnoty velikosti dopadu při realizaci rizika), které jsou jistým způsobem vázané na uvedenou alfabetyckou stupnici (např. pro pravděpodobnost výskytu dopadu při realizaci rizika:
 - 1 – výskyt je vyloučený,
 - 2 – výskyt je nepravděpodobný,

- 3 – výskyt je možný,
- 4 – výskyt je velmi pravděpodobný,
- 5 – výskyt je téměř jistý;

pro velikost dopadu při realizaci rizika:

- 1 – škody a ztráty jsou zanedbatelné,
- 2 - škody a ztráty jsou nízké,
- 3 - škody a ztráty jsou střední,
- 4 - škody a ztráty jsou vysoké,
- 5 - škody a ztráty jsou extrémní).

Závažnost (významnost) rizik měřených indikátory se obvykle určuje pomocí rozhodovacích matic, ve kterých se skóruje pravděpodobnost výskytu dopadů a velikost ztráty způsobené dopady nebo pomocí prostého součinu indikátoru vyjadřujícího výši pravděpodobnosti výskytu dopadu a indikátoru vyjadřujícího velikost ztrát (např. v uvedené souvislosti jsou možnosti 1 až 25 a lze použít klasifikaci: je-li součin menší než 5, je riziko nevýznamné; je-li součin mezi 6 a 10, je riziko malé; je-li součin mezi 11 a 15 je riziko střední; je-li součin mezi 16 a 20 je riziko velké; je-li součin nad 20, je riziko extrémně velké),

- výsledky přesného stanovení nebo změření konkrétních škod a ztrát [1] (pro potřeby vyjednávání s riziky jsou zjištěné hodnoty srovnávané s prahovými hodnotami, např. přijatelné - škoda je menší než 0.01 měsíčního rozpočtu, nepřijatelné – škoda je větší nebo rovna 0.1 měsíčního rozpočtu a podmíněně přijatelné, když hodnoty jsou v mezi limitami (místo peněz lze použít hodnoty koncentrace škodlivých látek, množství odpadu, stupeň neplnění požadavků apod.).

Hodnocení má několik kvalitativních úrovní, srovnání se provádí vůči limitu danému konkrétní hodnotou, limitu danému konkrétní křivkou nebo konkrétním prostorovým útvarem v případě vícerozměrných problémů. U složitějších případů hodnocení se používají prediktivní metody, které jsou nejčastěji založeny na použití:

- exaktních výpočtů,
- statistických formulí,
- experimentálního sledování a matematického modelování,
- expertních přístupů, založených na odhadech, analogiích a zkušenostech,
- skórování veličin, tj. u nesouměřitelných veličin se používají metody multikriteriální analýzy, tj. např. rozhodovací tabulky.

Pro určité úkoly praxe, kterými je např. zajištění bezpečného technického zařízení, stačí často sledovat jen dopady dílčího rizika určitého procesu (např. stárnutí či opotřebení). Přitom není třeba znát jeho velikost zcela přesně, stačí pouze hodnota spolehlivého indikátoru (např. určitého fyzikálního parametru), na jehož základě je možno posoudit, zda v daném konkrétním případě je riziko spojené s opotřebením technického zařízení přijatelné, podmíněně přijatelné, anebo nepřijatelné. Tento postup založený na interpretaci výsledků měření fyzikálních jevů je v technické praxi běžně využíván.

Znalosti fyziky a technologií ukazují, že stav materiálů technických zařízení, komponent i celých technických děl je ovlivňován podmínkami, ve kterých jsou provozovány a také časem, který plyne od jejich zhotovení. Problematika řízení stárnutí materiálů, z nichž jsou zhotovena technická zařízení, technické komponenty i celá technická díla, patří proto do základních technologických oborů [152,153]; a proto se na ni v práci soustředíme a sledujeme zdroje rizik, které předurčují chování materiálů technických zařízení.

Z důvodu zajištění bezpečnosti technických zařízení, komponent i celých technických děl je proto třeba sledovat rizika spojená s degradačními procesy a pomocí optimální údržby, optimálního režimu provozu či včasné výměny opotřebovaných částí udržovat přijatelnou úroveň bezpečnosti, tj. bezpečnost je nutno řídit.

Pro řízení jsou nutná data, která se opatřují pomocí nedestruktivních metod měření stavu materiálu [5-7,9,10]. Předmětných metod je celá řada a každá z metod má své hranice použitelnosti; dle práce [10] neexistuje metoda, která by umožňovala zjistit všechny závady na materiálu. Proto je nutné používat kombinace metod a umět správně interpretovat výsledky.

2.5.2. Způsob praktického řízení technických děl

Řízení technického díla v praxi závisí jednak na jeho složitosti, jeho architektuře jeho umístění a na technologii, kterou využívá. Technologií, na kterých je založen provoz technických děl je dnes velké množství. Jsou založeny na různých fyzikálních, chemických, biologických, organizačních či kybernetických principech. Každá z technologií má svá specifika, a navíc její praktická provedení jsou často odlišná.

Příklad aplikace jaderné technologie v jaderných elektrárnách typu VVER ukazuje [154]. Proto dále nebudou uváděny specifické vlastnosti a požadavky rozdílných technických děl, protože v důsledku jejich velké rozmanitosti by předložená kniha byla velmi objemná, a ani by nepostihla veškerá existující díla a jejich zvláštnosti. Omezíme se na zásady spojené s řízením bezpečnosti, jejichž principy jsou na základě současného poznání a zkušeností stejné.

Každé technické dílo se skládá z řízeného objektu a z řídicího systému [5]. Obě uvedené položky je nutno z hlediska bezpečného provozu technických děl sledovat. Řízeným objektem je většinou složitý nelineární systém, který:

- je tvořen konečným počtem prvků (zařízení, komponent, linek, dílčích celků),
- každý z prvků je jednoznačně popsán konečným počtem měřitelných veličin,
- vzájemné vazby mezi prvky jsou jednoznačně formulovány.

Dynamické vlastnosti řízeného objektu můžeme popsat pomocí diferenciálních rovnic, jejichž řešením je stavový vektor. Stavový vektor umožňuje pomocí minimálního počtu veličin určit stav systému v libovolném časovém okamžiku. Řídicí systém musí udržovat určené fyzikální veličiny na předem určených hodnotách. V procesu regulace mění řídicí systém působením na akční veličiny stav technologického systému tak, aby bylo dosaženo žádaného stavu.

Jelikož první položka (řízený objekt) je vysoce závislá na technickém provedení a použité technologii, tak z výše uvedených důvodů není základním předmětem pozornosti. Pozornost je zaměřena na řídicí systém, který zahrnuje:

- technické postupy,
- člověka,
- znalosti,
- a dovednosti vytvářet cíleně nové výrobky.

Jeho vazby jsou různé povahy:

- technické „stroj-stroj“,
- smíšené technika s člověkem „člověk-stroj“,
- smíšené člověka s PC „člověk-PC“,
- smíšené techniky s PC „stroj-PC“,
- a čistě kybernetické „PC-PC“.

Toky v systému jsou:

- energetické,
- materiálové,
- informační,
- finanční
- a instrukční.

Jde o socio-kyber-technické (fyzické) systémy systémů [6].

Řídicí systémy jsou řízeny organizačními postupy a pravidly, které ovlivňují technický výkon a kvalitu práce lidí. Hlavními principy, které určují jejich kvalitu a výkonnost jsou dle práce [155] následující faktory:

- odpovědná autonomie,
- adaptabilita,
- celistvost,
- smysluplnost úkolů.

Protože lidské chování není deterministické, jsou hlavními charakteristikami předmětných systémů vynořující se vlastnosti, nedeterministické chování a složité vztahy mezi organizačními cíli.

U řídicího systému se dle recentních pojetí, která kladou nejvyšší důraz na bezpečnost, která zahrnuje spolehlivost [33], se sledují v prioritním pořadí vlastnosti jako:

- bezpečnost (úroveň dodržování stanovených podmínek provozu a nevytváření škodlivých (nepřijatelných) dopadů na samotný systém a na jeho okolí),
- funkčnost (úroveň plnění požadovaných úkonů),
- provozuschopnost (úroveň plnění požadovaných úkonů v závislosti na podmínkách normálních, abnormálních a kritických),
- provozní stálost (úroveň dodržování stanovených podmínek provozu v čase),
- inherentně zabudovaná odolnost vůči možným pohromám.

O technickém díle a jeho bezpečnosti vždy rozhoduje člověk (údržba, renovace, změny). Inženýrský systém se charakterizuje *strukturou, hardwarem, procedurami,*

prostředím, toky informací, organizací (problém organizačních havárií – [7]) a *rozhraním mezi těmito komponentami*. Technická díla jsou stabilní a mobilní. Velký význam pro lidskou společnost mají infrastruktury, kterým je věnována specifická pozornost.

Na základě poznatků shrnutých v pracích [4,6] Informační systém je soubor všech prvků, vazeb a toků, které se podílejí na distribuci a zpracování informací v čase a prostoru. Komunikační systém je pak podmnožina, která je zaměřená na distribuci informací. Struktura informačních a komunikačních systémů má tři základní části, a to:

- procesní struktura,
- technická struktura (hardware),
- programová struktura (software).

Procesní struktura popisuje logiku informačního systému. Popisuje, jaká data se mají kam a kdy distribuovat, jak se data získávají, zpracovávají, uchovávají atd. Zahrnuje řídicí procesy, produkční procesy a servisní procesy. Řídicí procesy jsou procesy, které organizují jednotlivé prvky a činnosti systému a zajišťují komunikaci s okolím. Produkční procesy jsou procesy zaměřené na produkci, tj. na vytváření užité hodnoty. Servisní procesy jsou procesy, které řeší podpůrné činnosti efektivního a bezpečného fungování, které zajišťuje obsluhu společnosti.

Technická struktura popisuje technické prostředky a prostředí realizace informačního systému. Skládá se z výpočetní techniky, periferní a podpůrné techniky, komunikační techniky a z transportních médií. Výpočetní technika představuje vlastní místo zpracování dat, tj. servery, PC, notebooky atd. Periferní a podpůrná technika zahrnuje prostředky, které zvyšují efektivitu a bezpečnost systému, tj. tiskárny, scannery, zálohovací zařízení apod. Komunikační technika zahrnuje komponenty, které vstupují do komunikace, tj. modemy, routery, switche, firewally atd. Transportní média jsou média, která umožňují přenos dat, tj. datové kabely (metal / optika), mikrovlnné spojení, diskety, CD, USB apod.

Programová struktura představuje vytvořené programy a aplikace, tj. realizující část procesní struktury na technické struktuře. Skládá se z řídicích systémů, z produkčních a servisních systémů. Řídicí systémy jsou systémy podporující řídicí procesy, které jsou orientovány na řízení úkolů, sledování a vyhodnocování efektivity provozu a na řešení vztahů k zaměstnancům, okolním společnostem a státu. Dělí se na ekonomické a účetní systémy, systémy na podporu rozhodování, plánovací systémy atd. Produkční systémy jsou zaměřené na vytváření vlastních výrobků. Servisní systémy jsou systémy a aplikace, které zajišťují bezpečnost a efektivní činnost společnosti. Dělí se na operační, bezpečnostní a zálohovací a na komunikační.

Jednotlivé prvky a části jsou vzájemně provázané, tj. jsou vzájemně závislé. Při výpadku procesní struktury ztrácí technická i programová struktura svůj význam, a to vše dohromady zvyšuje kritičnost, tj. možnost vzniku nepříjemných dopadů na sledovaná aktiva. Inventarizace systémů řízení ukazuje, že se musí sledovat následující prvky systému a jejich vzájemné vazby:

- procesy,
- datové množiny,
- software,
- hardware,

- lidé,
- dokumentace.

Pohromy, které působí škody na informačních a komunikačních systémech jsou původu technologického (konstrukce, spolehlivost, materiál, provoz, organizace apod.); lidského (selhání lidí); přírodního (živly); a úmyslného (viry, hacking, terorismus apod.). Z důvodu ochrany je třeba určit v každém konkrétním místě rizika spojená s určitou možnou pohromou a stanovit možné škody, které mohou vzniknout realizací rizika. Z tohoto vyplynou prioritní úkoly ochrany a bude možno stanovit i místně specifická účinná opatření. Dobrým nástrojem pro zpracování scénářů nutných pro řešení těchto úkolů je zpracování případových studií [6,29].

Finanční systém je soubor trhů, institucí, zákonů, regulací a technik s jejichž pomocí jsou obchodovány obligace, akcie a jiné cenné papíry, určovány úrokové sazby a poskytovány finanční služby po celém světě. Jeho primárním úkolem je přemístit zápůjční kapitál na spotřebu a investice. Finanční systém je nedílnou součástí ekonomického systému a nemůže být posuzován odděleně. Všichni, tj. spotřebitel, investor, podnikatel, politik i občan jsou závislí na rychlosti, efektivitě a kvalitě služeb, které poskytuje finanční systém.

Finanční systém peněžních a kapitálových trhů je závislý na ekonomice a na společnosti, která jej obklopuje. Ekonomické poklesy a vzestupy, technologické inovace, politické převrasy, války, sociální změny i živelní pohromy ovlivňují rozhodnutí na finančních trzích a mají často ničivé důsledky.

Bankovní a finanční sektor v České republice má dva významné řídicí subjekty. Jedním je vláda (ministerstvo financí), která zajišťuje chod státních financí, příjmy a výdaje ve vazbě na státní rozpočet, závazky státu vůči státní správě, obyvatelstvu, zahraničí a podnikové sféře, a legislativu. Druhým řídicím subjektem je bankovní sektor, do kterého patří centrální banka (Česká národní banka), komerční (obchodní) banky a další finanční instituce. Česká národní banka zajišťuje emisní činnost, měnovou politiku, bankovní dohled, správu státních rezerv, banku státu (obstarávání finančních zdrojů pro vládu včetně operací souvisejících s chodem státní správy a územní samosprávy) a mezibankovní operace. Komerční banky zabezpečují vedení účtů podnikové sféře, obyvatelstvu a veřejnému sektoru. Jsou správci vkladů, zabezpečují operace na finančním trhu a jsou nositelé plateb v tuzemsku i zahraničí. Specifická rizika jsou v práci [3].

2.5.3. Způsob realizace práce s riziky u technických děl

Analýzy havárií a selhání technických děl a studium jejich příčin [4,6,13-25,56,75,77,99-101,140,156-161] ukazují, že při selhání technických děl obvykle dochází ke sledu více dopadů externího i interního charakteru, primárních i sekundárních, které lze jen málo ovlivnit. Uvedené dopady pak působí v různé intenzitě a v různém časovém období. Proto v přípravné fázi podkladů pro řízení bezpečnosti technických děl (zvláště těch, jejichž modelem je systém systémů) je zapotřebí identifikovat spektrum těchto dopadů a určit, v jakých souvislostech působí, zda jsou orientované na politické, ekonomické, technické, personální a jiné prostředí a jaká vhodná opatření lze použít k jejich odstranění, případně ke zmírnění. Hodnocení a řízení možných ohrožení a z nich plynoucích rizik patří k náročným a klíčovým

procesům řízení bezpečnosti. Zaváhání a odkládání řešení má velmi nepříznivý dopad na celé řízení věcí veřejných, a tím i na rozvoj lidské společnosti [4,6,59,120,121,162].

Každé technické dílo obsahuje řadu inherentních zdrojů rizika. K jeho selhání dojde, když dojde k nežádoucímu procesu, který je iniciován buď nějakým očekávaným rizikem nebo je spuštěn náhodnou kombinací několika málo pravděpodobných jevů. V podkladech pro řízení bezpečnosti se dosud druhá možnost často zanedbává [163].

Kromě selhání technických děl, které vedou k úniku nebezpečných látek, požáru a explozi je třeba posuzovat místní dopady od technických objektů a systémů, které způsobují újmu na životním prostředí, na sociálním a ekonomickém životě lidské společnosti. Oba typy dopadů dohromady formují potenciál rizika, a to je důvod pro to, proč musí být projednány v jedné analýze bezpečnosti. V současné době je otázkou, jak promítnout znečištění životního prostředí do integrálního rizika. V daném kontextu je důležité znát poměr skutečné koncentrace kontaminantů a kritických hodnot pro jejich koncentrace. Existující odborné podklady nejsou pro hodnocení dosud dostatečné.

Z analýz závěrů ze šetření havárií v technologických celcích vyplývá, že příčinou 60 – 80% havárií je „lidská chyba“. Člověk je pochopitelně zdrojem rizik u technologií, a proto musí být zvažován při řízení bezpečnosti. Kdyby však byla uvedena statistika pravdivá, pak by mezera mezi technickými požadavky a lidským potenciálem byla příliš široká. Jednou z možností, jak odstranit uvedenou příčinu, je nahradit člověka automaty, což však vždy nejde. Automatizace sice řeší řadu problémů spojených s lidským faktorem, ale přináší s sebou vlastní problémy. Např. automatika dosud není schopna nahradit zkušeného experta proto, že projektanti ji neumějí vyprojektovat, a to přesto, že již existují zkušenostní databáze v řadě technických oborů [59,120,121,162].

Automatika dosud také není schopna se poučovat z chyb atd., a proto účinnějším způsobem je upravit interakce mezi člověkem a strojem ve prospěch bezpečnosti. Pro nalezení východiska v uvedené oblasti musí spolupracovat inženýři se zdravotníky, psychology a sociology a dohromady profesionálním způsobem vybrat personál pro komplexní technologické objekty spojené s bezpečností. Spolupráci však brání přílišná separace v práci vědců o lidech a inženýrů a nedostatek vzájemného pochopení. K tomu je třeba, aby již na universitě inženýr pochopil charakteristiky ovládnání technologií člověkem a včlenil je do projektování a konstruování v širokém rozsahu.

Obecná systémová teorie usiluje vyvinout objekt označovaný jako „systém systémů“, tj. vše zahrnující, klasifikující a vztaženou teorii systémů. Kromě jazyka vytváří systémové myšlení specifickou metodologií, tzv. holistický přístup, který se zaměřuje na celkový obraz, a ne na aspekty nebo komponenty [160].

Pro zajištění bezpečnosti velkých technologických celků vydala EU pro Seveso podniky následující pokyny [151]:

1. Opatření pro podporu bezpečnosti musí vycházet z jasného chápání primárních výrobních procesů, ze všech jejich přidruženin a ze všech důležitých možných scénářů jevů vedoucích ke škodě.
2. Řízení bezpečnosti se musí provádět v celém životním cyklu technologického celku, tj. při projektování, konstruování, instalování, provozování, udržování, pozměňování, vyřazení. Analýza rizika musí pokrývat všechny uvedené fáze, kterými podnik působí dopady na své okolí.

3. Způsob zajištění bezpečnosti musí zahrnovat identifikaci, ovládání a monitorování scénářů řízení na 3 úrovních:
 - přímé řízení rizika lidmi za normálního, abnormálního a nouzového stavu,
 - plány, postupy a předpisy pro optimální přímé ovládání rizika,
 - struktura kontrol činnosti systému řízení bezpečnosti a provádění jeho vylepšení.
4. Smyčky zpětná vazba a monitoring, které jsou mezi činnostmi na výše uvedených 3 úrovních, spouštějí revize a vylepšení systému řízení.
5. Systémy na hierarchicky vyšší úrovni řídí kritické bezpečnostní úlohy na nižší úrovni. To zajišťuje:
 - vždy dostupné lidské rezervy,
 - kompetentnost provozovat bezpečně za všech situací,
 - být zaměřen a motivován na zajištění bezpečnosti,
 - komunikovat vně i uvnitř o propletených úkolech,
 - existenci postupů, plánů a pravidel pro dosažení bezpečnosti,
 - výběr vhodného technického projektu pro zajištění optimální bezpečnosti,
 - použití uživatelsky příjemných a ergonomických rozhraní stroj-člověk,
 - existenci systému na řízení konfliktů mezi bezpečností a ostatními cíli společnosti při výrobě a údržbě, projektování apod.

Odborný podklad pro pokyny vypracovala OECD [164] pomocí principů, které již od konce sedmdesátých let používá IAEA (MAAE) [59].

Je pravdou, že pro zajištění funkčnosti, spolehlivosti a bezpečnosti technických děl existuje rozsáhlá odborná literatura, normy, standardy i zásady dobré inženýrské praxe. Hlavním dnešním problémem je složitost technických děl. Složitost technických děl roste s rostoucími požadavky jednak na způsob zajištění výrobků a služeb, a jednak na bezpečnost, zabezpečení, technický vývoj, propojení a interakce mezi technickými ochrannými systémy a dalšími technickými zařízeními [4-6].

Při zajišťování provozu technických děl je důležité v souvislosti s riziky připustit, že existují rizika, která známe, i rizika, která neznáme, protože jejich existence je spojena s podmínkami, které neznáme, protože ještě nenastaly. Příčiny rizik jsou různé a stále se objevují nové. Základní rozdělení zdrojů rizik je v pracích [1,3,7]. Podrobné dělení rizik spojených s technickými díly je v práci [7].

2.5.4. Požadavky na řízení rizik

Koncepce práce s riziky u technického díla spočívá v:

- stanovení chráněných aktiv technického díla (včetně veřejných aktiv),
- stanovení cílů na úseku bezpečí a rozvoje chráněných aktiv,
- zajištění cílů pomocí opatření a činností prevence, připravenosti, odezvy a obnovy.

Dle poznatků shrnutých v práci [7] je nutné:

1. Rozumět procesu vzniku pohrom a podmínkám, ve kterých proces probíhá.
2. Znat, ve kterých místech pohroma může vzniknout a jaké může mít fyzikální a jiné charakteristiky.
3. Identifikovat ohrožení, které představuje v daném místě pohroma dle stanovených standardů.
4. Stanovit dopady projektových pohrom (tj. normativních ohrožení) na chráněné zájmy.
5. Eliminovat nepřijatelné dopady pohrom v případech, ve kterých to jde za přijatelných nákladů.
6. U zbylých dopadů vypočítat pomocí prognostických modelů pravděpodobnost jejich realizace s tím, že se vezmou v úvahu i možná selhání preventivních opatření.
7. Vypočítat možné škody na chráněné zájmy v konkrétní organizaci a jejím okolí podle chráněných zájmů, které jsou skutečně v organizaci a jejím okolí a na základě pravděpodobností určit výši rizika.
8. Identifikovat a realizovat zmírňující opatření s ohledem na lidi, majetek a životní prostředí tak, aby byla ALARP (tak malá, jak je rozumně možné dosáhnout).
9. Prokázat, že byla provedena všechna opatření k zabránění a zmírnění dopadů pohrom.

Přijatelné riziko lze dosáhnout snížením ohrožení od konkrétních pohrom, což však jde jen u pohrom, které souvisí s činností člověka, a dělá se to snížením zranitelnosti organizace, která je předmětem hodnocení rizika [1].

Průkaz odolnosti je technika důkazu, že sledovaná rizika jsou konstrukcí zařízení i konstrukcí staveb a bezpečnostními systémy zvládnuta, tj. je zajištěna požadovaná bezpečnost. Průkaz odolnosti tvoří soubor výpočtů, testů, analogií, úsudků, kterými lze s jistou spolehlivostí stanovit, že sledované zařízení či jeho části jsou odolné až do stanovené (specifikované) úrovně pohromy. U běžných technických zařízení a objektů se prokazuje odolnost na stoleté pohromy. U důležitých mostů, přehrad pro tisícileté pohromy a pro běžná jaderná zařízení na deseti tisícileté pohromy (pozn. úložiště aktivního plutonia vyžadují prokázání odolnosti na sto tisíciletou pohromu).

Průkaz bezpečnosti začíná dříve než průkaz odolnosti zařízení a staveb, protože se začíná od pohrom ve smyslu All-Hazard-Approach, tj. ne od souboru sledovaných zdrojů rizik, které mohou být neúplné. Uvedené průkazy jsou v projektové a provozní dokumentaci a v dokumentech typu Bezpečnostní program, Bezpečnostní zpráva a Bezpečnostní list [4,5].

Průkaz, že technické dílo je schopno zvládnout všechny možné kritické pohromy se provádí jak výpočty, tak nedestruktivními testy. Matematických metod je celá řada [46]; osvědčené postupy pro stanovení zadávacích podmínek jsou uvedeny v pracích základní postupy jsou uvedeny [3-7,46]. Problémy validity výpočtů založených na modelech jsou shrnuty v práci [7]. Proto je vhodné používat několik odlišných metod, anebo výsledky získané výpočtem založeným na určitém modelu nechat posoudit experty (problémy spojené s experty jsou zmíněny v pracích [3-5,7]).

2.5.5. Testy zacílené na posouzení rizika technických zařízení během provozu

Materiál každého technického zařízení se v čase mění, a to ve struktuře, fyzikálních vlastnostech i vzhledu; dochází ke stárnutí materiálu. Např. práce [165] uvádí, že degradace materiálu vlivem stárnutí je rychlejší, když technické zařízení je vyrobeno z nehomogenního materiálu, nachází se v agresivním chemickém prostředí, je pod mechanickým tlakem a často se mění podmínky provozu. Dochází k únavě materiálu, korozi, tečení a creepu. V důsledku uvedených jevů dochází k:

- snížení bezpečnosti a integrity technického zařízení, a v případě kritického technického zařízení i celého technického díla,
- snížení spolehlivosti a dostupnosti technického zařízení,
- vynuceným odstávkám technického zařízení,
- zvýšeným nárokům a nákladům na údržbu,
- a popř. i obavám a snížení přijatelnosti technického díla u veřejnosti.

Řízení stárnutí kritického technického zařízení spočívá v tom, že stav materiálu kritických technických zařízeních je monitorován, pečlivě udržován a v případě limitní degradace, je provedena včasná výměna. Jen takto lze zajistit dlouhodobý bezpečný provoz technického díla.

Problematikou testů, jsme se zabývali již v monografii [33]. Z hlediska její důležitosti pro provoz technických děl a jejich zařízení ji dále rozšíříme o konkrétní příklady z praxe. Pro řízení bezpečnosti celých technických děl i jejich částí jsou nutná data, která se opatřují pomocí nedestruktivních metod měření stavu materiálu [166-170]. Předmětných metod je celá řada a každá z metod má své hranice použitelnosti; dle práce [170] neexistuje metoda, která by umožňovala zjistit všechny závady na materiálu. Proto je nutné používat kombinace metod a umět správně interpretovat výsledky.

Pro názornost ukážeme výsledky dvou metod, a to:

- metoda založená na měření akustické emise,
- metoda založená na magnetické paměti materiálu.

Obě metody slouží ke zjišťování integrity materiálu, k detekci trhlin, ke sledování vzniku a rozvoje trhlin, k monitorování těsnosti systémů (úniky), k detekci materiálových vad tlakových zařízení či jednotlivých komponentů, k vyhodnocení fyzikálních procesů probíhajících v materiálu, ke sledování kritických míst tlakových nádob, potrubí a konstrukcí, ke sledování procesů při únavových materiálových zkouškách a destrukčních testech.

2.5.6. Metody sledování rizik technických zařízení při provozu

Nedestruktivní testy pomáhají odhalit, zda sledovaná část technického díla nemá defekt ve smyslu odchylky od norem a standardů, a v případě jeho zjištění určit jeho povahu a polohu, a to bez jeho porušení. Přitom využívá různá fyzikální pole, záření všeho druhu, chemické interakce a různé způsoby monitorování. Cílem a výsledkem je odhad zbytkové životnosti nebo rizika spojeného s dalším využíváním testované části technického díla. Tím se zajistí, aby technické dílo bylo provozované tak, že rizika jsou přijatelná, tj. dílo je bezpečné pro sebe i okolí. Metod a variant jejich provedení je

velké množství, a podobně jako u výpočetních modelů platí, že z důvodu věrohodnosti závěrů je vhodné v praxi použít několik metod, jak ukazuje [171].

Diagnostické metody [169-173] umožňují poznat současný stav technických zařízení a na základě toho určit jejich možná chování v dalším čase. V provozu mají hlavní cenu nedestruktivní metody. Používají se v rámci permanentního monitoringu, při intervalových měření i nárazově při problémech.

Cílem nedestruktivních metod dle údajů v pracích [166-173] je:

- zjistit celistvost technického zařízení, což garantuje jeho spolehlivost,
- předejít selhání technického zařízení vlivem poruch, čímž se předchází úrazům, zajišťuje se ochrana investic a jejich návratnost,
- spokojenost uživatelů zařízení i služeb, které tato zařízení poskytují,
- podpoření goodwill provozovatele,
- zlepšení designu technického zařízení,
- zlepšení řízení výrobních procesů,
- snížení výrobních nákladů.

Rozlišuje se šest hlavních kategorií nedestruktivních metod: vizuální; radiační; magneticko-elektrické; mechanické vibrace; termální; a chemické / elektrochemické. Podle údajů v pracích [166-173] a zkušeností autorů je každá metoda charakterizovaná dále uvedenými pěti faktory:

1. Předmět sledování při testu (tlak, teplota, průtok, výkon, chování rentgenových paprsků, chování ultrazvukových vln, chování termálního záření, chování intenzity magnetického pole apod.).
2. Sledovaný fyzikální parametr (deformace, napětí, tvrdost, útlum rentgenových paprsků, útlum ultrazvukových vln, odraz ultrazvuku, intenzita magnetického pole, koncentrace poruch apod.).
3. Zařízení používané k detekování nebo snímání výsledných signálů (fotoemulze, piezoelektrický krystal, indukční cívka apod.).
4. Veličina použitá k indikování nebo zaznamenání signálů (odchylka, stopa na oscilografu, průběh magnetogramu, termogramu, radiogramu, konfigurace v ploše či prostoru apod.).
5. Podklad pro interpretaci výsledků (přímá nebo nepřímá indikace kvalitativní nebo kvantitativní změny).

Cílem každé metody je zjistit údaje o jednom parametru materiálu nebo o několika parametrech materiálu:

1. Existence diskontinuit v materiálu a jejich rozdělení (trhliny, dutiny, městky, štěpení, dělení na vrstvy apod.).
2. Charakter struktury materiálu (krystalická, amorfní, velikost zrn, mezilamelární defekty, segregace, poruchy apod.).
3. Velikost a charakteristika poruch materiálu (povrchové, pronikající dovnitř, šířka, tloušťka, průměr, spáry, popraskání apod.).
4. Fyzikální a mechanické vlastnosti diskontinuit (odrazivost, vodivost, modul pružnosti, rychlost zvuku apod.).

5. Složení a chemická analýza materiálu (identifikace slitin, nečistoty, příměsi, rozložení nečistot apod.).
6. Pnutí a dynamická odezva materiálu (zbytkové pnutí, narůstání trhlin, opotřebení, vibrace apod.).
7. Výskyt termálních, magnetických, elektrických a jiných anomálií v materiálu.

Ze sledovaných zdrojů i zkušeností autorů vyplývá, že žádná metoda neodhalí všechny defekty v materiálu. Pro posouzení rizika spojeného s materiálem technických zařízení v provozu někdy postačí jedna správně vybraná metoda a jindy je třeba použít metod několik.

Metodami nedestruktivních testů sledujeme zpravidla jedno aktivum, a to technické zařízení, a velikost rizika měříme jeho dopadem na vybrané parametry materiálu (kumulace a množství trhlin, intenzity magnetické intenzity).

2.5.7. Stav materiálu technického zařízení a jeho příspěvek k selhání zařízení

Každé technické zařízení umístěné v provozu má jistý úkol, který musí splnit bezpečně, tj. spolehlivě, a přitom neohrozit sebe a své okolí [1,4-7]. Je faktem, že každý problém v materiálu, ze kterého je zhotovené, ovlivňuje plnění daného úkolu. Zkušenosti ukazují, že se tak děje až od určité velikosti problémů.

Na obrázku 20 [174] je ukázán vztah mezi stavem materiálu technického zařízení a selháním technického zařízení, přičemž ke klasifikaci velikosti rizika je použita kategorizace 0 až 5, což je v souladu s praxí ve světě [4]. Obrázek 20 ukazuje, jak rozvoj defektů přispívá postupně k riziku. Jestliže defekty překročí bezpečnostní limity, tak dojde k realizaci rizika.

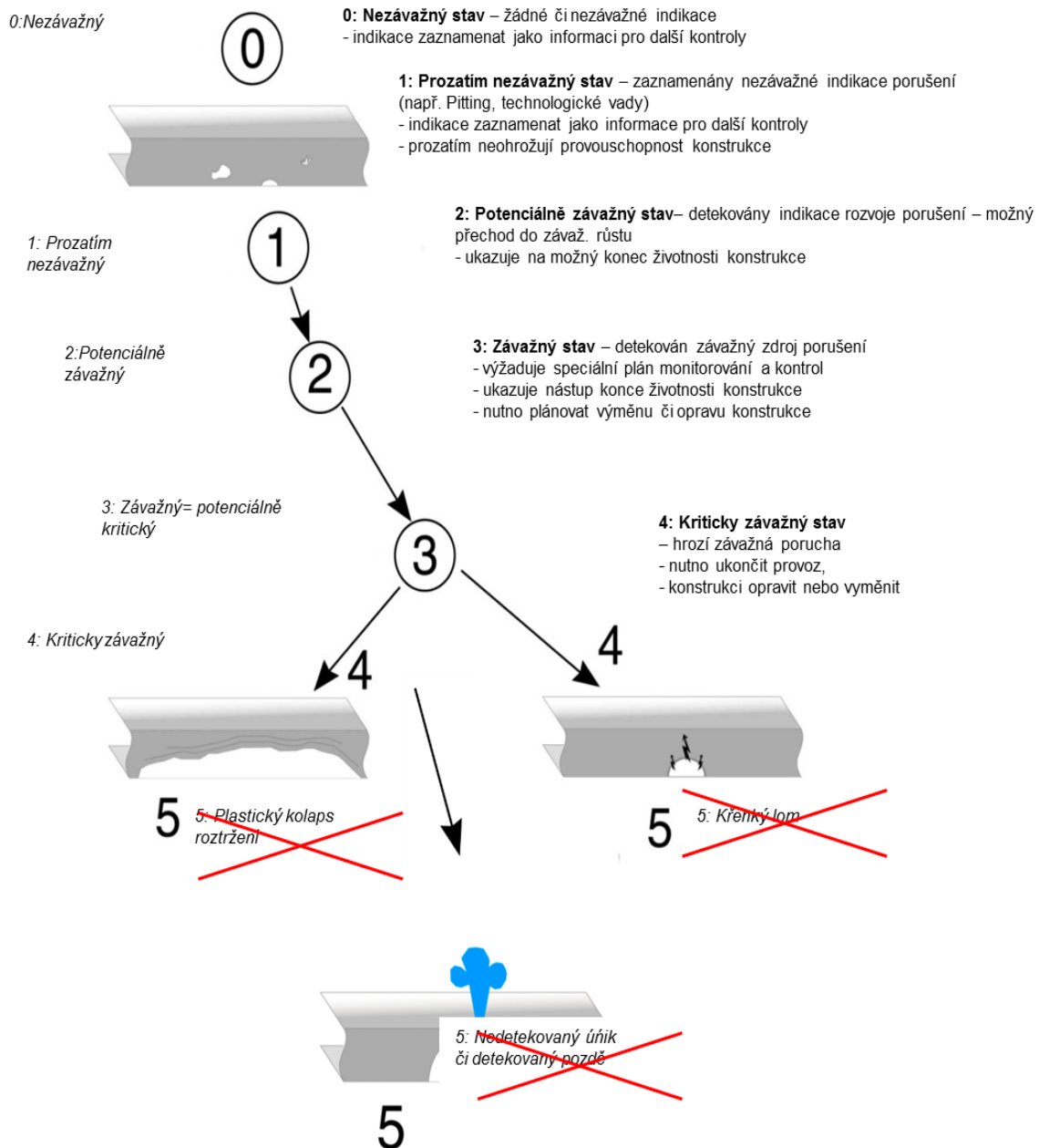
Výsledkem je potom selhání technického zařízení, což u kritických zařízení, kterými jsou např. tlakové nádoby, produktovody se stlačenými nebezpečnými látkami apod. znamená havárii.

2.5.8. Příklady vybraných testů

Defekty v materiálu se při zatížení projevují vyzařováním elastických vln; předmětný jev označujeme jako akustická emise. Principem metody akustické emise je „odposlech“ a vyhodnocení procesů probíhajících v materiálu během zatěžování technického zařízení, tedy při tlakových zkouškách nebo za provozu. U sledovaného technického zařízení se na vytypovaná místa rozmístí snímací sondy (v případě horkého tělesa se na povrch navaří tzv. vlnovody procházející izolací a sonda se montuje na jejich konce). Sonda je přes předzesilovač signálu a koaxiální kabel připojena na analyzátor vln a řídicí počítač, které jsou umístěné v bezpečné vzdálenosti. Jako pomocná veličina je zaznamenáván tlak, případně teplota. Naměřená data jsou nahrávána do počítače k dalšímu zpracování (vyhodnocování).

Dále uvedený příklad ukazuje měření akustické emise v Unipetrolu, jehož cílem bylo posouzení integrity tělesa tlakové nádoby z austenitu a identifikace případných zdrojů emisí, které by svou charakteristikou odpovídaly aktivním defektům a které mohly vzniknout v důsledku působení provozních zatěžovacích parametrů během dlouhodobého provozu. K testu tlakové nádoby došlo proto, že u ní byla opakovaně za provozu detekována netěsnost, a proto vzniklo podezření, zda tato netěsnost není způsobena průchozím defektem typu trhliny v materiálu tělesa tlakové nádoby,

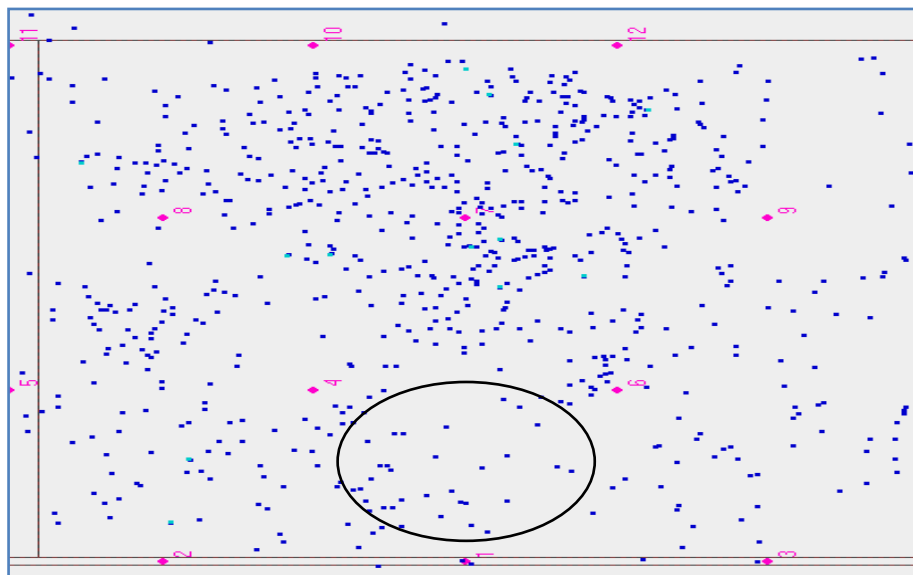
k jejímuž rozevírání dochází v průběhu změny zatěžovacích parametrů při náběhu na provozní parametry – tlak do 3.3 MPa, teplota cca -160°C.



Obr. 20. Vztah stavu materiálu a selhání technického zařízení [175].

Na vnějším povrchu nádoby byla rozmístěna síť snímačů akustické emise zahrnující celý objem nádoby [175]. V normálním provozu daná tlaková nádoba pracuje v kryogenních podmínkách (-160° C). Při vlastní tlakové zkoušce dusíkem byla registrovaná zvýšená emisní aktivita, zejména ve válcové části nádoby [175]. Jednotlivé emisní události nebyly lokalizovány do dílčích zdrojů (klastrů), ale byly rozloženy v celém objemu pláště. Předmětná skutečnost způsobila komplikace při hodnocení stavu tlakové nádoby dle stávajících platných norem pro hodnocení signálů akustické emise.

Další analýzou bylo zjištěno, že se jedná o registrované signály akustické emise vyvolané fázovou transformací austenitu na deformací indukovaný martenzit, včetně reverzního procesu v lokálních místech. Proto bylo provedeno měření akustické emise, které bylo realizováno při náhradní tlakové zkoušce dusíkem. Výsledky měření byly zpracovány pro tlakovou nádobu ve formě mapy plošné lokalizace emisních událostí na rozvinutém plášti a časových průběhů emisní aktivity, amplitudy EU a tlaku, obrázek 21.



Obr. 21. Mapa lokalizovaných emisních událostí ve válcové části nádoby při tlakování s prodlevou na maximálním tlaku [175].

Na obrázku 21 jsou body zobrazeny lokalizované události akustické emise; jsou odlišeny barevně, od barvy *modré* > *světle modré* > *zelené* > *oranžové* > *po červenou*; nejzávažnější mají barvu červenou. Na obrázku 21 vidíme místa:

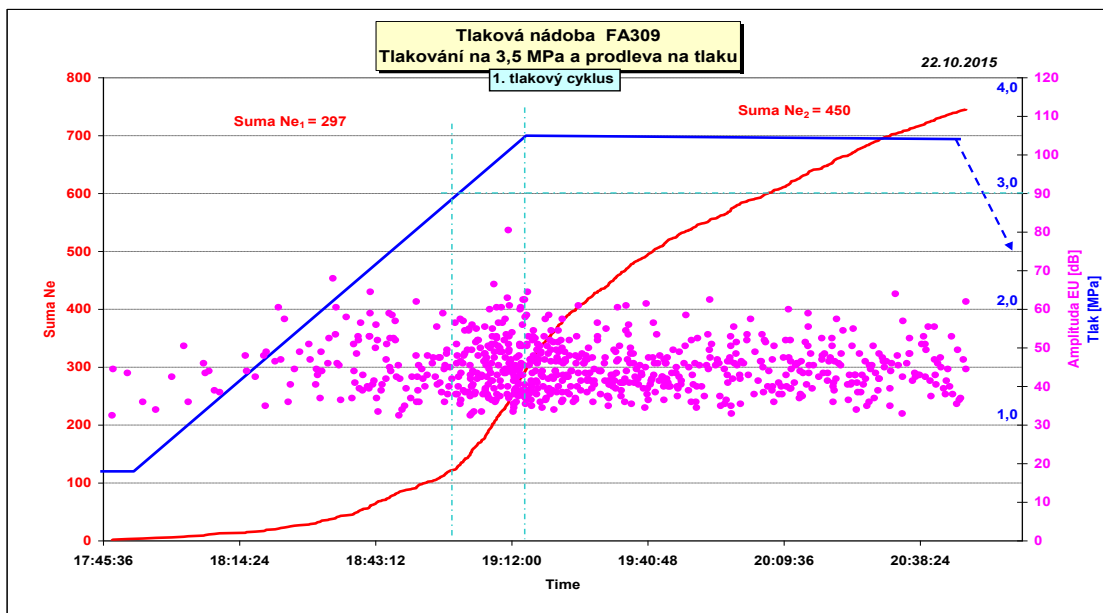
- s vysokými lokálními koncentracemi aktivity (hustoty bodů),
- s vysokou intenzitou událostí (sytost barvy).

Shluky událostí akustické emise (především pak ty s červeným či oranžovým jádrem) označují lokálně koncentrované zdroje událostí akustické emise; fialově jsou označena místa s instalovanými snímači akustické emise [175].

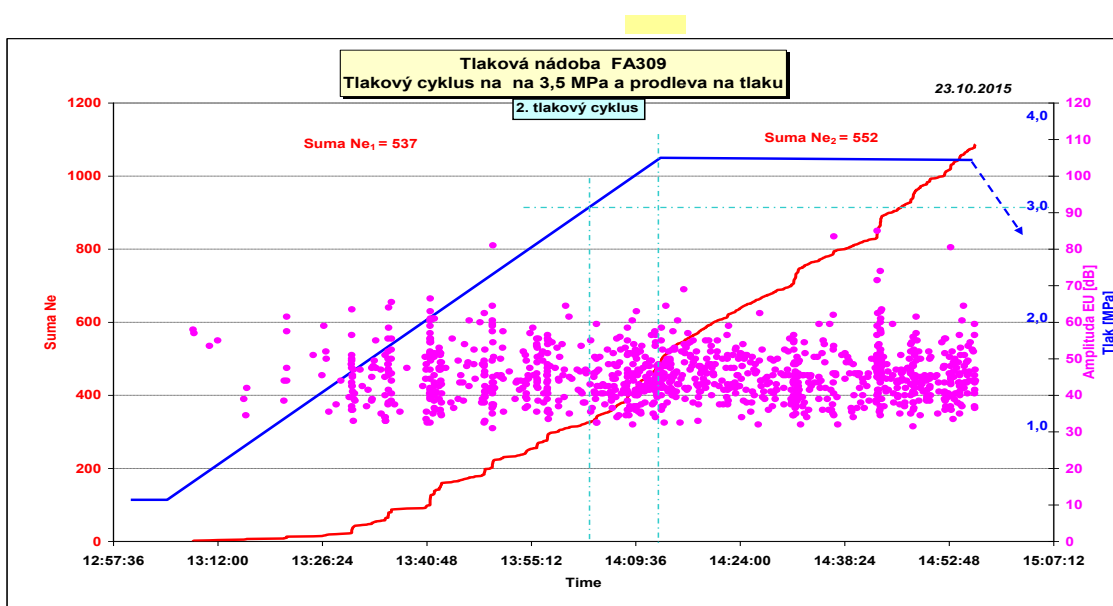
Při vyhodnocování naměřených dat bylo vzato v úvahu, že na nádobě byl v krátkém časovém horizontu před měřením akustické emise aplikován větší počet zatěžovacích tlakových cyklů na tlak 3.5 a 4.0 MPa při těsnostních tlakových zkouškách, souvisejících s opakovaným náběhem po identifikaci netěsnosti a při jejím hledání pomocí héliového testu. Měření časového průběhu akustické emise bylo provedeno dvakrát; výsledky ukazují obrázky 22 a 23.

Z časových průběhů emisní aktivity je patrné, že zvýšená četnost emisní aktivity nastává po překročení tlaku 2.8 až 3.0 MPa. Většina emisních událostí vykazuje nízkou až střední intenzitu a nízký počet intenzivních emisních událostí s amplitudou nad 60 dB není koncentrován do emisních zdrojů.

Z map lokalizace a časových průběhů emisní aktivity [175], emisní události byly v obou tlakových cyklech lokalizovány po celém povrchu válcové části; větší hustota byla v horní polovině. Výsledky lokalizace míst vzniku akustické emise v obou tlakových cyklech tudíž nepotvrdily koncentraci emisních událostí do ostrých lokálních emisních zdrojů se zvýšenou četností a intenzitou emisních událostí, které by ukazovaly na možný lokální pevnostní problém materiálu tělesa tlakové nádoby, tj. přítomnost aktivních defektů typu trhlinka [175].



Obr. 22. Časový průběh emisní aktivity na válcové části nádoby – 1. cyklus [175].



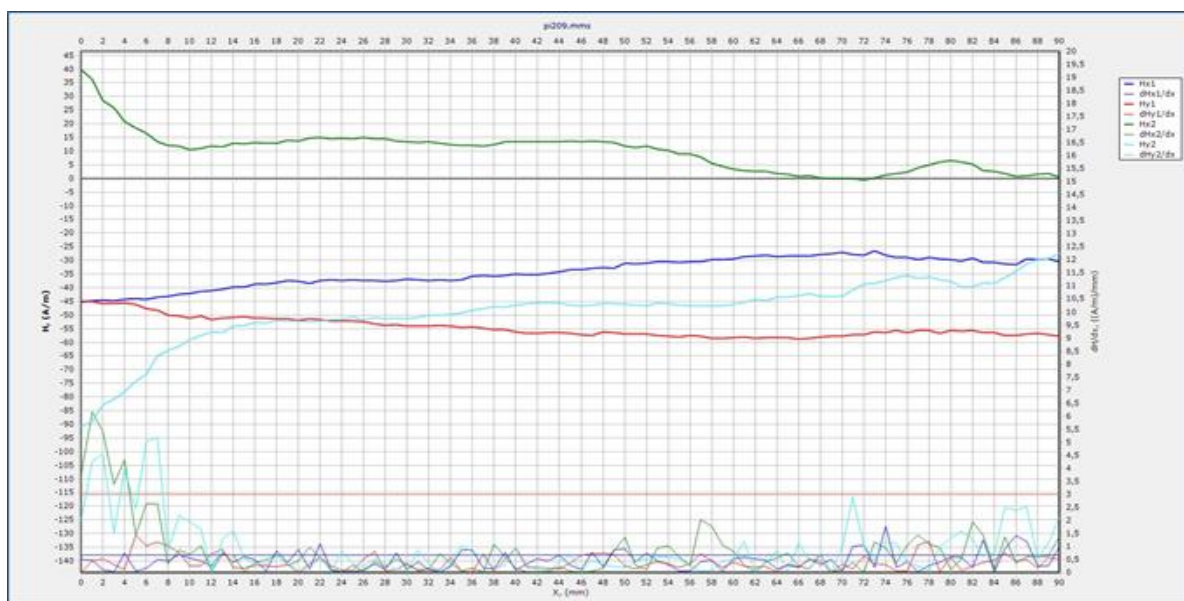
Obr. 23. Časový průběh emisní aktivity na válcové části nádoby – 2. cyklus [175].

Přestože výsledky měření obou tlakových cyklů nepotvrdily lokalizaci lokálních emisních zdrojů, je vysoká emisní aktivita v obou tlakových cyklech a její nárůst i v obou prodlevách porušením Kaiserova efektu [176], který představuje významné kritérium pro posuzování závažnosti emisní aktivity a lokálních emisních zdrojů, zejména s ohledem na již dříve aplikované tlakové cykly. Proto i přes absenci lokálních emisních zdrojů, emisní aktivita na válcové části klasifikována v souladu s normou ČSN EN 14548 jako závažná, resp. podle četnosti a intenzity emisní aktivity v obou prodlevách klasifikována stupněm 3 - „Kriticky závažná“, což znamená, že u tlakové nádoby je již velké nebezpečí, že dojde k porušení; tj. výše rizika je velká. Proto bylo provozovateli doporučeno, aby zavedl častější inspekce a zvýšil četnost a kvalitu údržby, aby nedošlo k narušení bezpečnosti [175].

Magnetická paměť materiálu je jev, který nastává v materiálu ve formě zbytkové magnetizace, ke které dochází vlivem procesu výroby, tepelného zpracování, ochlazování, tváření, ohýbání, tvarování, lisování, sváření apod. v prostředí zemského magnetického pole a vlivem provozního zatížení. Principem metody je skenování intenzity magnetického pole H_p těsně nad povrchem materiálu pomocí skenovacího zařízení – jde o vozíček, na kterém jsou upevněny snímací sondy, opatřené kolečky pro snímání vzdálenosti l_x a příslušnou elektronikou pro zesílení a digitalizaci signálů ze sond. Při měření se sledují hodnoty intenzity H_p , nebo gradientu magnetického pole dH_p / dx v číselné nebo grafické podobě (tzv. magnetogram).

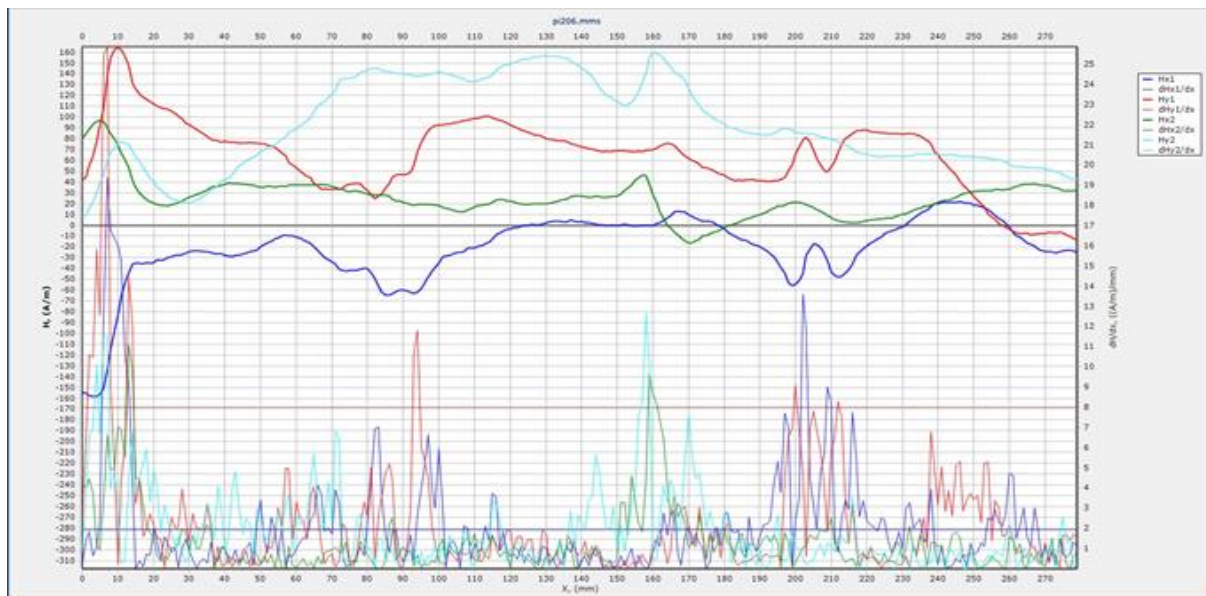
Příklad, který budeme dále sledovat, ukazuje výsledky měření stavu ocelových podpěr pod mosty (pižmy), které se používají při stavbě mostů, které se nachází ve skladu v Bošanech [175]. Bylo použito měřicí zařízení TSC-7M-16, skenovací zařízení 2M-219, systém SW MMM 4 a vyhodnocovací software. Byl kontrolován stav svarů.

Obrázek 24 ukazuje příklad svaru, na kterém nebyly nalezeny žádné zóny koncentrace napjatosti; průběhy magnetické intenzity měřené po svaru nevykazují žádné výrazné výkyvy.



Obr. 24. Příklad svaru, kde nebyly nalezeny zóny koncentrace napětí [175].

Obrázek 25 ukazuje příklad svaru, kde jsou viditelné zóny koncentrace napětí; vidíme výrazné výkyvy hodnot magnetické intenzity, což znamená závažnou poruchu materiálu. Tento případ byl ještě ověřen metodou vířivých proudů. Jelikož závažnost byla potvrzena, tak ke zlepšení stavu svarů byla přijata technická opatření [16,174].



Obr. 25. Příklad svaru, kde jsou viditelné zóny koncentrace napětí [175].

Oba výše uvedené příklady ukazují zřetelně místa na technických zařízeních, ve kterých jsou defekty v materiálu, a umožňují určit i jejich rozsah. Tím dovolují správně rozhodnout o riziku, které je spojeno se stavem materiálu technického zařízení, což umožňuje správně vybrat následná opatření na zvýšení či alespoň udržení stávající úrovně bezpečnosti.

Ačkoliv defektoskopická a diagnostická činnost nepřináší v ekonomickém pojetí bezprostřední zisk vlastníkům výrobních zařízení, je důležitá, protože umožňuje včasnými zásahy předejít selháním důležitých technických zařízení, která mohou zapříčinit velké havárie, a tím i ztráty lidských životů, škody na majetku a životním prostředí, ztrátu konkurenceschopnosti a dobrého jména provozovatele, a v mnoha případech poškodit i celý region tím, že budou chybět výrobky, zvýší se nezaměstnanost, což povede k dalším nežádoucím jevům.

2.6. Nástroje pro řízení rizik technických děl spojených s technikou

Při řízení rizik spojených s technickým dílem nestačí sledovat jen prvky, komponenty a systémy technického díla, ale je třeba sledovat i kapacity a rizika okolních infrastruktur (elektrické, vodovodní, kanalizační, dopravní, kybernetické atd.), které zajišťují podmínky pro jeho provoz. Pro regulaci provozu i výkonu technických děl jsou potřebné energie a chladivo. Významné poučení v uvedeném směru přinesly např. zkušenosti z odezvy na havárii v jaderné elektrárně Fuku-shima [110,177].

2.6.1. Provozní předpisy

Pro zajištění bezpečného provozu technického díla je nutno ve složitém světě dodržovat jistá pravidla, tj. provozní předpisy (provozní řády), které zpracovává provozovatel v souladu s platnou legislativou a má za ně odpovědnost. V řadě oblastí provozní předpisy musí upravovat požadavky zacílené na bezpečnost, které jsou stanovené zákony (průmysl, doprava, ochrana osob a majetku, ochrana životního prostředí, stavebnictví, veřejný zájem, finanční sektor, obchod apod.).

Provozní předpisy jsou součástí provozní dokumentace technického díla. Respektují doporučení zhotovitele i příslušné legislativní požadavky, tj. zohledňují veřejný zájem, ochranu veřejných aktiv, a ochranu aktiv technického díla, která jsou důležitá pro bezpečnost technického díla, tj. pro spolehlivé plnění úkolů, ke kterým je technické dílo vytvořeno, tj. upravují:

1. Pravidla pro zajištění: bezpečného provozu technických zařízení z pohledu technologie, tj. technologické postupy pro používání určitého zařízení, a to za podmínek normálních, abnormálních a kritických; a bezpečných výrobků.
2. Pravidla pro zajištění: bezpečného pracoviště, a to za podmínek normálních, abnormálních a kritických; a dobrého výkonu.
3. Pravidla pro bezpečí lidí na pracovišti, a to za podmínek normálních, abnormálních a kritických.

V prvním případě provozní předpisy: stanovují způsob nakládání s daným zařízením a pracovní režim s cílem zajistit bezpečnost při výrobním procesu a obecnou bezpečnost výsledného produktu (tj. jak se chovat k zařízení a jak jej správně užívat). Vychází z konstrukce, materiálů, dispozice, účelu a technického zařízení a situací, ke kterým k nim dochází. Stanovují podmínky a oblast použití, podmínky obsluhy, údržby a kontroly příslušného zařízení, které musí obsluha dodržovat. Pro některá zařízení existují normy obsahující návody pro konkrétní zařízení. Speciální předpisy jsou pro: provozy zpracovávající nebezpečné látky; tlaková zařízení a jejich výstroj, a to hlavně ta, která jsou dle zákona č. 174/1998 Sb., zařazena mezi vyhrazená technická zařízení; zdvihačí zařízení; elektrická zařízení, vzduchotechnika apod.

V druhém případě předpisy stanovují požadavky na zajištění: bezpečného pracovního prostředí (tj. požární bezpečnost, způsoby ochrany u točivých strojů, správné nakládání s nebezpečnými látkami, způsoby práce v kontaminovaném prostředí, rozmístění materiálů, výrobních nástrojů, výrobků; způsob nakládání s odpady); a hospodárnost (šetření s materiálem, úspory energií, úspory chladiva aj.) a konkurenceschopnost výroby. Pro řadu specifických provozů existují právní předpisy a normy obsahující požadavky a návody pro konkrétní případy.

V třetím případě předpisy stanovují požadavky na zajištění bezpečnosti: obsluhy zařízení; ostatních pracovníků při vynuceném pohybu v okolí zařízení; návštěv; a pracovníků kontraktora. Jde o úpravu požadavků zákoníku práce (zákon 262/2006 Sb.) a souvisejících zákonných a podzákonných předpisů.

Požadavky na provozní předpisy:

- vycházet z vyhodnocení závažných rizik v dané oblasti,
- obsahovat taxativně podmínky, pro které platí, a popř. instrukce, co dělat, jestliže jsou překročeny limitní podmínky,
- řešit především otázky spojené s možnými nebezpečími či očekávanými konflikty,

- být pravidelně přezkoumávány (vzhledem k dynamickému vývoji světa) a prověřovány po každé závažné skoro-nehodě či nehodě, či při změně zákonů, která obsahují nároky na provoz daného zařízení.

Za existenci a správnost provozních předpisů odpovídají všechny úrovně řízení technického díla. Za technickou správnost odpovídá řídicí pracovník provozu, který odpovídá za technickou správnost.

U složitých technických děl jde o vytvoření provozních předpisů na jednotlivých úrovních řízení, které jsou vzájemně provázané, a to na úrovni odpovědností i činností s ohledem na stanovené kompetence.

2.6.2. Inspekce spojené s technickými díly

Inspekce označuje lidské činnosti spočívající v úředním dohledu, odborném dozoru, věcné kontrole, podrobné kontrolní prohlídce a podobně. V technických dílech v ČR podle povahy provádí dozor: Česká inspekce životního prostředí; Česká školní inspekce (školy jsou technická díla); Dopravní inspektorát; Drážní inspekce; Institut technické inspekce; Požární inspekce; Státní energetická inspekce; Státní úřad inspekce práce; Státní zemědělská a potravinářská inspekce; Technická inspekce České republiky; Státní úřad pro jadernou bezpečnost; Inspekce Ministerstva zdravotnictví; Státní úřad pro kontrolu léčiv; TÜV SÜD Czech s.r.o.

Obecně je inspekce specifická kontrola, kterou provádí orgán státu / veřejné správy / podniku či jiné organizace, který provádí dozor a dohled nad výrobky, bezpečností či prací či provozem technického díla. Jejím cílem je poznat skutečný stav a zjistit úroveň dodržování stanovených předpisů a pravidel. Přitom vychází z celkového šetření situace, jejího srovnání s právními předpisy, normami a standardy a při zjištění nepovolených odchylek ukládá provedení nápravných opatření a kontroluje jejich provedení.

Z hlediska bezpečnosti technických děl má velký význam **Risk Based Inspection (RBI)**. Předmětná inspekce se soustřeďuje na specifická technická zařízení, jako jsou tlakové nádoby, výměníky tepla a potrubí v průmyslových zařízeních a pomocí metod kvalitativně nebo kvantitativně posuzuje úroveň rizika sledovaného technického zařízení. Tím umožňuje ekonomickou optimalizaci údržby, které se dosahuje tím, že se posuzuje úroveň rizika selhání a v případě, že se jeho úroveň blíží k nepřijatelnému limitu rizika, tak se provádí opravy a údržba. Vychází z výsledků nedestruktivních testů, o kterých bylo pojednáno výše.

RBI se nejčastěji používá ve strojírenství a převládá v ropném a plynárenském průmyslu. Posuzované úrovně rizika se používají k vypracování prioritního inspekčního plánu. Souvisí s (nebo někdy je součástí) řízení:

- aktiv podle výše rizika (Risk Based Asset Management - RBAM),
- integrity zařízení podle výše rizika (Risk Based Integrity Management - RBIM),
- podle rizika (Risk Based Management - RBM).

Integrita zařízení ve spojení s informačními technologiemi je charakterizována jako míra důvěry ve správnost informací poskytnutých systémem; To zahrnuje též schopnost systému dodat odpovídající varování (alarmy) uživateli v předem stanoveném čase, které obsahují informace o tom, kdy nepoužívat systém. V

souvislosti s integritou bezpečnosti zařízení se posuzuje, zda provozní odchylka je přijatelná, a podle toho se provádí údržba.

V České republice byla v roce 2018 vydaná norma ČSN EN 16991 upravující inspekce podle standardů CWA 15740:2008/2011.

Obecně je RBI součástí řízení rizik a spolehlivosti (risk and reliability management - RRM). Je základem všech inspekci soustředěných na dopady koroze. Podle výsledků inspekce se určuje plán údržby i inspekci předmětných technických zařízení. Podle prací [178-180] předmětná metodika je nákladově efektivní a zajišťuje:

- zlepšení výsledků řízení rizik technického zařízení,
- holistický a vzájemně závislý přístup k řízení rizik technického zařízení,
- aplikaci strategie, dle které se provádí to, co je nezbytné pro zajištění integrity a zlepšení spolehlivosti a dostupnosti majetku, plánováním a prováděním nezbytných inspekci technického zařízení,
- snížení počtu inspekci a odstávek technického zařízení, a poskytuje delší délku běhu technického zařízení bez narušení bezpečnosti nebo spolehlivosti technického zařízení,
- zabezpečení (záruku) integrity technického zařízení,
- snižuje výskyt poruch technického zařízení,
- zvyšuje dostupnost technického zařízení a snižuje neplánované výpadky technického zařízení,
- poskytuje flexibilní techniku schopnou neustále se zlepšovat a přizpůsobovat se měnícím se rizikům technického zařízení,
- zajišťuje inspekční techniky a metody, které zvažují možné způsoby selhání technického zařízení.

Mezinárodní technické standardy a doporučené postupy uvádějí požadavky, metodiky a implementaci RBI. Používají se standardy:

- API 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry,
- API 580: Risk-Based Inspection - Recommended Practice (Third edition, February 2016),
- API 581: Risk Based Inspection Methodology - Recommended Practice (Third edition, April 2016),
- ASME PCC-3: Inspection Planning Using Risk-Based Methods,
- DNV-RP G101: Risk Based Inspection of Offshore Topsides Static Mechanical Equipment,
- EEMUA 159: Chapter 17 - RBI Methodology for Aboveground Storage Tanks,
- EPRI TR-112657: Revised Risk-Informed Inservice Inspection Evaluation,
- NCHRP Report 782: Proposed Guideline for Reliability-Based Bridge Inspection Practices.

Podle nařízení spojeného s bezpečností procesů v technických dílech [181] se proto požaduje:

- provádět inspekce a monitoring poškození zařízení vlivem koroze,

- provádět inspekce s tlakovými zkouškami,
- implementovat doporučení inspekci,
- hodnotit bezpečnost,
- zavést strategii prediktivní údržby,,
- provádět řízení bezpečnosti procesů,
- dokumentovat postupy,
- zajistit vzdělanou obsluhu a její průběžný výcvik a certifikaci,
- zajistit vzdělaný personál údržby a jeho průběžný výcvik a certifikaci,
- zajistit odborné provádění změn.

Dle údajů, např. [24], náklady na inspekci zařízení se posuzují v souvislosti s náklady na:

- očekávané náklady způsobené selháním zařízení,
- náklady na inspekci ve spojení s provedením inspekce v čase,
- náklady na opravy,
- a výdaje spojené s úrokovou sazbou.

2.6.3. Údržba technického díla a jeho zařízení

Analýza havárií u nichž jednou z příčin byla zanedbaná údržba technických zařízení [81] ukazuje, že předmětná příčina způsobuje v technických zařízeních:

- usazeniny korozních produktů, nánosy, kaly, sedimenty, které brání např. přestupu tepla, což zvyšuje tepelné ztráty, či žádanému ochlazení,
- špatnou funkčnost, časté poruchy a zkrácení životnosti,
- ucpání ventilů a dalších regulačních prvků soustavy,
- snížení účinnosti a výkonnosti systémů,
- zvýšení nákladů na provoz zařízení a na opravy.

Nejprve uvedeme výsledky studia vztahu mezi údržbou a bezpečností technických zařízení. Jelikož údržba jednotlivých technických zařízení má různou důležitost pro bezpečnost technického díla, shrneme poznatky důležité pro provádění údržby.

2.6.3.1. Údržba a bezpečnost technických zařízení

Vztah mezi údržbou a bezpečností technických entit lze sledovat na základě logiky, že selhání, nehody a havárie sledovaných entit jsou důsledkem narušení bezpečnosti entit. Proto k danému cíli byla využita analýza:

- téměř 8000 havárií a selhání technických zařízení a technických děl ve světě, které jsou v databázi havárií a selhání technických děl objektových a síťových, (zahrnujících např.: 1922 průmyslových havárií s nebezpečnými látkami; 2243 selhání průmyslových objektů; 1611 selhání sítí zařazených do kritických infrastruktur; 1240 selhání mostů, 223 jaderných nehod a havárií; 223 dopravních nehod na silnicích s nebezpečnými látkami; 186 dopravních nehod

s nebezpečnými látkami na železnicích; 163 leteckých dopravních nehod apod.) [80],

- publikovaných odborných dokumentů obsahujících výsledky hodnocení nehod, havárií a selhání, jež jsou sledovány dále v kapitole 4.

U jednotlivých případů byly sledovány příčiny vedoucí k havárii nebo selhání technických zařízení či technických děl všeho druhu [3,7]. Nejprve byly příčiny rozříděny na vnitřní a vnější s tím, že poté se pozornost soustředila na vnitřní příčiny. U vnitřních příčin bylo sledováno jejich četnostní rozložení s tím, že pozornost byla věnována údajům o údržbě.

Z výsledků výzkumu založeném na vyhodnocení výše uvedených dat vyplývá, že jednou ze základních vnitřních příčin havárií a selhání technických děl a technických zařízení, která se vyskytuje u všech typů technických děl a technických zařízení, je údržba (kolem 63%); v některých případech se jedná dokonce o klíčovou příčinu. Z konkrétních analýz havárií a selhání technických děl a technických zařízení vyplynuly skutečnosti jako:

- neprováděná údržba,
- špatně prováděná údržba,
- nedostatečná údržba,
- špatný postup údržby,
- špatný rozvrh údržby,
- nedostatečně kvalifikovaný personál provádějící údržbu,
- nedostatečná preventivní údržba
- chybí režim údržby a oprav, tj. neprovádí se kvalitní údržba a včasné opravy staveb, strojů a dalších zařízení s ohledem na stárnutí materiálů, velké opotřebení způsobené nároky na výkon či proměnné okolní podmínky apod.

Poznatky shromážděné v odborné literatuře i zkušenosti z praxe ukazují, že zanedbaná nebo nesprávně prováděná údržba vede k růstu zranitelnosti sledované položky, a v praxi pak dochází k častějšímu selhání položky. O každé položce rozhoduje člověk, a proto je nutno zohlednit předmětné poznání. Je pochopitelné, že s ohledem na dostupné zdroje, údržba musí být z hlediska finančního optimální. Proto dle [15] je třeba vytvořit reprezentativní soubor možných scénářů údržby, určit a vyhodnotit dopady jejich rizik s ohledem na kvalitní chod provozu, a pak z nich vybrat kvalitní, tj. průhlednou, opakovatelnou a správnou metodou optimální scénář údržby z pohledu technického i finančního. Přitom je důležité zvažovat bezpečnost, životnost a spolehlivost zařízení. Jelikož u provozů technických děl se nejedná o statické problémy, ale o problémy dynamické, je vhodné provádět řízení bezpečnosti, ve kterém je obsažena problematika údržby, pomocí indikátorů zvažujících změny v čase. Každý provoz i organizace technického díla jsou jedinečné, a proto indikátory údržby jim musí být přišity na míru. Existuje obecný logický postup pro jejich sestavení a používání, ale použití v konkrétní praxi musí zohledňovat místní specifika, což platí vždy v souvislosti s riziky [7].

Nákladově a přínosně řízená údržba společnosti nebo majetku podniku je absolutně podstatná pro maximální ziskovost a dlouhodobé přežití společnosti, podniku, infrastruktury či technického díla. Pro posouzení úrovně údržby jsou nutné dokumentace a inspekce, včetně pravidelných auditů, a to především vnějších. Podle

amerických modelů bezpečnost funkcí podniku či zařízení zajišťuje dostupnost (dosažitelnost) a vyžaduje aplikaci konceptu integrální bezpečnosti zahrnující spolehlivost a udržitelnost. Podle práce [16] v případech, u kterých je malá schopnost provozovatele rizika redukovat nebo zmírňovat, je třeba zajistit častější sofistikované aktivity v oblasti údržby a častější sofistikované inspekce. Podle práce [182] data z inspekce je třeba aproximovat vhodným matematickým modelem, který nejlépe vyhovuje s tím, že jsou používány následující podpůrné podklady:

- lineární model,
- exponenciální model,
- mocninný model,
- logaritmický model,
- Gompertzův model,
- a Lloyd-Lipowův model.

Výsledkem je pak degradační křivka, podle které se určuje doba provedení údržby nebo inspekce, tak, aby pravděpodobnosti výskytu selhání komponent a systémů byly přijatelné.

Podle práce [183] měření spolehlivosti v údržbě a měření výkonu provozovatele na úseku údržby jsou charakterizovány účinností řízení údržby, přičemž hlavní kritéria jsou:

- spolehlivost,
- dostupnost,
- udržovatelnost,
- efektivita zdrojů,
- a procento neplánovaných činností.

Množství sdělení věnovaných údržbě v dokumentech [18,180] ukazuje na to, že stále více si odborníci uvědomují, že údržba byla v posledních letech z finančních důvodů zanedbávaná a že to přineslo zvýšený výskyt selhání a havárií technologických zařízení.

V práci [184] Garg a Deshmukh ukázali, že optimalizační modely pro údržbu musí pokrývat 4 aspekty, a to:

- popis technického systému, jeho funkce a důležitosti,
- modelování pokažení systému v čase a možné důsledky pro daný systém
- popis dostupných informací o systému a popis činností pro podporu řízení systému,
- a objektivní funkce a optimalizační techniky, které pomáhají najít nejlepší rovnovážný stav.

Podle práce [185] je k tomu potřeba: strukturovat rozhodovací problém; vytvořit tabulku dopadů a následků selhání; eliminovat dominantní alternativy; a vyhodnotit výměny nevhodných položek.

Cílem údržby zařízení, komponent a systémů technického díla je zajistit rostoucí požadavky na produkty nebo výrobky, které poskytují. Údržba zvyšuje životnost klíčových komponent i celého systému. Při provádění údržby je třeba dodržovat jisté

postupy a v případech, kdy existují nebezpečí jako je možnost exploze, musí být používána specifická ochranná opatření. Proto je třeba údržbu důkladně naplánovat a připravit podle:

- návodů pro obsluhu a údržbu od výrobce,
- konstrukčních a projekčních podkladů,
- pracovního postupu, použitých pracovních prostředků, údajů o přítomných nebezpečných látkách,
- provozních zkušeností,
- zkušeností pracovníků obsluhy a údržby,
- podmínek provozu a místních podmínek,
- provozně poplachových plánů,
- poznatků kontroly o daném pracovním místě,
- rozmístění ochranných prostředků (např. čidel pro signalizaci požáru),
- možných zdrojů ohrožení v místě a jeho okolí, a to včetně okolního vybavení.

Údržba závisí na provozu systému. Obvykle ji dělíme na reaktivní neboli neplánovanou a proaktivní neboli plánovanou. V prvním případě jde o korekce zařízení, komponenty či systému prováděné po jejich selhání. V druhém případě odlišujeme preventivní a prognostickou (smart) údržbu. Preventivní údržba zahrnuje výměny částí nebo údržbu založené na stárnutí. U kritických položek je nutno používat prognostickou údržbu, která se opírá o výsledky kontinuálního monitorování.

V odborné literatuře lze najít informace, dle kterých se náklady na údržbu technických děl pohybují mezi 15-70% výrobních nákladů. Výsledky jsou rozdělené podle typu údržby, který je dělen podle strategie údržby na:

- nápravnou (korekční) strategii, ve které se údržba provádí až po selhání zařízení, což vede k velkým nákladům (Failure Based Maintenance),
- preventivní strategie spočívající v tom, že se provádí pravidelná údržba zařízení od dosažení určitého stáří zařízení, a pak se zařízení vymění, což může být nákladné,
- strategie údržby závislá na stavu zařízení (Condition-Based Maintenance), ve které se údržba provádí na základě výsledků monitoringu stavu zařízení, což vede k optimalizaci nákladů na údržbu.

Dle zkušeností z praxe, které jsou uvedené v odborné literatuře, strategie údržby závislá na stavu zařízení (Condition-Based Maintenance - CBM) kromě toho vede ke zvyšování výroby, dostupnosti a bezpečnosti systémů, protože se snižuje počet selhání zařízení.

V literatuře lze najít, že náklady na údržbu technických děl se pohybují mezi 15-70% výrobních nákladů. Výzkum praktik ukázal, že strategii údržby lze dělit na:

- nápravnou (korekční) strategii, ve které se údržba provádí až po selhání zařízení, což vede k velkým nákladům,
- preventivní strategie spočívající v tom, že se provádí pravidelná údržba zařízení od dosažení určitého stáří zařízení, a pak se zařízení vymění, což může být nákladné,

- strategie údržby závislá na stavu zařízení (condition-based maintenance), ve které se údržba provádí na základě výsledků monitoringu stavu zařízení, což vede k optimalizaci nákladů na údržbu. Je založená na RBI.

Údržba založená na podmínkách (CBM – Condition–Based Maintenance) označuje strategii prognostické (chytré) údržby. Její plán údržby je řízen výsledkem sledování stavu komponent. Údržba se provede, jakmile sledování stavu komponenty ukáže překročení jisté prahové hodnoty popisující stav komponenty (tj. jistou kritičnost). Je založena na neperiodických inspekcích a je cenově výhodná.

Výsledky výzkumu shromážděné v práci [160,186] ukazují, že ve složitých systémech, kterými jsou technická díla, je skutečností, že strategie CBM jsou různé pro různé komponenty, a proto z hlediska celého systému je třeba provést jistou optimalizaci. To znamená podle kritičnosti zařízení je třeba kombinovat preventivní a prognostickou (smart) údržbu. V celém systému preventivní údržbu komponent provádět na základě periodických inspekcí (prohlídek) a prognostickou při dosažení kritických podmínek u jisté komponenty; neperiodické inspekce zacílené na zjištění kritických podmínek komponent jsou pochopitelně častější u starších komponent. V práci jsou uvedeny průměrné minimální náklady na různé typy údržby, tabulka 14 [160].

Tabulka 14. Průměrné minimální náklady na různé typy údržby; zpracováno dle [160].

| Typ údržby | Minimální průměrné náklady (mil. EUR) |
|--|---------------------------------------|
| Po selhání | 206,7 |
| Pravidelná | 71,3 |
| CBM spojená s periodickými inspekcemi | 58,2 |
| CBM spojená s aperiodickými inspekcemi prováděnými na základě monitoringu kritických částí | 35,4 |

Výsledky uvedené v tabulce 14 ukazují, že aplikace strategie údržby, při které se provádí oprava nebo výměna až po selhání, je de facto nejvíce nákladná.

Efektivita výrobců závisí na výběru strategie údržby výrobních zařízení. Způsob údržby jednotlivých zařízení závisí jak na charakteru jejich činnosti, tak na režimu, v jakém pracují, tj. na dynamice výrobního procesu.

Na základě současného poznání správné strategie údržby, a hlavně režimu údržby patří do kritických procesů organizace z pohledu plánu produkce. Protože údržba znamená přerušení výroby tak např. údržba zařízení, která jsou v provozu jen v pracovní dny, se provádí o víkend. Jelikož toto není možné u nepřetržitého provozu, TAK se řeší tzv. selektivní problém údržby. Výběrová údržba je zaměřena na kritická / prioritní zařízení a tak, aby celkové náklady na údržbu byly minimální. Při jejím plánování se používají otázky:

1. Budou splněny cíle výroby v daném časovém intervalu?
2. Jaký výsledek přinese údržba pro provoz?

3. Jak přispěje údržba k celkovému výrobnímu procesu?
4. Jaký ovlivní trend výkonu výroby?
5. Jaké zásahy je třeba udělat proti jevům, které jsou klíčovými příčinami narušení výkonu výroby?

Dle práce [187] periodická údržba je nutná u všech systémů, které jsou spojeny s bezpečností. Např. v železniční dopravě direktiva [188] vyžaduje, aby se udržela přijatelná úroveň bezpečnosti pomocí změn kritických procesů železnice a programů údržby za přijatelných nákladů provozovatele na provoz a údržbu. Uvádí, že pro řízení bezpečnosti provozu zařízení jsou důležitá data o:

- spolehlivosti (rozložení selhání komponent, typy selhání komponent, záloh, profilu provozu),
- údržbě (politika oprav a výměn, doba oprav, korektivní údržba, preventivní údržba, inspekce),
- logistická data (náhradní části, doby dodání náhrad, čas pro zajištění dodání),
- finanční data (náklady na náhradní části, sankce při nesplnění dodávek, nápravná údržba, preventivní údržba, inspekce).

Řada příkladů z praxe ukazuje, že když šetříme a zanedbáváme údržbu, tj. komponenty vyměníme, až když selžou (mluvíme o tzv. FBM - Failure – Based - Maintenance), vystavujeme se velkým nákladům nebo vzniku havárií s velkými dopady [160]. Alternativou k uvedenému způsobu je preventivní údržba, při které po určité době (stanovené podle strategie stárnutí komponent) vyměňujeme celé soubory komponent, když se objeví selhání u jedné z komponent. Tato strategie sice pomáhá předcházet selhání, protože snižuje prostoje (downtime) systému, ale má tendenci být konzervativní, tj. často se vyměňuje i to, co se vyměňovat nemuselo. Proto v současné době údržbu rozdělujeme na: korekční; preventivní; a prognostickou (smart, chytrou).

Údržba založená na podmínkách (CBM – Condition–Based Maintenance) označuje strategii prognostické (chytré) údržby. Její plán údržby je řízen výsledkem sledování stavu komponent. Údržba se provede, jakmile sledování stavu komponenty ukáže překročení jisté prahové hodnoty popisující stav komponenty (tj. jistou kritičnost). Je založena na neperiodických inspekcích a je cenově výhodná (nová).

V praxi je třeba propojit strategii údržby a strategii výroby, která živí provozovatele technického díla. Zavedení požadavků výrobce do strategie údržby není vždy jednoduché, a proto teoretické modely optimalizované údržby se v praxi nepoužívají. Proto také plán údržby a způsob jeho provádění patří mezi kritické položky provozovatele technického díla. Předmětný plán musí být koherentní s dostupností zdrojů s požadovanou spolehlivostí a výkonem.

2.6.3.2. Podklady pro provádění údržby technických zařízení

Protože části a systémy technického díla se v čase mění, je třeba zajistit řádnou údržbu zařízení, komponent, systémů i celku. Cílem údržby zařízení, komponent a systémů technického díla je zajistit rostoucí požadavky na produkty nebo výrobky, které poskytují. Údržba zvyšuje životnost klíčových komponent i celého systému.

Při provádění údržby je třeba dodržovat jisté postupy a v případech, kdy existují nebezpečí jako je možnost exploze, musí být používána specifická ochranná opatření. Proto je třeba údržbu důkladně naplánovat a připravit podle:

- návodů pro obsluhu a údržbu od výrobce,
- konstrukčních a projekčních podkladů,
- pracovního postupu,
- použitého pracovního prostředku,
- údajů o přítomných nebezpečných látkách,
- provozních zkušeností,
- zkušeností pracovníků obsluhy a údržby,
- podmínek provozu a místních podmínek,
- provozně poplachových plánů,
- poznatků kontroly o daném pracovním místě,
- rozmístění ochranných prostředků (např. čidel pro signalizaci požáru),
- možných zdrojů ohrožení v místě a jeho okolí, a to včetně okolního vybavení.

Na základě výsledků výzkumu, které se uplatnily v české praxi je vhodným nástrojem pro posouzení plánu a provedení údržby kontrolní seznam [5-7].

Dle zkušeností z praxe, které jsou uvedené v odborné literatuře, strategie údržby závislá na stavu zařízení (Condition-Based Maintenance) kromě toho vede ke zvyšování výroby, dostupnosti a bezpečnosti systémů, protože se snižuje počet selhání zařízení.

V práci [186] je uveden výsledek celosvětového auditu údržby pomocí dotazníku se 105 otázkami, které byly rozděleny do 9 oblastí údržby, např.

1. Zajišťuje schéma potřebné údržby příslušný personál údržby co nejdříve?
2. Zajišťuje organizační řád, že personál údržby je k dispozici vždy, když je potřeba udělat plánovanou údržbu?
3. Je plán výcviku personálu údržby a vylepšuje se?
4. Jsou zaměstnanci údržby specializovaní na mechanické, elektrické a další typy úkolů?
5. Jsou standardy pro provádění údržby?
6. Je prováděna kontrola po provedení údržby?

Výsledky ukázaly, že v technických dílech, které jsou složitými systémy, je potřeba používat různé modely údržby, a je třeba oddělit:

- neopravitelné komponenty,
- opravitelné komponenty s korekční údržbou,
- a opravitelné komponenty, které latentně selhávají, u kterých je třeba dělat preventivní údržbu.

Problém spolehlivosti technických děl spojený s údržbou je v odborných publikacích řešen od 1960. Současné poznání ukazuje, že optimalizace spolehlivosti systému je

zajištěna oběma, tj. preventivní i korekční údržbou. Optimální strategie údržby vede k vyhnutí se nákladným opravám a výměnám zařízení a k prodloužení životnosti provozu.

V praxi je třeba propojit strategii údržby a strategii výroby, která živí provozovatele technického díla. Zavedení požadavků výrobce do strategie údržby není vždy jednoduché, a proto teoretické modely optimalizované údržby se v praxi nepoužívají. Proto také plán údržby a způsob jeho provádění patří mezi kritické položky provozovatele technického díla. Předmětný plán musí být koherentní s dostupností zdrojů s požadovanou spolehlivostí a výkonem.

Stejná doporučení pro optimalizaci údržby uvádí práce [161], která se vztahuje na oblast dopravy. Autoři ukazují, že strategie údržby založená na CBM a monitorování stavu komponent provedená v polovině 90. let vedla k úspoře nákladů na údržbu u železničních vagonů o 15% na 30%. Prognostická údržba významně redukuje náklady na opravy a zvyšuje spolehlivost mechanických systémů. Pro její efektivitu je nutné mít data z inspekcí.

Dle práce [158] technické dílo potřebuje údržbu, která posiluje schopnost resilience, je zapracovaná do cyklu nouzového řízení technického díla (prevence, připravenost, odezva, obnova). Opatření musí být prováděna na technické i organizační úrovni. Např. resilience kritické infrastruktury (síťového technického díla) je chápána jako schopnost kritické infrastruktury:

- redukovat možnosti vzniku porušení provozu a služby kritické infrastruktury veřejnosti,
- absorbovat důsledky porušení, když se vyskytnou,
- rychle se obnovit po poruše a zajistit výkon a službu,
- přizpůsobit se nečekaným kritickým scénářům a neobvyklým podmínkám.

Jako míry resilience se používají:

- pravděpodobnost výskytu poruchy výkonu kritické infrastruktury,
- úroveň dopadů poruchy na infrastrukturu a na služby, které daná infrastruktura zajišťuje,
- rychlost obnovy výkonu infrastruktury po poruše,
- schopnost infrastruktury přizpůsobit se novým podmínkám.

Dle práce [187] periodická údržba je nutná u všech systémů, které jsou spojeny s bezpečností. Pro zařízení s různým SIL platí požadavky na údržbu uvedené v tabulce 15. Interval údržby T1 je roven 2 – 10 letům u systémů, u kterých požadavky na bezpečnost jsou malé; T1 u systémů, u kterých jsou požadavky na bezpečnost velké, závisí na požadovaném SIL - u těch s nejvyšším SIL je 1 měsíc; pro menší SIL 3 měsíce; a další pak 6 měsíců; a 1 rok.

Tabulka 15. Požadavky na údržbu pro zařízení v závislosti na veličině SIL; T1 je interval mezi periodickými testy; zpracováno dle [187].

| SIL | Pravděpodobnost výskytu selhání |
|-----|---------------------------------|
|-----|---------------------------------|

| | T1 u systémů s malými požadavky na bezpečnost 2 – 10 let | T1 u systémů s velkými požadavky na bezpečnost |
|---|---|---|
| 1 | $\geq 10^{-2} - < 10^{-1}$ | $\geq 10^{-6} - < 10^{-5}$ |
| 2 | $\geq 10^{-3} - < 10^{-2}$ | $\geq 10^{-7} - < 10^{-6}$ |
| 3 | $\geq 10^{-4} - < 10^{-3}$ | $\geq 10^{-8} - < 10^{-7}$ |
| 4 | $\geq 10^{-5} - < 10^{-4}$ | $\geq 10^{-9} - < 10^{-8}$ |

Pochopitelně i při provádění údržby existují specifická ohrožení, která je třeba respektovat při realizaci. Dle [189] jde především o to, že se pracuje:

- v omezeném prostoru s nástroji, které mají inherentní zdroj rizika (např. řetězové pily),
- krátkou dobu,
- a mnohdy při běžícím provozu.

To vede k nedostatečnému uvědomění si nebezpečí a jeho podcenění. Zdroje ohrožení při údržbě vznikají tím, že:

- z důvodu údržby se odpojí nebo odstraní ochranná zařízení,
- práce se musí provádět:
 - za provozu zařízení,
 - za špatného osvětlení
 - ve špatně přístupných místech (např. průvlaky, štěrbiny),
 - ve špatně zabezpečených místech (příkopy, jámy, výška, možnost útoku insidera apod.),
 - za pomoci zařízení s inherentním ohrožením (vysokozdvizné vozíky, žebříky apod.),
- při práci se používají elektrické provozní prostředky (elektrická ruční nářadí, prodlužovací kabely apod.), anebo se musí pracovat pod proudem (např. při hledání závad v rozvodných skříních),
- práce probíhá v okolí silných zdrojů tepelného, elektrického, magnetického či elektromagnetického pole; např. místa u: tavící pece; indukčního ohřevu; svařovacího zařízení pro umělé hmoty; zařízení pro velké proudy,
- práce probíhá na a v tlakových nádobách, silech, kanálech, potrubích, kde může dojít k výronu látek, které mají nebezpečný potenciál (vysokou nebo nízkou teplotu, tlakový ráz, výbušnost, hořlavost, vznětlivost, kontaminace ovzduší),
- práce probíhá v místech, kde jsou fyzikální zdroje ohrožení jako zdroje: velkého hluku; vibrací; záření,
- při práci se používají nebezpečné látky.

Otevřeným problémem je údržba paralelních systémů, jejichž selhání lze objevit jen při inspekci, protože nevedou k selhání systému. Proto je třeba vyřešit způsob, jak udržovat záložní systémy? Navíc, mnoho systémů je poškozeno předtím, než selže.

Degradace je komplexní proces, který závisí na mnoha faktorech (materiál, zatížení, teplota...). Zmírnit dopady procesu degradace během životnosti znamená provádět správnou údržbu. Model harmonogramu údržby musí proto zvažovat jak zařízení, komponentu či systém, tak podmínky, ve kterých pracují [189].

Strategie údržby jsou obvykle rozděleny do 3 kategorií:

- nápravná údržba, která se provádí, když zařízení selže,
- preventivní údržba, která se provádí pravidelně, aby se zabránilo selhání zařízení,
- prediktivní údržba podle stavu zařízení (RBI).

Požadovaná kvalita údržby určuje postupy a trvání činností údržby [189].

Prediktivní údržba je založena na myšlence využití stavu komponenty a budoucího očekávaného zatížení s cílem posoudit správný čas pro "tvrdou" údržbu, do které patří opravy, výměny opotřebovaných dílů, kalibrace a tak dále.

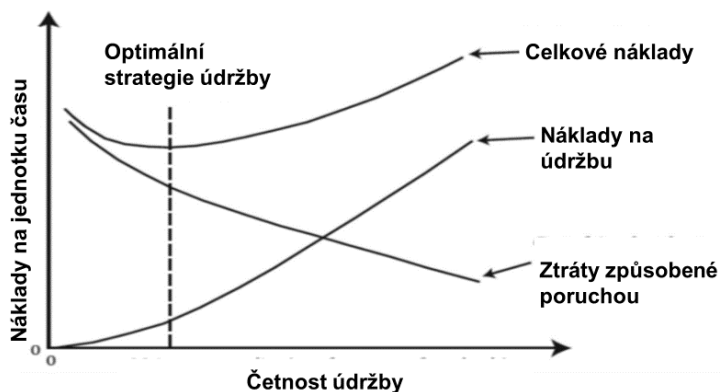
Řízení údržby technických systémů využívá preventivní a prediktivní údržbu:

- pro zvýšení spolehlivosti a dostupnosti systému [190,191] ,
- pro snížení celkových nákladů na aktiva [192-194] .

U některých systémů odstávky poskytují příležitosti pro provádění preventivní údržby, nenarušuje to činnost a je to za nižší cenu než pravidelné preventivní údržby. Příkladem je ztráta přívodu studené vody do limonády výrobní linky způsobené selháním čerpadla [195], při kterém mohou být prováděny preventivní údržba stáčení a balení.

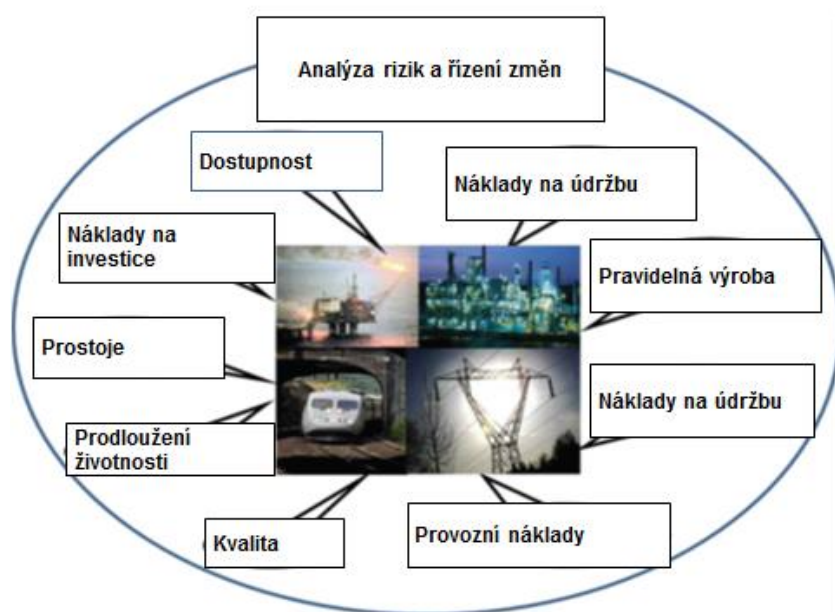
Neplánovaná údržba mechanických systémů vede ke ztrátě produkce a může také ovlivnit bezpečnost. Existuje mnoho způsobů, jak minimalizovat tento efekt, některé z nich jsou: zvýšení redundance; programem údržby identifikovat problémy, které by mohly vzniknout v přestávkách; a bezdemontážní diagnostika [196].

Podle práce [197] optimální celkové náklady zahrnující údržbu charakterizuje situace, zobrazená na obrázku 26.



Obr. 26. Celkové náklady na údržbu a za časová prodloužení; zpracováno dle [197].

Direktiva Common Safety Methods and Risk Analysis [198], CSM RA má zvládat a řídit na dráze prvky RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) tak, aby se udržela přijatelná úroveň zabezpečení při kritických změnách procesů v železničním parku a program údržby provozovatele, který mu zaručuje konkurenceschopnost a je cenově únosný (pozn. safety v daném případě znamená zabezpečení). I když pro provozovatele je vždy důležitý zisk, a náklady na údržbu a zisk snižují, tak by neměl zapomenout, že realizace závažných rizik mu zisk sníží daleko více. Představu aplikace ukazuje obrázek 27.



Obr. 27. Obchodní cíle provozovatele a požadavky analýzy rizik; zpracováno dle [198].

Při řízení rizik v dynamickém prostředí je nutné posuzovat každý jev, který je odlišný od očekávané situace. Proto v předmětné direktivě jsou dotazy pro rozhodnutí o změně programu monitorování:

1. Jsou důsledky selhání malé?
2. Jde o drobnosti?
3. Je složitost malá?
4. Jde o problém, který je snadno monitorovatelný?
5. Jde o vysokou opakovatelnost?

Když se na všechny dotazy odpoví ne, tak je třeba provést změnu monitorovacího programu. Změny jsou:

- změna strategie úlohy,
- prodloužení doby provádění úlohy,

- změna struktury intervalů,
- prodloužení životnosti,
- vyloučení neaplikovatelných úloh,
- a redukce nákladů na hity.

Pro potřeby řízení rizik se vyděluje 5 kategorií:

1. Malé důsledky selhání souvisí s projektem technického systému a nemohou být změněny změnou v programu údržby. Zavádění úloh, na které nebylo zařízení projektováno, vyžaduje více hodnocení rizik než změnu údržby.
2. Jde o drobnost, která souvisí s projektem technického systému a je důležitá tehdy, když jde o prodloužení životnosti.
3. Jde o problém složitosti, který lze řešit programem údržby. Z pohledu bezpečnosti by se měly řešit jen přiměřené úlohy, protože hrozí eskalace rizik.
4. Jde o problém, který souvisí se systémem monitoringu a dozoru provozovatele.
5. Problém není významný pro program údržby.

Sledovaná direktiva [198] vyžaduje, aby riziko spojené s programem údržby bylo přijatelné, což se dosahuje:

- aplikací standardu,
- porovnáním s podobnými systémy (benchmarking [46]),
- provedením odhadu rizika.

Direktiva [198] řídí prvky, na které se vztahuje RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) tak, aby se udržela přijatelná úroveň bezpečnosti pomocí změn kritických procesů železnice a programů údržby za přijatelných nákladů provozovatele na provoz a údržbu.

Proces aplikace CSM RA [198] obsahuje:

1. Proces hodnocení rizik (definice systému; identifikace ohrožení / rizik a příslušná opatření pro bezpečnost; analýza rizik založená na existujících principech přijatelnosti; posouzení rizika z pohledu přijatelnosti; určení požadavků na bezpečnost).
2. Průkaz souladu sledovaného systému s identifikovanými požadavky na bezpečnost.

Direktiva v tabulkách uvádí návrhy možných zlepšení a způsoby jejich realizace, matici rizik a ocenění dopadů rizik.

2.6.4. Plány pro podporu bezpečnosti technického díla

Zkušenosti z praxe ukazují, že v kritické situaci je činnost lepší než pasivita. Proto i v oblasti technických děl se upřednostňuje aktivní obrana, viz aplikace principu Defence-In-Depth při zhotovování technických děl [33]. V oblasti provozu se pak na jednotlivých úrovních vytváří plány odezvy na nežádoucí a nepřijatelné dopady.

Plánování je vědomé usměrňování rozvoje ke zvolenému cíli. Je to uvědomělá činnost řídicích subjektů, která spočívá ve volbě a předpokládání cílů, úkolů, variant a způsobů, které podmiňují dosažení těchto cílů. Za nejdůležitější rys plánování se považuje volba cíle. Plánování není sestavení hierarchického souboru příkazů, které se mají bezmyšlenkovitě plnit, je to tvůrčí činnost, která má stanovit reálný cíl a určit nejvýhodnější způsob jeho dosažení. V praxi se setkáváme s mnoha druhy plánování, např. roční, oblastní, perspektivní, územní, vstřícné aj.

Plánování tvoří základní úsek každého řízení. Proto musí specifikovat nejen cíle, ale i možné varianty dosažení žádoucích cílů řízení, provést jejich vyhodnocení a výběr optimální varianty s ohledem na disponibilní síly, prostředky a zdroje. Poté je třeba provádět monitorování úspěšnosti vybrané varianty s ohledem na žádoucí cíl a systematicky odstraňovat nesoulady a překážky na cestě k realizaci vybraného cíle, a přitom zabránit deformacím a ztrátě iniciativy účastníků procesu. K dosažení dlouhodobých cílů se používá strategické plánování a pro dosažení krátkodobých cílů plánování operativní; obě mají svá specifika, které předurčují výběr metod a způsobů.

2.6.4.1. Fakta, ze kterých musí vycházet plány

Pro podporu správného řízení technického díla je nutné analyzovat každou nouzovou situaci a přijmout poučení, tj. podklady pro zlepšení prevence, zajištění zmírnění dopadů příští situace na chráněné zájmy, pro zlepšení odezvy atd. Z výsledků [111] vyplynulo:

1. Při každé větší nouzové situaci je třeba v rámci poučení:
 - určovat slabé a silné stránky organizace a jejího systému řízení,
 - získat poznatky pro zvýšení odolnosti organizace s tím, že bude zvyšována adaptabilita,
 - získat poznatky pro to, abychom robustní systémy odezvy zaměřovali správně.
2. Pro podporu řízení nouzových situací nestačí jen jednooboroví specialisté, ale je třeba mít specialisty, kteří znají více oborové a mnoha oborové disciplíny a systém řízení organizace v daném případě. Každé technické dílo si musí tento odborný potenciál vybudovat k tomu, aby bylo schopné zvládat rozsáhlé nouzové a kritické situace.
3. Tým pro řízení nouzových situací se musí skládat z vysoce zkušených lidí, musí mít určitou nezávislost při rozhodování a musí mít vlastní zdroje pro činnosti odezvy. Jeho úkolem je zajistit urgentní a bezprostřední odezvu, řešit neočekávané problémy, orientovat se na důsledky, zajistit kvalifikovanou odezvu za přijatelných zdrojů, sil a prostředků.
4. Je nutné zvyšovat neustále bezpečnost organizace i technického díla, jichž se účastní zaměstnanci.
5. Odezva na hurikán Katrina v USA ukázala jeden důležitý fakt - za hranicemi kompetencí se v kritické situaci nedá téměř nic pořádného udělat. Proto je důležité pro zvládnutí všech situací mít předem připravené rozdělení kompetencí pro všechny možné situace, tj. i pro ty téměř nemožné.
6. Zkušenosti získané studiem odezvy na nouzové situace velkého rozsahu ukázaly, že práce, které se dělají v rámci odezvy na kritickou situaci musí být:

- jasné,
- snadno proveditelné,
- rychlé, aby podpořily účinnost akcí,
- vést k výsledku.

Základní druhy plánování, které podporují základní úrovně řízení jsou bezpečnostní plánování, nouzové plánování a krizové plánování. Pro plánování chápané jako činnost, kterou se vytváří podklady pro rozhodování v budoucích situacích je důležitý popis situace a představa o možných změnách (zjišťování míry nebezpečí pro určité časové období a určitou lokalitu). Proto se skládá ze dvou činností:

- předvídání možných situací a změn,
- jejich monitorování a programování reakcí na změny.

Provedené teoretické analýzy i rozbory praktických postupů [1] ukázaly na nutnost při plánování obecně dodržovat určité zásady jako:

1. Plánovat s nadhledem, tj. neplánovat pro případy konkrétních pohrom, protože při výskytu konkrétních jevů jsou různé podmínky a dochází ke kumulaci různých faktorů, které zesilují nebo zeslabují působení pohromy a mění situaci v organizaci.
2. Nouzové situace vyvolané pohromami jsou jen v prvním okamžiku determinovány příčinou, tj. dopady konkrétní pohromy, která je vyvolala. Poté jsou determinovány dobou, po kterou trvají a rozsahem zasažené organizace.
3. V případě, že dojde k významnému zdržení v nastartování vhodné odezvy na pohromu, dochází ke kritické situaci, která může mít až katastrofické dopady, protože v důsledku domino efektů vznikají další a další řetězce nežádoucích jevů.
4. Plány rychle zastarávají, a proto jsou nezbytné pravidelné aktualizace a testování.
5. Bezpečnost, odolnost či zranitelnost každého systému je vždy daná nejslabším prvkem, vazbou či tokem organizace.

Plánování bezpečné organizace proto vyžaduje bezpodmínečně interdisciplinární přístup vycházející a navazující na koncept lidské bezpečnosti (společnost je posedlá strachem z narušení bezpečnosti, protože současná společnost je složitá a velmi zranitelná) a udržitelného rozvoje (ekologická odpovědnost má vztah k environmentální bezpečnosti, ekonomická účinnost souvisí s ekonomickou a technologickou bezpečností, sociální solidarita je odrazem sociální a zdravotní bezpečnosti atd.).

Plánování je spolehlivé, když postupy:

- vedou k cíli pomocí optimálního způsobu, který lze zajistit disponibilními zdroji, silami a prostředky,
- jsou formalizované,
- obsahují opatření k omezení (zmírnění) dopadů,
- zajišťují kontinuální proces,
- umožní zvládnout možné situace,
- jsou multidisciplinární (tj. nejsou naivní a levné),

- respektují problémy v zajištění potřebných zdrojů, a proto s nimi neplýtvají,
- racionálně využívají bezpečnostní infrastrukturu.

Plány musí mít hierarchickou strukturu, protože hierarchické jsou jak procesy, tak zdroje. Nejčastěji se při jejich sestavování sledují tři úrovně, a to:

1. Analýza rizik, která stanovuje strategická pravidla:
 - základní klasifikace klíčových procesů a zdrojů a jejich zabezpečení,
 - plán zachování funkčnosti.
2. Zajištění dat a informací a odvození znalostí a návrh cílů.
3. Seznam konkrétních realizačních opatření a návrh postupů na jejich realizaci (Ize využít nástroje multikriteriálního rozhodování, např. metoda kritické cesty, Petriho sítě, optimalizační metody síťové analýzy apod.) [46].

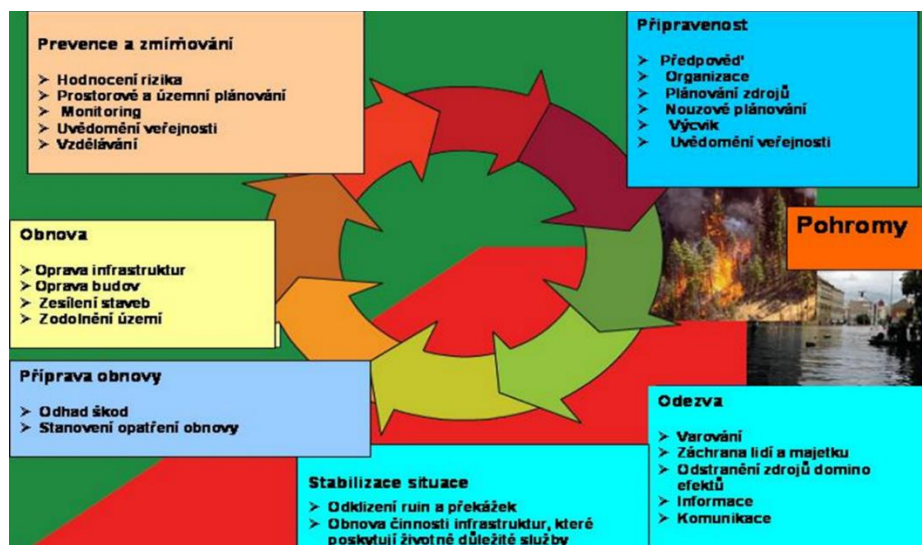
Pro každý kritický proces se nejprve pro potřeby řízení musí určit možné scénáře. Za vše odpovídá vrcholový management. Plán je *komplexní obrázek o procesech a jejich závislostech*. Plán má proto *řešit problémy, porozumět budoucím situacím, formulovat priority a stanovit odpovědnosti*. Nástroje řízení, které stanovuje plán jsou:

- soustava indikátorů,
- monitoring,
- cíle.

Podle těchto nástrojů jsou nastaveny všechny další části řízení. Když je plán formální, tak řízení je bezbřehé a není zajištěno dosažení cílů. Proto při každém plánování si je třeba uvědomit, že prostorové uspořádání, funkční využívání organizace i předurčení chování lidí je komplexní proces pro zajištění vzájemného souladu požadavků hospodářských a jiných činností.

2.6.4.2. Druhy plánů

V oblasti plánování dosud existuje velká nejednotnost. Plány se vztahují jak k celému procesu řízení bezpečnosti, tak k jeho jednotlivým fázím, obrázek 28.



Obr. 28. Fáze řízení bezpečnosti.

Nejčastěji se používá dělení plánů na: strategický plán rozvoje zacílený na zajištění dlouhodobé bezpečnosti; územní plán; plány nouzové, tj. soubor plánů odezvy na nouzové situace kategorie 3-4 [1], jež jsou předvídatelné; contingency plan, tj. plán odezvy na nepředvídanou situaci; plán kontinuity, tj. plán takové formy odezvy, která zajistí omezený provoz technologie a její přežití v takovém stavu, že ji bude možno postupně obnovit; a krizové, tj. soubory plánů odezvy na zvládnutí kritických situací, tj. nouzových situací kategorie 5 [1]. Kontinuita je chápána jako schopnost zajistit využití požadované funkce bez neplánovaných přerušování.

2.6.4.3. Plány odezvy

Při sestavování plánu odezvy je třeba si uvědomit, že proces zvládnutí nouzové situace v technickém díle probíhá v jistém, opakujícím se životním cyklu:

1. Normální podmínky / provoz technického díla, tj. žádná pohroma.
2. Reakce na vznik nouzové situace vyvolané výskytem pohromy.
3. Obnova základních funkcí technického díla.
4. Prozatímní provoz technického díla.
5. Obnova plného provozu technického díla.
6. Normální provoz technického díla po obnovení plné funkce.

Obnova plného provozu znamená přechod z nouzového provozu technického díla na plný provoz. Obvykle je nejvíce při plánování opomíjena.

Dalším příkladem je formální postup pro proces zvládnutí konkrétní nouzové situace, který je vždy v hlavních rysech následující:

- analýza rizik,
- zjištění dopadů, zranitelností a jejich ocenění,
- stanovení kritických procesů a zdrojů potřebných pro jejich realizaci,
- stanovení doby, za kterou musí být kritické procesy obnoveny, aby nedošlo k další eskalaci nouzové situace vyvolané pohromou. Jde totiž o to, aby příliš dlouho nepůsobila spřažená vzniklá v organizaci v důsledku vnitřních vazeb.

V daných souvislostech v případě výskytu nadprojektové pohromy (tj. pohromy proti které se již nedělají nadstandardní preventivní opatření v územním plánování, projektování, výstavbě a provozování objektu, infrastruktury, v systému péče o zdraví, bezpečí, životní prostředí a veřejné blaho) jsou vybudovány ochranné systémy v rámci nouzového a krizového řízení pro bezpečnost jen vybraných chráněných aktiv (životy a zdraví lidí a majetek). Je proto nutno zdůraznit, že v doposud vybudovaném systému ochrany nejsou dostatečně zohledněny vnitřní vazby jdoucí napříč technického díla a jeho okolím. Tento problém je třeba v zájmu bezpečnosti a rozvoje technického díla vyřešit, tj. odstranit, anebo alespoň snížit na žádoucí úroveň druhotné dopady v řetězcích dopadů, které souvisí s výskytem konkrétních pohrom [1,4-6].

Dle poznatků a zkušeností shrnutých v pracích [1,2,6,10] a v pracích obsahujících poučení z havárií, např. [15-25,81] platí pro odezvu dále uvedená fakta:

1. Zajištění připravenosti a odezva technického díla na nouzové situace spočívá na čtyřech principech:

- každý řídicí pracovník odpovídá také za nouzovou připravenost a zvládnutí odezvy na úseku, který řídí. v případě, že zásah přesahuje jeho možnosti, musí být v technickém díle vybudován rozšiřující se systém odezvy.
 - přístup při plánování odezvy respektuje optimalizaci zdrojů pro plánování a odezvu, vytváří se obecně použitelné scénáře zásahů a možné modifikace v závislosti na možných momentálních situacích.
 - systém plánů odezvy je založen na systému bloků, které lze dle potřeby spojovat do bloků větších.
 - nouzová připravenost a opatření odezvy jsou v technickém díle centrálně řízené.
2. Pro zvládnutí a překonání kritických situací je třeba:
- identifikovat a charakterizovat možné kritické situace v technickém díle a jeho okolí,
 - udělat plán na řízení kritických situací ve formě scénáře řízení odezvy na určitou kritickou situaci,
 - být připraven na nejhorší (monitorovat, hodnotit, prověřovat opatření nouzového plánu, zajišťovat vzdělání a výcvik zúčastněných),
 - rozvíjet systém odezvy, aktualizovat a prověřovat systém předávání informací,
 - udělat seznam kontaktů řídicích pracovníků i důležitých složek odezvy,
 - mít připravena opatření, kterými se zabrání panice (informace prověřovat, zaměřit se na klíčovou skupinu lidí, nedělat unáhlená a ultimativní rozhodnutí),
 - mít připravena opatření, kterými se zabrání stupňování kritické situace,
 - vždy hodnotit situaci z více než jednoho pohledu,
 - vždy podpořit a informovat potenciální pomocníky,
 - během kritické situace se zabývat pouze touto situací, tj. nedělat nic jiného,
 - postupně přejít ze scénáře řízení kritické situace na normální způsob řízení,
 - poučit se z chyb před a během kritické situace.
3. Pro zajištění rychlé odezvy, ochranu životů a zdraví lidí a dalších důležitých aktiv, ochranu pracovního a životního prostředí, usnadnění úniku osob z nebezpečného prostředí, usnadnění evakuace, usnadnění záchrany lidí, kvalitu řízení zásahu a snižování eskalace vzniklé nouzové situace jsou vhodné dále uvedené specifické nástroje pro podporu řízení jsou:
- vytvoření řídicího (krizového) štábu, mechanismu jeho svolávání, informování a systému práce,
 - analýza potenciálních ohrožení technického díla chápaného jako otevřený systém, který je ohrožován škodlivými jevy zevnitř i zvenku,
 - vytvoření plánu pro zvládnutí kritické situace, který bude zahrnovat informace o dostupných zdrojích, silách a prostředcích pro zvládnutí kritické situace v technickém díle, plánu poplachu, postupu při poplachu a provedení identifikace zvláštních nebezpečí.

- výměna informací s dalšími orgány pro zvládnutí kritických situací, které mohou poskytnout výpomoc,
 - výcvik a školení vedoucích pracovníků,
 - školení a výcvik bezpečnostních složek, institucí a obyvatelstva,
 - provozování cvičení.
4. Z pohledu koordinace a odpovědností pro zvládnutí velkých nouzových situací platí následující zásady:
- řídící i ostatní pracovníci veřejné správy i technického díla si musí být vědomi, že kritické situace mohou zasáhnout část oblasti, která spadá do jejich odpovědnosti, a proto musí být vyškoleni, jak se mají chovat a co mají dělat,
 - pro očekávané kritické situace (způsobené přírodními pohromami, selháním technologií, selháním infrastruktur, válkou) je třeba mít zpracován plán na zvládnutí vzniklých kritických situací v každé organizační jednotce technického díla,
 - vznik kritických situací nelze vyloučit, a proto každé řízení s nimi musí počítat. z tohoto důvodu jako u každého jiného těžkého úkolu řízení, se opatření odezvy přinejmenším plánují v tom smyslu, že se jisté postupy řízení předem připravují. tyto postupy se pak realizují, když se kritická situace objeví,
 - řídící pracovníci technického díla v případě kritické situace v okolí si musí uvědomit, že nejde o to, zda dané technické dílo bude zataženo kritickou situací, ale o to jak brzo a jak silně,
 - řídící pracovníci organizační jednotky musí vědět, že každá kritická situace eskaluje, když i po krátkou dobu dojde ke zmatku nebo ke ztrátě řízení organizační jednotky,
 - při zvládnutí kritických situací se odezva zaměřuje jen na priority a musí počítat s tím, že řídící pracovník:
 - nemá dostatek informací, které jsou nejvíce potřebné,
 - se vyskytují jevy přesahující jeho odpovědnost,
 - dochází ke ztrátě kontroly, ohrožení důležitých aktiv, intenzivnímu sledování z vnějšku, panice, narušení pravidelných rozhodovacích procesů,
 - posunu orientace řídících pracovníků na krátkodobé činnosti.
5. Účinnost řízení odezvy na kritické situace závisí ve velkém měřítku na efektivní komunikaci, jak uvnitř technického díla, tak s veřejnou správou a partnerskými podniky. Všeobecná doporučení pro komunikaci s veřejností zacílit na: získání podpory veřejnosti a vyhnutí se zmatkům; zajištění provedení potřebných činností; poskytnutí správných instrukcí ve správném čase postiženým osobám o tom, co mají dělat. Proto během kritické situace je třeba provést *úkoly pro zachování klidu jako jsou:*
- shromažďování faktů,
 - vyhnutí se konfliktům,
 - zajištění hodnocení od správných odborníků na zvládnutí,
 - zvážení právních následků,

- ochrana profesního image,
 - ochrana důležitých aktiv a zájmů apod.
6. Většina odborníků na odezvu tvrdí, že kritická situace může být skutečně řízena jen tehdy, když technické dílo je připraveno na nejhorší.
7. V nouzovém (v české legislativě havarijním) plánu musí být jasně specifikované činnosti, jako:
- vyhlášení kritické situace,
 - způsob svolání štábu pro řízení kritické situace,
 - zajištění kontinuálního monitoringu vzniklé kritické situace,
 - způsob aktivizace veřejné správy a řídicích týmů důležitých podniků, služeb a organizací v okolí,
 - způsob svolání potřebných odborníků,
 - způsob varování zaměstnanců technického díla, a v případě potřeby i obyvatelstva,
 - způsob provádění evakuace,
 - způsob aktivizace subjektů kritické infrastruktury,
 - způsob aktivizace dalších subjektů,
 - způsob aktivizace dalších podpůrných činností,
 - zpracování situačních zpráv,
 - zajištění koordinace s okolím a vyššími orgány,
 - zajištění kvalifikované komunikace se všemi zúčastněnými.

Plán komunikace při nouzových situacích se připravuje předem a má následující obsah:

- úvod,
- zásady účinné komunikace v technickém díle,
- způsob komunikace s orgány veřejné správy,
- způsob komunikace s médii,
- způsob komunikace s veřejností,
- a popř. způsob komunikace s diplomatickými službami při přesahu dopadů kritické situace na území jiných států.

2.6.4.4. Nástroje pro plánování

Plánování v technickém díle založené na stanovení cílů, odstranění možných problémů a na ceně, kterou technické dílo zaplatí za selhání, je zvláště nutné zaměřit se na životy lidí, životní prostředí a ten majetek, který nejvíce vyžaduje investice a sledovat dopady na vazby mezi prvky a vazby napříč celého systému infrastruktury. Poslední výzkumy ukazují, že zvláště důležité je sledovat spletitost vnitřních závislostí napříč kritickou infrastrukturou. Při znázornění technického díla jako systému systémů se zjistí, že některé prvky, vazby či toky jsou vysoce zásadní pro stabilitu, kontinuitu a

rozvoj organizace. V uvedených případech je nutno v zájmu bezpečnosti provést specifická opatření a tyto prvky, vazby či toky speciálně z odolnit a případně zálohovat. Stejně platí pro dodávky kritického materiálu nebo pro zajištění kritických služeb (např. záložní zdroje elektrické energie).

Základním nástrojem pro plánování i řízení jsou procesní modely. Ty umožňují sestavit postupy a scénáře pro určité situace, které mají určité podobné rysy. Jsou vhodné pro plánování i pro odezvu a obnovu. Modely se sestavují na základě konkrétních potřeb. *Základem jejich každé aplikace je požadavek, že k tomu, aby daly správný výsledek, musí být splněny předpoklady, na jejichž základě byly vytvořeny.* Výsledkem aplikace procesních modelů jsou normy, standardy, havarijní, nouzové, krizové a jiné plány, scénáře pohrom, scénáře odezvy, scénáře obnovy apod.

Plánování v technickém díle založené na stanovení možných dopadů a na ceně, kterou technické dílo zaplatí za selhání je zvláště nutné zaměřit se na ten majetek, který nejvíce vyžaduje investice [1,114,150,199]. Důležité je systémové pojetí, které dovoluje odhalit, že některé prvky, vazby či toky jsou vysoce zásadní pro stabilitu, kontinuitu a rozvoj organizace.

Autor [147] ukázal na příkladech, že u problémů, které lze popsat tvrdými modely, lepší výsledky dávají matematické agregace. Avšak u problémů, které lze popsat měkkými modely, jsou výsledky heuristických přístupů lepší než matematické agregace. Aby nedošlo k přecenění nebo podcenění některých aspektů rozhodovaného problému, je důležité vybrat experty:

- obeznámené s technickým problémem,
- se znalostmi v širší oblasti rozhodovaného problému,
- z oblastí matematiky, fyziky, analýzy rizik, rozhodování a příbuzných disciplín,
- a z oblasti prosazující veřejný zájem.

Práce [200] podrobně analyzuje problematiku expertů. Vychází z faktu, že kvůli složitosti světa a jeho komponent, je omezená přesnost modelů, které se používají k řešení jeho problémů. Jelikož analytické metody mají omezení, tak se při řešení zásadních otázek používají heuristické metody, jejichž výsledky jsou závislé na zkušenostech expertů. Při použití expertů vznikají otázky: jak experta vybrat; vybrat jednoho nebo několik expertů; jak stanovit závěr z jejich nástrojů. Kvalitu výsledků ovlivňují faktory: kvalifikace experta; postup odhadu; proces výběru expertů; metoda agregace výsledků; a dostupné informace o výkonu experta. Autor ukazuje na nařízení US NRC z r. 1997, dle kterého se při výběru expertů požadují průkazy požadavků:

- akademické vzdělání a zkušenosti pomocí recenzovaných publikací,
- obeznámenost a znalost různých aspektů spojených s řešeným problémem,
- snaha prosazovat nezájatě názor,
- dostupnost a ochota věnovat čas a úsilí při řešení problému,
- specifické znalosti a odbornost v předmětné oblasti,
- ochota efektivně se účastnit diskusí a poskytovat hodnocení a interpretace,
- schopnost komunikace, flexibilita nestrannost, schopnost generalizovat i zjednodušovat.

Pro získání kvalitního výsledku při použití několika expertů je třeba experty motivovat a sjednotit hladiny jejich pohledů na problém (např. hierarchie pohledů od špatného k dobrému). Pro získání kvalitních výsledků je důležitá agregace vyjádření expertů. Lze ho provést matematicky, anebo na základě kritérií, tj. heuristicky např. metodou Delphi [7,46].

2.7. Fakta důležitá pro řízení rizik technických děl

Konflikt mezi řízením zacíleným na výkon technického díla (asset management) a řízením rizik je sledován v kapitole 1, ve které je ukázáno, že z dlouhodobého hlediska je orientace pouze na výkon zrádná, protože ztráty při velké havárii mohou být likvidační, a proto je vhodné realizovat řízení technického díla ve formě, která zajistí prevenci velkých ztrát.

Vlastníci technických děl chtějí štíhlý management, dosahovat vysokou kvalitu a mít vysokou konkurenceschopnost. Proto musí mít kvalitní systém řízení bezpečnosti. K danému účelu proto musí propojit všechny znalosti o provozu a vytvořit takovou strategii (program na zvyšování bezpečnosti), ve které budou zpětné vazby z provozu. Přitom je třeba zajistit, že řízení technického díla bude reagovat na každé zvýšení rizika nebo na nová rizika. Na základě zkušeností shromážděných v knize [21] je nutné kvalitně řídit rizika a mít dokumentaci, která obsahuje údaje o rizicích, které mají formy, které jsou dále popsány.

2.7.1. Praktické nástroje pro řízení rizik technických děl

Tabulka 16 obsahuje příklad kategorií rizik vyhodnocovaných v technickém díle. Tabulka 17 obsahuje příklad rozdělení rizik do čtyř kategorií podle původu.

Tabulka 16. Příklad kategorií rizik vyhodnocovaných v technickém díle.

| Kategorie rizik | Popis rizik |
|-----------------|--|
| R1 | Rizika spojená s pracovištěm – zahrnuje všechna rizika z pracovního prostředí, která nejsou přímo spojena se specifickými úkony, které provádí pracovníci. |
| R2 | Rizika spojená s mikroklimatem a osvětlením, tj. rizika spojená s pracovním prostředím na pracovišti. |
| R3 | Rizika spojená s prací ve stísněných prostorech, tj. rizika spojená s pracemi na pracovišti s omezeným přístupem. |
| R4 | Rizika spojená s prací ve výškách. |
| R5 | Rizika požáru – z důvodu přítomnosti zápalných nebo hořlavých materiálů nebo zdrojů pro zapalování. |

| | |
|-----|---|
| R6 | Rizika spojená s přítomností výbušné atmosféry – rizika prostředí, ve kterém jsou uvnitř nebo vně plyny, zápalné dýmy a kapaliny, nebo hořlavý prach. |
| R7 | Rizika od zemětřesení a dalších živelních pohrom. |
| R8 | Rizika spojená s použitím strojů a pracovních nástrojů – rizika spojená s interakcí při použití pracovníkem (člověk-stroj). |
| R9 | Rizika spojená s instalacemi a elektrickým zařízením - rizika spojená s použitím elektrických systémů, zařízení a nástrojů při provádění práce. |
| R10 | Rizika spojená s tlakovým zařízením - použití a přítomnost tlakových zařízení. |
| R11 | Rizika spojená s přepravou. |
| R12 | Rizika spojená s přítomností chemikálií – nebezpečné chemické látky. |
| R13 | Rizika spojená s přítomností karcinogenů a mutagenů na pracovišti. |
| R14 | Rizika spojená s přítomností azbestu na pracovišti. |
| R15 | Rizika spojená s vysokým stresem při práci – nevhodný pracovní režim. |
| R16 | Rizika spojená s velkým hlukem na pracovišti. |
| R17 | Rizika spojená s vibracemi na pracovišti – poháněcí stroje, zařízení a nástroje způsobující silné vibrace. |
| R18 | Rizika spojená s umělým osvětlením a jeho zdroji. |
| R19 | Rizika spojená s ruční přepravou nákladů. |
| R20 | Rizika spojená s využíváním video terminálů po dlouhou dobu. |

Tabulka 17. Příklad kategorií rizik.

| Kategorie | Popis kategorie |
|-----------|--|
| 1 | Rizika spojená se špatnými pracovními postupy. |
| 2 | Rizika spojená s lidským faktorem. |
| 3 | Rizika spojená s technologickými zařízeními- stárnutí, poruchy, špatná údržba apod. |
| 4 | Rizika spojená s vnějšími vlivy – podmínky v okolním životním prostředí, pohromy přírodní a jiných zařízení, terorismus. |

Pro každou kategorii rizik v tabulce 17 je třeba určit úroveň kritičnosti na základě relativní četnosti výskytu realizace rizika. Vhodná je stupnice:

- jestliže četnost výskytu realizace rizika je $\leq 1\%$, kritičnost je zanedbatelná; kategorie (1),
- jestliže četnost výskytu realizace rizika je v rozmezí $(1\%,20\%>$, kritičnost je malá; kategorie (2),
- jestliže četnost výskytu realizace rizika je v rozmezí $(20\%,40\%>$, kritičnost je střední; kategorie (3),
- jestliže četnost výskytu realizace rizika je v rozmezí $(40\%,60\%>$, kritičnost je velká; kategorie (4),
- jestliže četnost výskytu realizace rizika je v rozmezí $(60\%,80\%>$, kritičnost je velmi velká; kategorie (5),
- jestliže četnost výskytu realizace rizika je v rozmezí $(80\%,100\%>$, kritičnost je velmi vysoká / extrémní; kategorie (6).

Jelikož rostou požadavky na funkční bezpečnost, na bezpečnost práce, a přitom je třeba zajistit jak kvalitní výrobky a jejich dostatečné množství, i konkurenceschopnost technických děl, tak je třeba zajistit, aby opatření pro splnění uvedených cílů používala synergii, tj., aby se některá opatření neopakovala a aby se nezaváděla konfliktní opatření, tj. je třeba aplikovat integrální pohled. Praktický příklad z knihy [21] uvádí v praxi osvědčený formát údajů pro pěstírnu vodních rostlin; tabulka 18.

Tabulka 18. V praxi osvědčený formát údajů o zdrojích ohrožení, příčinách rizik a následcích rizik pro pěstírnu vodních rostlin.

| Oblast zdrojů ohrožení | Zdroj rizik | Následky rizika |
|-------------------------------|---|---|
| Mechanická a ergonomická | Nevhodně provedené pracoviště, nechráněné stroje, nebezpečné konstrukce na pracovišti, nebezpečné nástroje, velká pracovní zátěž, špatná ergonomie, špatné pracovní podmínky. | Zranění, muskuloskeletární problémy apod. |
| Fyzikální | Hluk, vibrace, elektřina, požár, uklouznutí, zakopnutí, pád z výšky, doprava, potápění, mikroklimatické podmínky – extrémní teplo či chlad, sluneční záření. | Zranění, popálení, pořezání atd. |
| Chemické | Paraziti, fungicidy, antibiotika, desinfekční prostředky, prach, toxické, hořlavé, korozivní nebo explozivní materiály. | Otrávení, shoření, popálení, poškození očí, poškození kůže, dýchací onemocnění, rakovina atd. |
| Biologické | Viry, bakterie, paraziti, enzymy, prach. | Infekce, alergie, astma atd. |

| | | |
|---------------|--|---------------------------------|
| Psychologické | Násilí a agrese, práce na směny, práce v noci, dlouhá pracovní doba, změny času. | Pracovní stres, vysoký tlak aj. |
|---------------|--|---------------------------------|

Pro potřeby praxe dále uvádíme vzory pro posuzování rizik při provozu dle [69,199], tabulka 19. Vzor matice rizika dle [70] je uveden v tabulce 20. Vzor opatření pro zvládnutí různých úrovní rizika dle [201] je uveden v tabulce 21.

Tabulka 19. Vzor pro posouzení rizik z pohledu BOZP dle [70,200].

| Kategorie rizika | Slovní vyjádření rizika | Popis situace |
|------------------|-------------------------|--|
| 1 | Zanedbatelné | Nemůže dojít k poškození zdraví nebo zranění, ke ztrátě při práci, první pomoc není třeba. |
| 2 | Malé | Žádná ztráta při práci, potřebná první pomoc, není potřebné ambulantní ošetření. |
| 3 | Střední | Malé zranění, potřebné bezodkladné ošetření. |
| 4 | Velké | Vážné zranění, dlouhodobé léčení, nemoc z povolání. |
| 5 | Extrémní | Smrt, dlouhodobá neschopnost. |

Tabulka 20. Vzor matice rizik dle [70].

| Velikost rizika | | Úroveň pravděpodobnosti výskytu rizika | | | | |
|-----------------|---------|--|---------------------|-----------|-------------------|-----------------|
| Slovně | Číselně | Řídké (1) | Nepravděpodobné (2) | Možné (3) | Pravděpodobné (4) | Téměř jisté (5) |
| Zanedbatelné | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Malé | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Střední | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| Velké | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| Extrémní | 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |

Tabulka 21. Vzor opatření pro zvládnutí různých úrovní rizika dle [201].

| Úroveň rizika | Přijatelnost rizika | Doporučené činnosti |
|---------------|---------------------|---------------------|
|---------------|---------------------|---------------------|

| | | |
|-----------------|---------------|---|
| Nízké 1-3 | Přijatelné | Nejsou potřebná opatření pro řízení rizik. Jsou potřebné častější revize, zda úroveň rizika se v čase nezvyšuje. |
| Střední 4-12 | Tolerovatelné | Je potřebné přesné vyhodnocení ohrožení. Je třeba přijmout opatření, aby riziko odpovídalo ALARA. Musí být zavedena provizorní opatření – monitoring, osobní ochranné vybavení a zavedená dlouhodobá opatření na snížení velikostí dopadů. |
| Vysoké 15-25 | Nepřijatelné | Riziko musí být redukováno alespoň na střední úroveň před zahájením práce. Opatření na řízení rizika, tj. na snížení rizika by měla být přijata bez ohledu na ochranné pomůcky před zahájením práce. |

Další příklad vyhodnocení rizik na pracovišti je zpracován dle práce [202], je pro potravinářský průmysl, tabulka 22.

Tabulka 22. Vzor vyhodnocení rizik v potravinářském průmyslu zpracovaný dle [202]. Pro velikost pravděpodobnosti výskytu **L** i pro velikost dopadů **S** jsou použity stupnice 1 až 5 (čím větší, tím horší). Skóre pro výsledné riziko **R** ($L \times S$) pak nabývá hodnot 1 až 25.

| Příčina | Popis dopadů | L | S | R |
|---|--|---|---|----|
| Elektrické – probití do zařízení | Vážné až fatální zranění jako důsledek výboje nebo požáru. | 3 | 5 | 15 |
| Selhání, které potřebuje zásah hasičů | Vážné nebo fatální zranění v důsledku kouře nebo hoření. | 5 | 5 | 25 |
| Uklouznutí nebo zakopnutí | Zranění. | 4 | 3 | 12 |
| Manuální zacházení s těžkými břemeny | Zranění – namožení nebo pohmoždění při nakládání s těžkými břemeny. | 2 | 3 | 6 |
| Zacházení s jídlem nebo krmivem | Časté mytí rukou způsobuje poškození kůže. Některé jídlo nebo krmivo může způsobit alergii kůže. | 3 | 3 | 9 |
| Strojní vybavení | Vážná zranění při kontaktu s nebezpečnými strojírenskými a zvláště pohyblivými se částmi. | 4 | 4 | 16 |
| Tlakové systémy - parovody, tlakové nádoby atd. | Zranění způsobená přehřátím či opařením. | 3 | 5 | 15 |

| | | | | |
|--|--|---|---|----|
| Transport po pracovišti | Vážná zranění. | 3 | 3 | 9 |
| Hluk | Nepohodlí až poškození sluchu při trvalé práci v hlučném prostředí nebo při užívání hlučných zařízení. | 3 | 4 | 12 |
| Teplota | Přehřátí nebo promrznutí organismu až trvalé následky. | 3 | 3 | 9 |
| Ovzduší a špatná ventilace | Zdravotní potíže, diskomfort – nepříjemný pocit, pocení. | 1 | 3 | 3 |
| Prach | Potíže při dýchání až astma. | 3 | 4 | 12 |
| Prach | Oční choroby. | 4 | 3 | 12 |
| Nedostatečný prostor pro výměnu oblečení | Zranění. | 2 | 1 | 2 |
| Hygiena | Onemocnění, zranění, havárie. | 3 | 4 | 12 |
| Nedostatky na WC | Výskyt mikroorganismů / infekčních nemocí. | 3 | 9 | |
| Stress při práci | Výskyt šikany, neodpovědnosti apod. | 1 | 2 | 2 |
| Nedostatečné rozmístění varovných tabulek a protiopatření zacílená na BOZP | Zranění / havárie. | 4 | 2 | 8 |

Při tvorbě opatření k prevenci rizik na pracovišti vychází zaměstnavatel ze všeobecných preventivních zásad, které jsou pro zaměstnavatele povinné a kterými se rozumí zejména:

- zamezování (případně omezování) realizace rizik,
- odstraňování rizik u zdroje jejich původu pomocí organizačních nebo technických opatření, respektive jejich kombinací,
- přizpůsobování pracovních podmínek potřebám zaměstnanců s cílem omezit působení dopadů práce na jejich zdraví,
- nahrazování fyzicky namáhavých prací a prací ve ztížených pracovních podmínkách novými technologickými a pracovními postupy,
- nahrazování nebezpečných technologií, pracovních prostředků, surovin a materiálů méně nebezpečnými v souladu s vývojem nejnovějších poznatků vědy a techniky,
- omezování počtu zaměstnanců vystavených působení faktorů překračujících nejvyšší přípustné hodnoty koncentrací nebezpečných faktorů na nejnižší počet, který je nutný k zajištění provozu,
- provádění prevence rizik s využitím techniky, organizace práce, pracovních podmínek, sociálních vztahů, uplatňování prostředků kolektivní ochrany a individuální ochrany,

- provádění opatření směřujících k omezování úniků nebezpečných látek ze strojů a zařízení v rozsahu stanoveném zvláštními právními předpisy,
- permanentní dozor nad zajištěním bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Z analýzy dat v archivu [81] a dat za internetu [89] vyplynuly dále uvedené příklady způsobů vypořádání rizik v rámci BOZP, tabulka 23.

Tabulka 23. Příklady protiopatření zacílených na snížení rizik u osob v pracovním procesu; OOPP – osobní ochranné pracovní prostředky.

| Zařízení | Nebezpečí | Protiopatření |
|-----------------------------------|---|--|
| Stroje a vozidla | - zranění ruky při vyměňování součástí | - při montáži, demontáži opotřebovaných, vadných dílů postupovat dle návodu výrobce, - pevné uchopení a správné držení náradí a součástí, tak, aby nedošlo k jejich vysmeknutí z ruky, - používání vhodné pracovní pomůcky a pracovní rukavice |
| Stroje a vozidla - čišťení a mytí | - uklouznutí a pád osoby | - průběžné odstraňování odstranění nečistot, - vhodná pracovní obuv s protiskluznou podrážkou, - zvýšená opatrnost pracovníků při práci a pohybu osob po znečištěném, mastném a mokřém povrchu mycí plochy a v jejím okolí. |
| Stroje a vozidla - čišťení a mytí | - ohrožení pokožky, sliznic, dýchadel působením koncentrovaných čisticích prostředků | - používání OOPP, - respektování pokynů pro používání nebezpečné látky. |
| Stroje a vozidla | - mechanická nebezpečí, - utržení, rozdrčení, zlomení, zhmoždění končetiny při jejím zachycení a vtažení nebo namotání rotující součástí (řemenic, řemenem), přitlačení končetiny atd. při | - stroj vybavit ochranným zařízením chránícím nebezpečné části konající točivý nebo kývavý pohyb, jako jsou řemeny a řemenice, řetězové převody, ozubená soukolí, vyčnívající konce hnacích (vývod náhonu) i hnaných hřídelí, kloubové hřídele na stroji, kloubové hřídele mezi hnacím a hnaným strojem včetně pouzder, setrvačníky, táhla, páky, jehly aj., |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| | <p>seřizování, čištění a opravách stroje</p> | <ul style="list-style-type: none"> - ochranný kryt pevný a nepoddajný, jeho uchycení na stroji musí být pevné a spolehlivé tak, aby jej bylo možno odstranit jen s použitím nástroje (klíče), - v odůvodněných případech (zejména za účelem čištění, seřizování apod.) mohou být kryty odklopné nebo odsouvací, vždy však zajistitelné v pracovní poloze, - kloubové hřídele opatřit netočivým krytem, - ochranné kryty opatřit výstražnou barvou (rozdílnou od barvy ostatních částí stroje), - kryty s otvory (např. z drátěného pletiva) musí mít maximální velikost otvorů podle vzdálenosti krytu od místa ohrožení (zdroje nebezpečí) tak, aby prsty, ruka nebo jiná část těla pracovníka nemohla přijít do styku s nebezpečnou částí stroje, - stroj čistit za chodu jen pokud to povoluje výrobce v návodu na obsluhu, a je-li zabráněno styku pracovníka s pohyblivými se částmi stroje, za použití vhodných pomůcek (háčeků, kartáčů na násadě apod.), - neotvírat ochranné kryty na stroji dříve, než se zastaví všechny pohyblivé části stroje, - nepřibližovat se k rotačním částem stroje dříve než se odstraní zbytkový přetlak v hydraulické soustavě, - dodržovat návod k používání, neprovádět zakázané manipulace, zejména nebezpečné činnosti za chodu stroje, - kryty a jiná ochranná zařízení, sejmuté za účelem provedení opravy, údržby nebo seřízení stroje před uvedením stroje opět osadit do své původní polohy tak, aby plnily svou ochrannou funkci. |
| <p>Stroje a vozidla</p> | <ul style="list-style-type: none"> - uklouznutí, pád a podvrtnutí nohou při nastupování a sestupování na pracovní stanoviště stroje, | <ul style="list-style-type: none"> - výstupy na stroj a pracovní plošiny zajištěny držáky, madly, zábradlími, stupačkami apod., - řádné upevnění schůdků na stroj, ložnou plochu vleku, - plošiny, lávky a stanoviště obsluhy stroje udržovat čisté, |

| | | |
|------------------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - uklouznutí, pád a podvrtnutí nohou při sestupování z kabiny | <ul style="list-style-type: none"> - používat uvedených nástupových a výstupových prvků a zařízení, - zvýšená opatrnost za zhoršených klimatických podmínek (déšť, bláto, zmrázky, sněžení) a při postavení stroje na svahu, - nevyskakovat ani nenaskakovat na pohybující se stroj, - správný postup sestupování, tj. neseskakovat, zrakem zkontrolovat místo sestupu, případně sestupovat čelem ke kabině (možnost přidržení se madla), - vhodná pracovní obuv. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - pády a uklouznutí pracovníků při pohybu na stojícím stroji (při čištění, údržbě, mazání) | <ul style="list-style-type: none"> - výstupy na stroj a pracovní plošiny umožnit držáky, madly, zábradlím, stupačkami apod., - pracovní plošiny opatřit zábradlím, madly, držáky, stupadly apod., neseskakovat z kabiny stroje, ze zvýšených míst, - nevystupovat na mokrý stroj mimo obslužné plošiny, zejména po dešti, za deště, při ranní rose aj., - před výstupem očistit povrch schůdků a pochůzných ploch. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - zneužití stroje nepovolnou osobou | <ul style="list-style-type: none"> - dveře do kabiny stroje uzamykatelné, - při výstupu z kabiny vyjmout klíček ze spínací skříňky, - při opuštění stroje uzamknout kabinu a zajistit stroj proti odcizení. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - působení vibrací | <ul style="list-style-type: none"> - pracovní sedadla zabraňující přenášení otřesů, - údržba zařízení, výměna opotřebovaných exponovaných součástí, které mají vliv na vibrace, - zavedení a dodržování bezpečnostních přestávek. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - působení hluku | <ul style="list-style-type: none"> - používání OOPP proti hluku, - zavedení a dodržování protihlukových přestávek. |

| | | |
|------------------|--|---|
| Stroje a vozidla | - bolesti zad | - pracovní stanoviště podle potřeby a nutnosti upravit dle ergonomických požadavků, - pracovní sedadlo vybaveno zádovým opěradlem a nastavitelnou sedací plochou, - zavedení a dodržování bezpečnostních přestávek. |
| Stroje a vozidla | - opaření při otevírání víka chladiče | - neotevírat víčko horkého chladiče, nebo použít vhodnou ochranu (rukavice, chladič překrýt plachtou, hadrem). |
| Stroje a vozidla | - popáleniny při práci v blízkosti horkých, rozpálených částí motoru, chladiče | - správné pracovní postupy (vyčkat až horký povrch ochladne apod.), - použití OOPP k ochraně rukou. |
| Stroje a vozidla | - zhmoždění rukou, tržné a bodné rány při udeření o konstrukci stroje při přitahování matic a při údržbě a opravách prováděných ručním nářadím | - správné a vhodné pracovní postupy v souladu s návodem, - použití vhodného a nepoškozeného náradí (s nezamaštěnou úchopovou částí, neomačkaných klíčů, s řádným zajištěním nástroje na topůrku apod.). |
| Stroje a vozidla | - úrazy očí drobnými tělísky při čištění chladičů, filtrů, ventilátorů aj. od prachu a rostlinných zbytků stlačeným vzduchem při opravách, seřizování a mazání vleže na spodku stroje, při použití bicího náradí (kladiva) | - používání prachotěsných brýlí proti mechanickým vlivům. |
| Stroje a vozidla | - úraz elektrickým proudem | - samojízdné stroje a zařízení používat při práci pod venkovním elektrickým vedením jen jsou-li dodrženy bezpečnostní vzdálenosti stroje, jeho částí a osob od elektrického vedení dle ČSN 34 3108. |
| Stroje a vozidla | - dopravní nehody, havárie mimo vozovku, střet s jiným vozidlem selháním | - zkontrolovat technický stav stroje před jeho použitím (funkce brzd, osvětlení, koncová, směrová, brzdová světla apod.), |

| | | |
|------------------|---|--|
| | <p>brzd, ztrátou ovladatelnosti,</p> <ul style="list-style-type: none"> - dopravní nehoda, kolize s jiným účastníkem silničního provozu | <ul style="list-style-type: none"> - při jízdě ze svahu jezdit se zařazeným převodovým stupněm, přiměřenou rychlostí vzhledem k hmotnosti stroje (soupravy), - náradí, náhradní díly, materiál a jakékoliv předměty neukládat na podlahu stroje, ale na vyhrazená místa, podlahu stroje udržovat v čistotě, - správné a spolehlivé připojení přívěsu, přívěsného stroje dle návodu výrobce a jeho zajištění, propojení vzduchotlakých brzdových hadic, kabelu osvětlení, - vyloučit přepravu dětí mladších 15 let v kabině. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - dopravní nehoda, naražení, najetí vozidla na zemědělský stroj přemísťovaný po pozemní komunikaci | <ul style="list-style-type: none"> - náradí při přepravě (nesené, zavěšené) a pracovní pomůcky umístěné na stroji řádně mechanicky zajišťovat v přepravní poloze - nikdy netransportovat stroj zvednutý na hydraulice, - stroj širší než 2.5 m, nebo přesahuje-li šířku tažného prostředku označit červenobílými rohovými pruhy, odrazkami, - stroj širší jak 3 m vybavit oranžovým majákem (zvláštním výstražným světelným nařízením). |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - přejetí, přimáčknutí, přitlačení obsluhy traktorem, strojem při jeho nežádoucím pohybu, po jeho náhlém rozjetí apod., | <ul style="list-style-type: none"> - při přepravě, opravách a údržbě stroj zajišťovat proti nežádoucímu uvedení do chodu a samovolnému pohybu, - neopouštět kabinu pohybujícího se traktoru při spojování soupravy, - zajistit stroj před jeho odpojením od tažného vozidla (traktoru) proti samovolnému pohybu a překlopení, - řidiče a pracovníky obsluhujících stroj seznámit s příslušnými bezpečnostními i předpisy včetně návodů k obsluze před přidělením a před převedením na jiný druh stroje, - zákaz používání traktorů a samojízdných strojů k tlačení jiných vozů nebo strojů. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - přejetí, přitlačení, zavalení osob při vyprošťování uvíznuvších | <ul style="list-style-type: none"> - před zahájením vyprošťování pověřit zkušenou osobu, která určí způsob vyprošťování a vyprošťování řídí (provádí), |

| | | |
|------------------|--|--|
| | <p>zapadlých, havarovaných a porouchaných strojů a přívěsů zařízení* těžká poranění způsobená utržením nebo vysmeknutím lan a řetězů při vyprošťování uvíznuvších zapadlých, havarovaných a porouchaných strojů a přívěsů zařízení</p> | <ul style="list-style-type: none"> - k vyprošťování lze použít pouze lana s nosností alespoň trojnásobně vyšší než je hmotnost vyprošťovaného vozidla (soupravy), použití řetězů je zakázáno, - před zahájením vyprošťování musí všechny osoby opustit prostor který může být ohrožen vysmeknutím nebo přetržením tažného lana, případně vymrštěním nebo utržením spojovací součásti (čepu, závěsu, oka), a to i za a před vozidla ve směru napnutého lana, - lano má být zavěšeno tak, aby směr tahu byl v podélné ose strojů obou strojů, - pokud stroj uvázl nebo se převrátil ve svahu, provádí se vyprošťování vždy proti svahu, vyprošťovací vozidlo se postaví tak, aby hnací kola, byla první ve směru vyprošťování, - pokud hrozí převržení stroje při jeho vyprošťování, musí řidič opustit kabinu, - pokud stroj uvázl nebo se převrátil ve svahu, nesmí se nikdo zdržovat ani přecházet na spádnici pod strojem. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - pád osoby z ložné plochy při nakládání, skládání a manipulaci s materiálem na ložné ploše návěsů a přívěsů | <ul style="list-style-type: none"> - vyloučení nežádoucího pohybu a pojetí traktoru při provádění manipulačních prací, - zvýšená opatrnost při práci a pohybu v blízkosti volných okrajů ložné plochy (při spuštěném zadním čele, bočnici). |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - zachycení a přimáčknutí osob o překážku, přejetí osoby koly při couvání a zajíždění traktorů do zúžených prostorů | <ul style="list-style-type: none"> - správné postavení pracovníků, nikoliv zády k volnému okraji, nepostupovat dozadu (pytle nepřemisťovat vlečením), - zvýšená opatrnost řidiče, - zajištění způsobilé osoby pro navádění, - dorozumívání předem dohodnutými znameními mezi řidičem a navádějící osobou, - správné postavení navádějící osoby (v zorném poli řidiče, nikoliv za traktorem, vozidlem), - včasné odstranění překážky. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - udeření osoby zadním čelem nebo bočnicí a | <ul style="list-style-type: none"> - kontrola uložení nákladu traktorem před otevřením bočnic, |

| | | |
|--------------------------------------|---|---|
| | naloženým materiálem na ložné ploše | <ul style="list-style-type: none"> - vyloučení přítomnosti osob v ohroženém prostoru před otevíranou bočnicí, - udržování zajišťovacích mechanismů bočnic, čel v řádném a funkčním stavu. |
| Stroje a vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - onemocnění pracovníka vlivem zhoršeným klimatických podmínek (déšť, vlhkost vzduchu, mlha, vítr, chlad, nadměrná teplota) | <ul style="list-style-type: none"> - vhodné oblečení a obuv, OOPP, - poskytování ochranných nápojů, - přestávky v práci. |
| Vibrační stoly - vibrační zhutňovače | <ul style="list-style-type: none"> - hluchost; | <ul style="list-style-type: none"> - používání OOPP proti hluku (chrániče sluchu), - udržování stroje v řádném technickém stavu, - pravidelná údržba, - celkové kontroly stroje dle návodu k používání. |
| Vibrační stoly - vibrační zhutňovače | <ul style="list-style-type: none"> - vibrace působící na ruce a paže | <ul style="list-style-type: none"> - udržování stroje v řádném technickém stavu, včasná výměna exponovaných částí majících vliv na vibrace, - pravidelná údržba, - klidové bezpečnostní přestávky dle návodu k používání. |
| Vibrační stoly - vibrační zhutňovače | <ul style="list-style-type: none"> - zranění ruky, zasažení pohyblivými částmi motoru (částí s rotačním a přímočarým pohybem) | <ul style="list-style-type: none"> - před zahájením provozu zkontrolovat funkci bezpečnostních a ochranných zařízení, - opravu a údržbu provádět za klidu motoru, - po ukončení oprav namontovat zpět ochranná zařízení, správně dotáhnout všechny šroubové spoje. |
| Mechanická lopata | <ul style="list-style-type: none"> - pád obsluhy při pracovním záběru štítu lopaty (po vynaloženém úsilí) | <ul style="list-style-type: none"> - vizuální kontrola prostoru a plochy po které je sypký materiál přihřnován lopatou před zahájením práce (v případě potřeby odstranit překážky, předměty a nerovnosti), - nepřetěžovat mechanickou lopatu, užívat ji jen pro hnutí materiálu o vhodné zrnitosti (max. velikost zrn stanoví návod), - přidržovat štít v závěru oběma rukama, |

| | | |
|-------------------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - přenášet prázdný štít lopaty do záběru jen jejím tažením, nikoliv tlačení nebo přenášením před sebou. |
| Mechanická lopata | <ul style="list-style-type: none"> - pád obsluhy při vynaloženém úsilí při tažení následkem přetržení nebo uvolnění tažného lana, - zasažení osoby poškozeným přetrženým tažným lanem | <ul style="list-style-type: none"> - spolehlivé spojení tažného lana štítu s navíjecím zařízením (spojení lana v místě uchycení štítu provedeno min. dvěma lanovými spojkami), - dodržování zákazu spojování tažného lana uzly, - spojení lana se štítem provést pomocí pojistky proti přetížení, - správné nastavení koncového vypínače dle návodu k používání, - pravidelné kontroly lana, - vypínání tahu lana musí být samočinné a v předem správně nastaveném místě. |
| Mechanická lopata | <ul style="list-style-type: none"> - zasažení osoby štítem mechanické lopaty | <ul style="list-style-type: none"> - dodržování zákazu zdržovat se jiným osobám (kromě obsluhy) nebezpečné blízkosti štítu lopaty, zejména mezi navíjedlem a štítem (po dobu činnosti mechanické lopaty). |
| Mechanická lopata | <ul style="list-style-type: none"> - vtažení ruky obsluhy mezi tažné lano a buben navíjedla (svěrné místo); | <ul style="list-style-type: none"> - funkční ochranné zařízení (kryt) lanového bubnu, - správné nastavení koncového vypínače dle návodu k používání. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - vtažení a sevření končetiny (zejména ruky) rotujícími částmi, jako jsou bubny všeho druhu, kladky, převáděcí válce a vůbec všechna místa, kde pásy nabíhají pod tahem na části dopravníků | <p>Pozn.: Způsob a charakter mechanického pohybu a konstrukce dopravních zařízení vytváří mnoho pohyblivých, zejména rotujících částí, které vzájemným pohybem a pohybem vůči pevným částem dopravníků vytvářejí mnoho nebezpečných svěrných, tlačných a střízných míst s nebezpečím vtažení a sevření končetin, popř. jiných částí těla. Proto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ochrana nebezpečných míst kryty, výplňovými zábranami, ohrazením, zábradlím apod. proti přístupu osob k nebezpečným místům (znemožňující pracovníkům dosáhnout k nebezpečným místům), - vybavení dopravníků sloužících k dopravě vlhkých, lepkavých a těstovitých materiálů |

| | | |
|-------------------|--|--|
| | | <p>čisticím zařízením, včetně zachycování a odvádění odpadu,</p> <ul style="list-style-type: none"> - vyloučit čištění dopravníku za chodu, odstraňování materiálu ze spodní větve dopravního pásu, vytahování spadlých předmětů, dopravovaného materiálu náradí při opravách apod. z nebezpečných míst (bezprostřední nebezpečí vtažení ruky mezi buben a unášecí prostředek), - vyloučit zachycení a následné vtažení oděvu nebo končetin, zejména rukou pracovníků, kteří se v blízkosti nechráněných a nebezpečných míst nacházejí (procházejí, pracují, provádí kontroly, údržbu apod.), pokud se nebezpečná místa nacházejí v dosahových možnostech pracovníků, - dodržování zákazu dotýkat se rukou nebo předměty drženými v rukou pohybujících se částí dopravníku, - vyloučit přítomnost osob v blízkosti dopravníku, které zde nemají určenou pracovní činnost, - seznámení všech zaměstnanců, oprávněných vstupovat do prostorů dopravníků, s vypínači pro zastavení (nouzovými, havarijními), - ovládat zařízení a všechny spouštěcí operace může jen oprávněný pracovník (vypnutí může provést v případě nutnosti, bezprostředního nebezpečí kterákoliv osoba), - instalace prvků nouzového vypínání jejich jasné vyznačení a trvalá snadná přístupnost. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - zachycení a vtažení osoby, resp. její končetiny, pohyblivou částí dopravního zařízení, popř. dopravovaným břemenem | <ul style="list-style-type: none"> - instalace prvků nouzového vypínání (v počáteční a koncové části dopravníku, v místech nakládání a vykládání, kontrolovaných přesypů, tam, kde se trvale pracuje, u centrálně řízených a automatizovaných dopravních linek nepřehledných míst z řídicího stanoviště), nejlépe průběžným vypínacím lankem, |

| | | |
|-------------------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - vyloučení vtažení těla do zúžených prostorů při předčasném uvedení dopravníku do chodu, - uvést nouzové vypínače do původního (zapnutého) stavu může pouze oprávněná osoba a po nahlášení odstranění závady pověřeným pracovníkem, popř. po zjištění příčiny vypnutí, - instalace zvukové příp. světelné signalizace není-li dopravní. zařízení z místa ovládní přehledné, - použití signalizačního zařízení v časovém předstihu před uváděním dopravníku do chodu. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - vtažení ruky mezi unášecí prostředek (pás) a buben při pádu, při přecházení podél dopravníku a vtažení těla resp. končetiny, nejčastěji ruky, do místa mezi unášecí prostředek a rám (svěrné místo), popř. jinou pevnou část konstrukce dopravníků | <ul style="list-style-type: none"> - dodržení minimálních šířek průchodů kolem a podél dopravníků, - nepomáhat ručně do chodu přetíženým dopravníkům při jejich prokluzu či zastavení, - nedotýkat se nebezpečných pohybujících se částí dopravníku, - respektovat signalizační zařízení upozorňující na uvádění dopravníku do chodu. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - přejetí nohy pracovníka vozíkem, zachycení nohy konstrukcí pojezdového vozíku | <ul style="list-style-type: none"> - zakrytí kol a kladky pojezdu dopravníku a jeho částí. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - pád pracovníka z konstrukce dopravního zařízení | <ul style="list-style-type: none"> - zřízení výstupů pomocí pevných ocelových žebříků, schodů, plošin dle četnosti používání, popř. i přechodů, - dodržování zákazu vystupovat po konstrukci dopravníku, překračovat, přelézat nebo podcházet dopravníky mimo místa zvlášť určená k tomuto účelu (určené přechody a podchody), - vybavení volných okrajů plošin a lávek zábradlím. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - zasažení pracovníka uvolněnou částí dopravního zařízení | <ul style="list-style-type: none"> - udržování dopravníků včetně příslušenství a výstroje v provozuschopném stavu, |

| | | |
|-------------------|---|--|
| | (dotykem, třením, vibracemi) | <p>provádění včasné, pravidelné údržby, čištění spadlého materiálu,</p> <ul style="list-style-type: none"> - kontroly upevnění krytů násypky, - vyloučení zachycení krytu, násypky dopravovaným materiálem, unášecím prostředkem, odhozeným materiálem a jejich zachycení rotující součástí. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - zachycení a vtažení ruky při čistění, opravách, provádění údržby a podobných manipulací za chodu dopravníku | <ul style="list-style-type: none"> - provádět kontrolu, seřizování, údržbu, mazání a čistění pohybujících se částí (pásů, bubnů, válečků apod.) , čističů apod. za klidu dopravníků, po jejich zajištění proti nežádoucímu spuštění (kromě výjimečných činností dle provozního řádu např. mazání, seřizování), - vyloučení předčasného uvedení dopravníku do chodu při vytahování spadlých předmětů, náradí dopravovaného materiálu při opravách apod. v blízkosti nebezpečných míst (zejména v případě odstranění a demontáže ochranných zařízení, krytů, panelů apod.), - před započítím udržovacích prací a oprav dopravník popř. i navazující zařízení zastavit a zajistit proti nežádoucímu spuštění, - opravy provádět jen k opravě pověřenými zaměstnanci dle pokynů nadřízeného, - po ukončení údržby, čistění a oprav apod. činností namontovat všechna ochranná zařízení, - provádí-li se ve výjimečných případech práce za chodu zařízení na nechráněném dopravním zařízení (není-li jinak práce proveditelná), musí být přítomen další zaměstnanec, obeznámený s postupem zákroku, který dohlíží na pracovníka pro zajištění její bezpečnosti, a je připraven použít vypínací zařízení; odkrytí může být provedeno jen v bezprostředním okolí. Při těchto pracích musí být zachována potřebná opatrnost a musí se omezit přístup k nebezpečným místům (vtažení, sevření) a musí být provedena opatření |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>proti vstupu nepovolaných osob do nebezpečného prostoru,</p> <ul style="list-style-type: none"> - zaměstnanci provádějící opravy musí nosit zapnuté pracovní oděvy bez volných částí. |
| Pásové dopravníky | <ul style="list-style-type: none"> - uklouznutí, pád pracovníka | <ul style="list-style-type: none"> - udržování nakládacích a pracovních míst v čistotě a stále průchodných. |
| Násypný koš a související zařízení | <ul style="list-style-type: none"> - mechanická rizika - přitlačení, rozdrčení pracovníka v prostoru dráhy násypného v prostoru kolem násypného koše, který vytváří při přímočarém pohybu řadu svěrných, tlačných a jiných nebezpečných míst | <ul style="list-style-type: none"> - zabezpečení dráhy násypného koše ohrazením, popř. blokovanou brankou v souhrnném ohrazení, - při jakékoliv činnosti uvnitř dráhy násypného koše a v šachtě skipu vždy spolehlivě zablokovat násypný koš v horní poloze proti nežádoucímu pohybu, - vyloučení svévolného odstranění ohrazení, otevření dveří v souhrnném ohrazení, - opravy, čistění, mazání a jiné zásahy v prostoru násypného koše apod. provádět pouze za klidu a při vypnutí hlavního vypínače el. proudu a jeho zajištění ve vypnutém stavu, - dodržovat zákaz jízdy v koši (skipu), - v případě potřeby - ohrožení bezpečnosti použít tlačítko CENTRALSTOP (nouzové vypnutí). |
| Násypný koš (skip) a související zařízení | <ul style="list-style-type: none"> - pád násypného koše (skipu) nezajištěného v horní poloze na pracovníka, který vstoupil do dráhy násypného koše nebo pod něj za účelem čistění, údržby, opravy apod. (naražení, zasažení pracovníka); | <ul style="list-style-type: none"> - pravidelně kontrolovat opotřebení lan koše skipu a v případě nadměrného přetržení drátků nebo jiného poškození lano vyměnit (viz ČSN ISO 4309), - zabezpečení dráhy násypného koše ohrazením, popř. blokovanou brankou v souhrnném ohrazení, - při jakékoliv činnosti uvnitř dráhy násypného koše a v šachtě skipu vždy spolehlivě zablokovat násypný koš v horní poloze proti nežádoucímu pohybu (pádu), - dodržovat zákaz jízdy v koši (skipu), - dodržovat zákaz zdržovat se pod násypným košem (skipem) není-li koš bezpečně a spolehlivě zajištěn bezpečně v horní poloze proti pádu. |

| | | |
|---|--|---|
| Násypný koš (skip) a související zařízení | <ul style="list-style-type: none"> - zhmoždění, přimáčknutí a rozdrčení rukou pojezdovými kladkami násypného koše (skipu) pojíždějícími po šikmé drážce skipu | <ul style="list-style-type: none"> - zabezpečení dráhy násypného koše ohrazením, popř. blokovanou brankou v souhrnném ohrazení, - dodržování zákazu odstraňování krytů dvířek (branky) a zábran u dráhy násypného koše. |
| Násypný koš (skip) a související zařízení | <ul style="list-style-type: none"> - vtažení končetiny (případně za oděv, rukáv) mezi lanový navíjecí buben a tažné lano násypného koše (skipu) při opravách, údržbě, výměně, seřizování správného vinutí za chodu a jiné činnosti za chodu v nebezpečné blízkosti lanového bubnu (svěrné místo mezi navíjeném laně a bubnem) | <ul style="list-style-type: none"> - opravy, seřizování čistění, mazání, výměnu lana a jiné zásahy v prostoru lanového bubnu provádět pouze za klidu a při vypnutí hlavního vypínače elektrického proudu a jeho zajištění ve vypnutém stavu. |
| Betonárna | <ul style="list-style-type: none"> - pád osoby z výšky (ze zvýšených míst práce na betonárně), - pád osoby při vystupování a sestupování do kabiny obsluhy příhrnovače | <ul style="list-style-type: none"> - zajištění bezpečného přístupu k místům provádění prací ve výškách pomocí žebříků apod., - nevystupovat na konstrukce betonárny bez osobního zajištění proti pádu z výšky, - používání pracovních podlah, lávek apod. zajištěných proti pádu zábradlím. |
| Betonárna | <ul style="list-style-type: none"> - pád předmětů a materiálu z výšky | <ul style="list-style-type: none"> - ochrana prostoru pod místy práce ve výškách proti ohrožení padajícími předměty, - uložení materiálu, náradí a pomůcek na místech ve výškách tak, aby byly po celou dobu uložení zajištěny proti pádu, sklouznutí nebo shození. |
| Betonárna | <ul style="list-style-type: none"> - úraz elektrickým proudem | <ul style="list-style-type: none"> - dodržování zákazu odstraňovat a otvírat kryty k elektrickým částem, - vyloučení činností při nichž by se pracovník při činnostech na elektrickém zařízení dostal do styku s napětím na vodivé kostře nebo se přímo dotkl obnažených vodičů s napětím, - odborné připojování a opravy přívodních šňůr, ověřování správnosti připojení, s |

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| | | <p>ochranným vodičem, s nepřerušenou ochranou (vždy provádí elektrikář),</p> <ul style="list-style-type: none"> - ovladače z izolantu, - spoje odlehčovat od tahu, prodlužovací šňůry připojovat s ochranným vodičem a nepřerušenou ochranou, - zabránění neodborných zásahů do elektrické instalace, - zákaz vedení elektrických kabelů a jejich omotávání okolo kovových konstrukcí betonárny, - udržování elektrických zařízení v bezpečném stavu pravidelné revize (ČSN 33 1500), - pravidelný odborný dohled pověřeným elektrikářem (prohlídky, měření zemního odporu uzemnění, - měření izolačního odporu, měření přechodového odporu ochran. vodiče, odstraňování závad. |
| Venkovní prostory betonárny | - úder hadicí (při používání hadic připojených ke zdroji tlakové vody nebo vzduchu), působení kinetické energie | <ul style="list-style-type: none"> - pevné uchopení a držení konce hadice, - zajištění hadice proti uvolnění z nátrubku nebo jiné části určené ke spojení hadice ke zdroji tlaku, - spolehlivé a pevné připojení hadice spojkou (nikoliv drátem), - dle potřeby použití OOPP k ochraně zraku. |
| Venkovní prostory betonárny | - pád osoby na venkovní ploše (klopýtnutí, uklouznutí, zakopnutí) | <ul style="list-style-type: none"> - zpevněné venkovní plochy bez nerovností a prohlubní, - udržování venkovních ploch a komunikací v nekluzkém stavu v zimním období, - odstranění drobných komunikačních překážek v komunikacích, průchodech, manipulačních a obslužných prostorách (hadic, kabelů), - zakrytí prohlubní a kanálů, nepoškozené, rovné poklopy, mříže a rošty nad prohlubněmi a kanály a jejich udržování, - nošení vhodné a nepoškozené obuvi pracovníky, |

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - dostatečné umělé elektrické osvětlení v noci a snížené viditelnosti. |
| Venkovní prostory betonárny | <ul style="list-style-type: none"> - pád osoby při sestupování (méně při nastupování) ze schodů (kovových), z pevných ocelových žebříků zajišťujících komunikační spojení ze zvýšenými plošinami, lávkami apod. konstrukcí, - šikmé nesprávné našlápnutí na hranu ocel. schodišťových stupňů. | <ul style="list-style-type: none"> - rovný, nekluzký a nepoškozený povrch schodišťových stupňů a podest, - přidržování se madel při výstupu a sestupu po schodištích a svislých ocelových žebřících, - správné našlapování, vyloučení šikmého našlápnutí, zvýšená opatrnost při snížení adhezních podmínek za mokra, vlivem zablácené obuvi apod., - vyloučení nesprávného došlapování až na okraj (hranu) schodišťového stupně, kde jsou zhoršené třecí podmínky, - očištění obuvi před výstupem na žebřík, - protiskluzné obložení prošlapaných a opotřebovaných hran ocel. schodišťových stupňů, - správné našlapování na příčle a jiné výstupové prvky, možnost použití záchytného prvku (madla) pro přidržení na konci žebříku při vystupování. |
| Skládka kameniva | <ul style="list-style-type: none"> - zasypaní osoby kamenivem na venkovní skládce | <ul style="list-style-type: none"> - zavážení i vyprazdňování sektorů hvězdicové skládky kameniva nemá být jednostranné, - vyloučit vstup osob na skládku kameniva a do nebezpečného prostoru přihrnovače kameniva, - vyznačit zákaz vstupu na skládku kameniva na všech přístupových místech výstražnými tabulkami. |
| Skládka kameniva | <ul style="list-style-type: none"> - zachycení osoby výložníkem přihrnovače | <ul style="list-style-type: none"> - vyloučit vstup osob do nebezpečného prostoru přihrnovače kameniva. |
| Míchací centrum, míchačka | <ul style="list-style-type: none"> - dotyk končetin s pohyblivými částmi (lopatkami) uvnitř bubnu strojů, při otevření či sejmutí krytů za chodu za chodu míchačky | <ul style="list-style-type: none"> - ochrana nebezpečných částí kryty, víky, poklopy, - opravy, čištění, mazání a jiné zásahy do míchacího bubnu a jeho pohonu provádět pouze za klidu bubnu a při vypnutí hlavního vypínače elektrického proudu, jeho zajištění ve vypnutém stavu, - dodržování zákazu čištění za chodu míchačky, |

| | | |
|---------------------------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - nedotýkat se nebezpečných pohyblivých částí dokud se buben úplně nezastaví. |
| Míchací centrum, míchačka | <ul style="list-style-type: none"> - nežádoucí, předčasné spuštění stroje (při čištění, údržbě, opravách, seřízení) s ohrožením osob přitlačením a zachycením | <ul style="list-style-type: none"> - opravy jiné zásahy provádět pouze za klidu míchačky a při vypnutí hlavního vypínače elektrického proudu a jeho zajištění ve vypnutém stavu. |
| Míchací centrum, míchačka | <ul style="list-style-type: none"> - pád částí míchačky na pracovníka, - úder o konstrukci míchačky | <ul style="list-style-type: none"> - zajištění zvednutých částí a dílů proti pádu, - včasné provádění výměny opotřebovaných částí, dílů, - dodržování správných postupů při údržbě, opravách a výměnách strojních částí. |
| Míchací centrum, míchačka | <ul style="list-style-type: none"> - zranění očí výronem a vystříknutím řídkého betonu doprovázené mechanickým poškozením očí pískem a drobným kamenivem | <ul style="list-style-type: none"> - používání ochranných pokopů a vík bubnu míchačky, - podle potřeby používat OOPP k ochraně zraku. |
| Cement, cementový prach | <ul style="list-style-type: none"> - dráždivé účinky cementového prachu, které se projevují převážně mechanickým drážděním horních cest dýchacích, kašlem, škrábáním nebo pálením v krku a nosu, drážděním očních spojivek, pokožky, - cementový prach způsobuje onemocnění horních i dolních cest dýchacích, chronickou bronchitidu, pracovníci přicházející do styku s cementem mohou trpět zánětem spojivek a vleklým zánětem nosohltanu, | <ul style="list-style-type: none"> - uzavřenost zařízení na dopravu a skladování volně loženého cementu od plnicího potrubí, zásobníků až po místo odběru včetně míchačky a udržování těsnosti; zabraňování zviřování usazeného prachu úklidem, snižování sekundární prašnosti, - používání OOPP - polomasek s filtry (respirátory) v případě potřeby a zvýšeného ohrožení, - výběr pracovníků a zajištění jejich zdravotní způsobilosti, - preventivní lékařské prohlídky ohrožených pracovníků. |

| | | |
|----------------------------|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - kožní nemoci, alergické, iritativní dermatitidy při kontaktu pokožky cementem, <p>Pozn. chronické iritační dermatitidy vznikají po dlouhodobém opakovaném působení dráždivých látek v nižších koncentracích, iritační (toxická) dermatitida rukou je způsobována alkaliemi mezi které patří i cement, který mj. obsahuje 1 - 2 % volných alkálií (K, Na, Ca); alergické kontaktní dermatitidy vznikají po opakovaném a většinou dlouhodobějším kontaktu kůže se škodlivinou; přecitlivělost se projevuje nejčastěji alergickými kožními reakcemi.</p> | |
| Šnekové dopravníky cementu | <ul style="list-style-type: none"> - zachycení části těla skřípnutím šnekovnicí a následným rozdrcením a odstřihnutím (jako nůžkami) - okrajem šnekovnice pohybující se těsně přes okraj otvoru a na hranách konstrukcí uvnitř kterých rotuje šnekovnice a všude tam, kde se nepohyblivá část dopravníku přibližuje k nepohyblivé části šnekového dopravníku se stále se zmenšující vzdáleností; nebezpečná místa se vyskytují zejména mezi šnekovnicí a žlabem, mezi | <ul style="list-style-type: none"> - zakrytí nebezpečných míst stříhu (tam kde mívá okraj otvoru ležícího napříč směru dopravovaného materiálu, - úplné uzavření šnekových dopravníků (zaplášťováním) hrdla násypky a výsypky prodloužit až na bezpečnou vzdálenost - cca 850 mm), - dodržování zákazu přítomnosti v provozu a v blízkosti dopravníku osobám, které zde nemají určenou pracovní přítomnost, - opravy čistění, odstraňování závad provádět až po zastavení dopravníku (za klidu) a po jeho zajištění proti nežádoucímu spuštění (uzamčením hl. vypínače ve vypnutém stavu), - seznámení všech zaměstnanců oprávněných vstupovat do prostorů dopravníků s vypínači pro zastavení (nouzovými, havarijními), - ovládat zařízení a všechny spouštěcí operace může jen oprávněný pracovník |

| | | |
|----------------------------|--|---|
| | šnekovnicí a ochranným krytem a okrajem, mezi šnekovnicí a konstrukcí pokud se nebezpečná místa nacházejí v dosahových možnostech pracovníků) | (vypnutí může provést v případě nutnosti, bezprostředního nebezpečí kterákoliv osoba), - jasné vyznačení prvků nouzového vypínání a jejich trvalá snadná přístupnost. |
| Šnekové dopravníky cementu | - zasažení osoby uvolněnou částí dopravního zařízení (dotykem, třením, vibracemi) - krytem, částí podavače, zachycenými dopravovaným materiálem, poškozenou šnekovnicí apod. | - udržování dopravníků včetně příslušenství a výstroje v provozuschopném stavu, provádění včasné, pravidelné údržby, čištění mazání atd. |
| Šnekové dopravníky cementu | - zachycení, vtažení a rozdrcení ruky při opravách apod. v blízkosti nebezpečných míst; (zejména v případě odstranění a demontáže ochranných zařízení (krytů- uzavření) při čištění, opravách, provádění údržby a podobných manipulací není-li zařízení v chodu, nebo je-li předčasně uvedeno do chodu); | - provádět kontrolu, seřizování, údržbu, mazání a čištění pohybujících se částí (šnekovnic apod.) apod. po zastavení dopravníku (za klidu) a po jeho zajištění proti nežádoucímu spuštění (uzamčením hl. vypínače ve vypnutém stavu); (kromě výjimečných činností dle provozního řádu např. mazání, seřizování), - opravy provádět jen k tomu pověřenými zaměstnanci dle pokynů nadřízeného, - po ukončení údržby, čištění a oprav apod. činností namontovat všechna ochranná zařízení, - zaměstnanci provádějící opravy musí nosit zapnuté pracovní oděvy bez volných částí, - po ukončení provozu vyprázdnit dopravník uzavřením kulového uzávěru zásobníku a ponecháním dopravníku v běhu naprázdno cca 1 min. |
| Šnekové dopravníky cementu | - uklouznutí, pád pracovníka z výšky | - udržování pracovních míst v čistotě a stále průchodných, - používání lávky - plošiny pod zásobníky opatřené zábradlím, |

| | | |
|-----------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - vyloučení práce na zvýšených místech bez zajištění proti pádu z výšky. |
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - vytváření cementových hrudek usazování cementu na stěnách zásobníku, v případě vniknutí vody do zásobníku zatvrdnutí s následnou nutností vstupu do zásobníku | <ul style="list-style-type: none"> - pravidelné čištění zásobníku po jeho vyprázdnění, - po ukončení čištění zásobníku a přišroubování odvzdušňovacího filtru provedení kontroly těsnosti v místě připojení filtru (zda neuniká cementový prach a zda do zásobníku nezateká voda), - k zabránění vzniku kleneb, trychtýřů, převisů, skladovaného materiálu používat pneumatického zařízení (stlačeného vzduchu), provzdušňování materiálu v zásobníku, - stanovení postupu obsluhy betonárny, dojde-li k přerušení vyprazdňování materiálu v provozním předpise udržování těsnosti, ovladatelnosti kulového uzávěru na dnu, - občasná prohlídka odvzdušňovacího filtru (filtračního plátna) a výměna filtru; dle návodu. |
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - zavalení pracovníka materiálem při jeho vstupu na povrch skladovaného cementu materiálu v zásobníku, propadnutí či proboření klenby, - zasypání a následné udušení pracovníka v zásobníku (při vstupu pracovníka do zásobníku za účelem odstraňování nánosů, kleneb a trychtýřů apod. závad ve vnitřním prostoru zásobníku materiálu), - pád slehlého cementu na pracovníka v zásobníku, náhlé sesutí ulpělého cementu z vnitřní stěny zásobníku na pracovníka, uvolnění a | <ul style="list-style-type: none"> - práci uvnitř zásobníku (sila) zajišťovat dodavatelem, po písemném předání pracoviště dodavatel je většina dalších opatření je pro provozovatele zásobníku bezpředmětná), - zajištění vstupů a přístupových otvorů do zásobníků proti svévolnému vstupu osob (uzamčením vstupních poklopů), - vyloučit vstup do zásobníku bez povolení a nevstupovat do zásobníků materiálu není-li zásobník prázdný, - pro vstup do zásobníku (sila bunkru apod.) předem vydat povolení osobou odpovědnou za jejich provoz, - před vydáním povolení zvážit nebezpečí pro příslušný pracovní úkon, vstup do zásobníku povolit jen není-li možno odstranit závady z vnější strany zásobníku (sila), - zajišťování stálého dozoru nad pracovníkem v zásobníku pověřenou osobou, resp. jeho vstup do zásobníku |

| | | |
|-----------|---|--|
| | <p>propadnutí klenby vytvořené v cementu na pracovníka (při vstupu pracovníka do zásobníku za účelem odstraňování nánosů, kleneb a trychtýřů apod. závad ve vnitřním prostoru zásobníku materiálu,</p> <ul style="list-style-type: none"> - udušení po vdechnutí cementového prachu do plic pracovníka pracujícího uvnitř zásobníku. | <p>musí zajišťovat alespoň dvě další osoby vyškolené pro tuto práci,</p> <ul style="list-style-type: none"> - vybavení pracovníka vstupujícího do zásobníku potřebnými prostředky a pomůckami dle provozního předpisu, (bezpečný postroj, zajišťovací lana, ochranná maska atd.), - před vstupem pracovníka do zásobníku odpovědný pracovník řídící práce zajistí zastavení přísunu a odběr materiálu (šnekový dopravník ve vypnuté poloze, stálý dozor atd.), - stanovení a dodržování opatření a podmínek pro vstup do zásobníku v provozní předpise (pracovní postup, signalizace, dorozumívání, zajištění proti nežádoucímu spuštění, zabezpečení zaměstnanců a jejich zajištění při vstupu, minimálně dvěma dalšími zaměstnanci s napnutým zajišťovacím lanem a se stálým dozorem), - pracovník uvnitř zásobníku nesmí dosahovat chodidly hlouběji než 1 m pod hranicí převisu materiálu a vstupovat chodidly přímo na skladovaný materiál, - zabezpečovací lano musí být stále napnuté a zajišťované minimálně dvěma pověřenými pracovníky, - vstup do nevyprázdněného zásobníku lze jen s výjimkou mimořádných případů, kdy dojde k ucpání spodního uzávěru hrudkami ztvrdlého cementu nebo k pevnému usazení cementu na stěnách zásobníku, při vytvoření klenby či dutiny, převisu a trychtýře materiálů a jiných nežádoucích stavech které, nelze odstranit jiným způsobem než z vnitřního prostoru zásobníku. Další opatření stanoví zpracovaný místní provozní bezpečnostní předpis a pokyny pro provoz a údržbu zásobníků materiálu v betonárně. |
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - pád pracovníka do zásobníku materiálu horním vstupním otvorem, | <ul style="list-style-type: none"> - zabezpečení vstupního otvoru do zásobníku materiálu proti nežádoucímu vstupu a pádu osob uzamykatelným střešním víkem (resp. jeho zajištění proti svévolnému vstupu šrouby). Pozn.: tento otvor slouží k připevnění |

| | | |
|-----------|---|---|
| | - pád pracovníka do vnitřního prostoru zásobníku | <p>odvzdušňovacího filtru, který zabraňuje unikání cementového prachu a zatékání dešťové vody a který se musí před vstupem do zásobníku demontovat,</p> <p>- po skončení práce uvnitř zásobníku uzamknout víko vstupního otvoru a správné namontování odvzdušňovacího filtru.</p> |
| Zásobníky | - pád pracovníka při sestupování příp. vystupování do/ze zásobníku vnitřním ocelovým žebříkem | <p>- zajištění bezpečného sestupu a výstupu do vnitřního prostoru zásobníku pomocí nepoškozeného pevného žebříku a jeho kontrola před sestupem/výstupem,</p> <p>- osvětlení míst práce u zásobníků při provádění údržby apod.,</p> <p>- vhodná pracovní obuv (podrážka) pracovníka,</p> <p>- správný postup při výstupu a sestupu po žebříku.</p> |
| Zásobníky | - naražení těla pracovníka zavěšeného na bezpečnostním postroji při odstraňování nánosů a klenby uvnitř zásobníku o pevnou překážku, materiál nebo část zásobníku; | - správné pracovní postupy, odstraňování nánosů po menších částech shora dolů. |
| Zásobníky | - pád pracovníka z horní části konstrukce zásobníku, z konstrukčních částí zásobníku při provádění oprav, údržby, čistění a odstraňování různých poruch a závad z vyvýšených míst | <p>- vybavení volných okrajů podlah, lávek horní části konstrukce zásobníku u přístupu k hornímu otvoru ochrannými zařízeními (zábradlím o výšce 1.1 m),</p> <p>- použití osobního osobní zajištění pracovníků při pracích ve výšce, na místech, která nejsou opatřena zábradlím,</p> <p>- zajištění bezpečného přístupu k místům provádění prací ve výškách pomocí pracovních podlah, lávek, žebříků apod.,</p> <p>- udržování bezpečného stavu pracovních ploch a přístupových komunikací,</p> <p>- nevstupovat na místa, která nejsou pracovními prostory a komunikacemi, nepodlézat ani nepřelézat zábradlí, používat pracovní přechodů, lávek, plošin,</p> |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - dodržování zákazu obsluhy a kontroly zásobníku z provizorních volně položených lávek, plošin apod. |
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - únik cementového prachu do venkovního prostoru z důvodu technologické závady, - přeplnění zatížení zásobníku | <ul style="list-style-type: none"> - nepřepřlňovat zásobník, neplnit jej jinak, než určil výrobce, - při plnění zásobníku sledovat výšku materiálu) v zásobníku, - funkční indikátor výšky náplně (hladinoměr), - správné a těsné osazení a připevnění odvodušňovacího filtru, který zabraňuje unikání cementového prachu, - občasná prohlídka odvodušňovacího filtru (filtračního plátna) a včasná výměna filtru. |
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - pád předmětů, prvků, částí konstrukcí při montáži, demontáži a přemísťování jednotlivých prvků, předmětů, materiálu při opravách a údržbě zásobníků materiálu při montáži, demontáži a přemísťování jednotlivých prvků, předmětů, materiálu | <ul style="list-style-type: none"> - ochrana prostoru pod místy práce ve výškách proti ohrožení padajícími předměty, - uložení materiálu, náradí a pomůcek na místech ve výškách tak, aby byly po celou dobu uložení zajištěny proti pádu, sklouznutí nebo shoení větrem. |
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - pád pracovníka z plošiny, z horní části konstrukce zásobníku | <ul style="list-style-type: none"> - vybavení volných okrajů přístupných a pochůzných ploch zábradlím, - zábradlí přerušené pro výstup po svislém žebříku na plošinu v úrovni cca 3 m nahradit zajišťovacím řetízkem, - nevstupovat na místa, která nejsou pracovními prostory a komunikacemi, nepodlézat ani nepřelézat zábradlí, používat pracovní přechody, lávky, plošiny, - dodržování zákazu obsluhy a kontroly zásobníku z provizorních volně položených lávek, plošin apod. |
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - prasknutí hadice nebo potrubí (ohrožení prašností (cementem), působení cementu na dýchadla | <ul style="list-style-type: none"> - udržování hadic a potrubí materiálu v nezávadném stavu, spojování hadic a potrubí zaručujícím těsnost nepoškozenými a k tomu určenými spojkami a koncovkami. |

| | | |
|--|--|--|
| Zásobníky | <ul style="list-style-type: none"> - zatvrdnutí cementu ve šnekovnici v případě vniknutí vlhkosti nebo vody a potřeba čištění včetně demontáž zařízení , - zatvrdnutí cementu v případě nevyprázdnění dopravníku od cementu, kdy dochází vlivem vlhkosti vzduchu ke ztvrdnutí cementu (zejména při delších přestávkách a v zimním období) a následné nutnosti odstraňování poruch, čištění, údržby apod. včetně demontáže zařízení s příslušnými doprovodnými riziky | <ul style="list-style-type: none"> - neponechávat šnekový dopravník v chodu bez dopravovaného materiálu, - po ukončení pracovní směny šnekový dopravník vyprázdnit, k čemuž je nutno zamezit vstupu cementu do vstupního hrdla dopravníku, - před poslední záměsí uzavřít zásobník materiálu, šnekový dopravník nechat v chodu až do úplného vyprázdnění (po dobu cca 1 min.), - dojde-li k nevyprázdnění dopravníku nutno pokusit se lehkými údery dřevěnou nebo gumovou paličkou na dopravní trubku uvolnit zatvrdlý cement. Nepomůže-li to je nutno přepólovat motor na zpětný chod a po krátkém postupném zapínání motoru vypíchat zatvrdlý cement kusem dřeva přes otvor pro čištění (pozor nebezpečí úrazu při vtažení ruky za chodu šnekovnice). Pokud se nepodaří vyčistit šnekový dopravník vyčistit ani tímto způsobem, je nutno šnek demontovat. <p>Postup obsluhy dojde-li k přerušení vyprazdňování materiálu ze šnekového podavače do váhy se určí v provozním předpise betonárny.</p> |
| Zásobníky - Cement - Ohrožení zdraví cementem a cementovým prachem | <ul style="list-style-type: none"> - nebezpečí způsobená kontaktem nebo inhalací cementového prachu, - dráždivé účinky cementového prachu, které se projevují převážně mechanickým drážděním horních cest dýchacích, kašlem, škrábáním nebo pálením v krku a nosu, drážděním očních spojivek, pokožky. Cementový prach způsobuje onemocnění horních i dolních cest dýchacích, chronickou bronchitidu (příp. i | <ul style="list-style-type: none"> - omezení kontaktu pracovníků s cementem, - udržování těsnosti (hermetizace) zásobníku, jeho filtru, šnekových dopravníků, potrubí, hadic, cementových vah apod., včasné odstraňování závad a příčin netěsností, - zamezení rozptylu a úniku cementu, uzavření a zajištění těsnosti zařízení na dopravu a skladování VLC od plnicího potrubí, zásobníků až po místo odběru a míchačku tak aby nedocházelo k prašnosti, - průběžná a včasná preventivní údržba zařízení, nepoužívání funkčně poškozená zařízení způsobující netěsnosti, - sledování množství materiálu v zásobníku v průběhu přečerpávání, aby nedošlo k |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>plicní rozedmu), pracovníci přicházející do styku s cementem mohou trpět zánětem spojivek a vleklým zánětem nosohltanu,</p> <ul style="list-style-type: none"> - kožní nemoci, alergické, iritativní dermatitidy při kontaktu pokožky cementem, - chronické iritační dermatitidy vznikají po dlouhodobém opakovaném působení dráždivých látek v nižších koncentracích, iritační (toxická) dermatitida rukou je způsobována alkaliemi mezi které patří i cement, který mj. obsahuje 1 - 2 % volných alkálií (K, Na, Ca), - alergické kontaktní dermatitidy vznikají po opakovaném a většinou dlouhodobějším kontaktu kůže se škodlivinou. Přecitlivělost se projevuje nejčastěji alergickými kožními reakcemi. (alergie je zvláštní přecitlivělost organismu k některým látkám, zvýšená imunologická reaktivita vyvolaná antigeny z vnějšího nebo vnitřního prostředí), - alergické reakce, které může způsobit přítomnost malého | <p>jeho přeplnění, příp. instalace indikátoru výšky náplně materiálu zásobníku,</p> <ul style="list-style-type: none"> - pneumaticky plnit zásobníky ze silničního přepravníku materiálem maximálním přetlakem 230 Pa, - při plnění zásobníku spouštět kompresor silničního přepravníku materiálu až po zapojení dopravní hadice na potrubí zásobníku (po spojení koncovek), - po naplnění zásobníku odpojit dopravní hadice a koncovku plnicího potrubí uzavřít objímkou s řetízkem, - udržování těsnosti všech zařízení, - včasné případně odklizení uniklého cementu k zabránění sekundární prašnosti, - podle potřeby používání OOPP (obličejové masky, rukavice apod.) ochranné masti, - dodržování pracovních pokynů a technologických postupů, - dodržování zásad osobní hygieny, péče o čistotu těla, mytí s použitím vhodného mýdla a ochranné krémy, - vhodné oblečení, včasná výměna spodního prádla, - výběr pracovníků pro práce s rizikem kožních škodlivin, zejména při vstupních lékařských prohlídkách. |
|--|---|--|

| | | |
|--|---|--|
| | množství chrómu v cementu. | |
| Tlaková nádoba - Vzdušník kompresoru u betonárny | - destrukce tlakového celku a ohrožení tlakovou vlnou a rozletem úlomků | <ul style="list-style-type: none"> - při provozu betonárny chránit tlakovou nádobu před poškozením, cementovým prachem, nezasahovat do konstrukce nádoby ani podpěr a patek, - nepokládat tlakovou nádobu přímo na plášť, zajišťovat správné postavení a stabilitu tlakové nádoby, - správná funkce výstroje tlakové nádoby vhodnými, správně volenými a umístěnými armaturami (tlakoměrem, pojistným ventilem), a jejich správné nastavení (dle pasportu) , trvalé udržování ve správném funkčním stavu, pravidelné kontroly pojistného ventilu a nulování tlakoměru dle ČSN 69 0012, pravidelné odkalování, - zajištění přístupnosti pro obsluhu uzávěrů, pojistného ventilu, tlakoměru, - nezatěžování pojistného ventilu, - nenahrazování pojistných ventilů tlakovými spínači v případech, kdy zdroj tlaku je vyšší než maximální pracovní přetlak tlakové nádoby, - zajišťování preventivní údržby, čištění (nepříznivý vliv cementového prachu na armatury), - pravidelné kontroly tlakové nádoby a funkce výstroje, pravidelné revize, - vedení dokumentace - pasportu tlakové nádoby, - odborné provádění oprav tlakové nádoby. |
| Elektrická zařízení | - úraz elektrickým proudem | <ul style="list-style-type: none"> - provozování elektrických zařízení v bezpečném stavu, (zejména jde o uzemnění, proudovou či napěťovou ochranu, správné zapojení, krytí, izolace a stav vodičů apod.). |
| Provozovaná vzduchová potrubí | - prudký únik pracovního vzduchu netěsnostmi v potrubí a armaturách, ohrožení zraku | <ul style="list-style-type: none"> - udržování pojistných zařízení tlakové nádoby tak, aby nedošlo k překročení nejvyššího pracovního přetlaku potrubního systému ani k selhání pojistného zařízení, - preventivní údržba, včasné odstraňování závad a poruch na potrubí a armaturách (prasknutí potrubí následkem zamrznutí |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>kondenzátu, nadměrné koroze, samovolného uvolnění potrubí z podpěr), odstraňování netěsností,</p> <ul style="list-style-type: none"> - odborné provádění svarů nebo spojů, - správné uložení potrubí, odstranění deformací v potrubí a armaturách nebo připojených zařízení, zabránění nepříznivých vlivů nadměrných příčných sil a momentů v potrubí, - odstranění nadměrného průhybu potrubí v systémech, které vyžadují odvodňovací spád, - správné použití armatur a částí potrubí, zejména je-li potrubí zatěžováno rázovým zatížením od pulzací nebo vibrací, - udržování podpěr a zabránění jejich deformací, poškození, výměna zkorodovaných závěsů včetně objímek na trubky a nosníků, přichytek, stojanů, tyčí, pásů, a jiných prvků. |
| Provozo- vaná vzduchová potrubí | - zranění končetin při opravách potrubí a armatur ve stísněných prostorách, nevhodných polohách, v šachtách | <ul style="list-style-type: none"> - správné pracovní postupy, - použití vhodných nářadí, pomůcek, montážních přípravků. |
| Provozo- vaná vzduchová potrubí | - pád z výšky při manipulaci s ovládacími (uzavíracími) prvky, armaturami na potrubním systému; při opravách a udržovacích pracích na potrubí | <ul style="list-style-type: none"> - k výše umístěným ovládacím prvkům zajistit bezpečný přístup pomocí žebříků, plošin, schodků s plošinou, - použití prostředků pro bezpečné ovládání prvků umístěných ve větší výšce než cca 1.8 m - 2 m, - udržování armatur, jejich pravidelné protáčení apod. |
| Provozo- vaná vzduchová potrubí | - zasažení očí a obličeje prudce vymrštěnými a vrženými drobnými částicemi, pískem, částmi materiálu apod., při nehodovém uvolnění tlaku v potrubí (např. při prasknutí potrubí) | <ul style="list-style-type: none"> - používání OOPP k ochraně očí a obličeje, - preventivní údržba, včasné odstraňování závad a poruch na potrubí a armaturách. |

| | | |
|---|--|---|
| <p>Vozidla, domíchávače, pojízdné prostředky, lopatový nakladač</p> | <ul style="list-style-type: none"> - zasažení pracovníka materiálem a předměty při otevření bočnic a zadního čela, zranění pracovníka materiálem spadlým z korby (ložné plochy) vozidla | <ul style="list-style-type: none"> - dbát na to, aby pracovník při otvírání bočnic stál bokem, aby nebyl zasažen padajícím materiálem (školení), - správné postavení bokem od břemene (školení). |
| <p>Vozidla, domíchávače, pojízdné prostředky, lopatový nakladač</p> | <ul style="list-style-type: none"> - zranění nohy apod. při sestupování a při seskoku vozidla, z kabiny, - pád osoby z vozidla nebo stroje při provádění čistění nebo údržby na zvýšených místech | <ul style="list-style-type: none"> - pro výstup a sestup na vozidlo používat stupadla, nášlapné patky, přidržovat se madel apod., - používání vhodných a bezpečných konstrukcí, prostředků a pomůcek pro zvyšování míst práce. |
| <p>Vozidla, domíchávače, pojízdné prostředky, lopatový nakladač</p> | <ul style="list-style-type: none"> - úrazy, nehody a věcné škody vznikající na provozovaných vozidlech a mobilních strojích na venkovních prostranstvích betonárny, - přiražení nebo přitlačení osoby vozidlem, autodomíchávačem k části betonárny či jiné pevné konstrukci či překážce při vjíždění do zúžených prostor (pod výsypku betonu); při couvání apod., - naražení vozidla, autodomíchávače, stroje na pevnou konstrukci nebo překážku - škody na vozidle | <ul style="list-style-type: none"> - správný způsob řízení, přizpůsobení rychlosti okolnostem a podmínkám v betonárně, - zajištění volných průjezdů, - seznámení řidiče se způsobem a trasou najíždění k výsypce betonu, na skládku kameniva, obeznámit se místními dopravními podmínkami betonárny a trasami dopravních cest, - respektovat příslušné dopravní značení (jednosměrný provoz, přednost v jízdě, max. rychlost apod.), - dodržovat bezpečnostní vzdálenost od pevných překážek v betonárně, - bezpečnostní značení - černožluté šrafování zúžených okrajů překážek, sloupů apod. až do výšky očí sedícího řidiče, - při couvání zajistit, by bylo vozidlo nepřehlédnutelné, vyloučení přítomnosti osob za vozidlem, - zvýšená pozornost v prostoru vjezdu do betonárny. |
| <p>Vozidla, domíchávače, pojízdné</p> | <ul style="list-style-type: none"> - srážka vozidel (čelní, z boku, ze zadu), - náraz vozidla na překážku, | <ul style="list-style-type: none"> - oprávnění pro řízení vozidla (řidičský průkaz příslušné skupiny), zajišťování školení řidičů, |

| | | |
|--|--|---|
| prostředky, lopatový nakladač | <ul style="list-style-type: none"> - najetí, přejetí, zachycení, přiražení a sražení osoby vozidlem, domíchávačem - přiražení nebo přitlačení osoby vozidlem, domíchávačem k pevné části betonárny části stavby či jiné konstrukci | <ul style="list-style-type: none"> - dodržování pravidel silničního provozu, bezpečnostních přestávek, pozornost, přiměřená rychlost atd., - nezdržovat se za couvajícím vozidlem a v dráze couvání, rozhlédnout se před vstupem do komunikace, - zajištění odstaveného vozidla, autodomíchávače proti nežádoucímu ujetí, - řádné osvětlení venkovních prostranství v noci a za snížené viditelnosti. |
| Provoz vozidel na komunikacích v betonárně | <ul style="list-style-type: none"> - pád osoby do jámky, prohlubně, příp. utopení, | <ul style="list-style-type: none"> - * veškeré jámky, nádrže, prohlubně zakrytovat únosnými poklopy nebo ohradit zábradlím dle ČSN 74 3305. |
| Provoz vozidel na komunikacích v betonárně | <ul style="list-style-type: none"> - úrazy, nehody a věcné škody vznikající na provozovaných vozidlech a mobilních strojích na venkovních prostranstvích betonárny, - přiražení nebo přitlačení osoby motorovým vozidlem, k pevné konstrukci či překážce při vjíždění do zúžených prostor (pod výsypku betonu); při couvání apod., - naražení motorového vozidla, autodomíchávače, stroje na pevnou konstrukci nebo překážku - škody na vozidle | <ul style="list-style-type: none"> - správný způsob řízení, přizpůsobení rychlosti okolnostem a podmínkám v betonárně; zajištění volných průjezdů, - seznámení řidiče se způsobem a trasou najíždění k výsypce betonu, na skládku kameniva, obeznámit se místními dopravními podmínkami betonárny a trasami dopravních cest, - respektovat příslušné dopravní značení (jednosměrný provoz, přednost v jízdě, maximální rychlost apod.), - dodržovat bezpečnostní vzdálenost od pevných překážek v betonárně, - bezpečnostní značení - černožluté šrafování zúžených okrajů překážek, sloupů apod. až do výšky očí sedícího řidiče, - při couvání zajistit, by bylo vozidlo nepřehlédnutelné, vyloučení přítomnosti osob za vozidlem, - zvýšená pozornost v prostoru vjezdu do betonárny. |
| Provoz vozidel na komunikacích v betonárně | <ul style="list-style-type: none"> - srážka vozidel (čelní, z boku, ze zadu), - náraz vozidla na překážku, | <ul style="list-style-type: none"> - oprávnění pro řízení vozidla (řidičský průkaz příslušné skupiny), zajišťování školení řidičů, |

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - najetí, přejetí, zachycení, přiražení a sražení osoby vozidlem, domíchávačem - přiražení nebo přitlačení osoby motorovým vozidlem k pevné části betonární části stavby či jiné konstrukci | <ul style="list-style-type: none"> - dodržování pravidel silničního provozu, bezpečnostních přestávek, pozornost, přiměřená rychlost atd., - nezdržovat se za couvajícím vozidlem a v dráze couvání, rozhlédnout se před vstupem do komunikace, - zajištění odstaveného vozidla proti nežádoucí ujetí, - řádné osvětlení venkovních prostranství v noci a za snížené viditelnosti. |
|--|---|--|

Snížení rizik technických zařízení je prováděno prostřednictvím konstrukčních, technických, organizačních nebo personálních opatření. Nejmodernější je určení nezbytného omezení rizika, s ohledem na zavedení preventivních opatření ve smyslu funkční bezpečnosti. Doplnující ochranná opatření jsou speciální podskupinou ochranných opatření. Např. směrnice Machinery Directive 2006/42/EC [203] stanoví hierarchii opatření pro snížení rizika:

- opatření inherentní bezpečnosti zavedená v projektu zařízení,
- technická ochranná opatření,
- informace pro uživatele.

Technická ochranná opatření lze rozdělit na řízení nezávislá a na řízení závislá opatření. Jestliže rizika jsou snížena opatřeními, která jsou závislá na řízení, tak musí být proveden průkaz o dostatečném snížení rizika; průkaz bezpečnosti je definován výše.

2.7.2. Poznatky pro podporu řízení odezvy technického díla na kritické pohromy

Protože složitá technická díla jsou obvykle vybavena drahou technologií, dochází při odezvě na nouzové situace často ke konfliktu mezi provozními inženýry a bezpečnostními složkami zacílenými na ochranu lidí [9-11], protože inženýři jsou vzděláváni i cvičeni ke zvládnutí normálních, abnormálních i kritických podmínek a k respektování ochrany technologií, protože provoz technologií jim poskytuje práci, tj. i obživu. Na základě pro-aktivního přístupu, který je vlastní projektovému a procesnímu řízení, se řešení konfliktů předem připravuje, a to: sestavením plánu pro řízení rizik, který je odsouhlasen předpokládanými zúčastněnými stranami. Pro technická díla je návrh předmětného nástroje uveden v kapitole 6.

Moderní socio-technické systémy mají stále více vysoko stupňových propojení, které za normálních podmínek činí systémy účinnější, ale také přispívají ke vzniku selhání a havárií za jiných podmínek než normálních; může dokonce dojít k celé kaskádě selhání, což ohromí celou řadu systémů a také okolí technického díla.

Jestliže aplikujeme přístup All-Hazard-Approach i Defence-In-Depth, tak závažná havárie může nastat jen při kombinaci poruch systému řízení bezpečnosti technického díla. Proto je nutné nouzové plánování, při kterém je nutno předpokládat, že havárie může nastat kdykoli. Základním krokem je správná analýza scénářů možných havárií,

protože velikost dopadů předurčuje opatření, jejich velikost, rozsah a časový sled akcí během odezvy. Nouzové plány se sestavují na základě údajů pro referenční havárii specifickou pro dané technické dílo. Velkou roli hrají místní anomálie, místní specifika a místní zranitelnosti; a proto procesy nouzové připravenosti a odezvy musí být komplexní a místně specifické [1,4-6]. Pro potřeby odezvy je nutno zajistit spolupráci personálu přes hranice úseků a napříč všemi úseky technického díla s cílem:

- identifikovat napadené systémy,
- popsat dopady závislostí,
- popsat dopady na systém při různých pohromách – na energetiku, dopravu, telekomunikace, lidi, průmysl atd.

Nouzové plánování musí vyjít ze seznamu možných pohrom (All-Hazard-Approach) a nejprve rozdělit pohromy do kategorií:

- výskyt pohromy je očekáván a je třeba se na něho připravit,
- výskyt pohromy není očekáván a není třeba se na něho připravovat,
- výskyt pohromy je nepředvídaný a je třeba obecně vědět, co dělat, když vznikne nepředvídaná pohroma.

Na základě rozdělení se připraví a technicky, materiálně, organizačně a personálně zajistí konkrétní postupy odezvy v prvním případě a obecné postupy v případě třetím.

Při plánování postupu odezvy se používá kontrolní seznam, který obsahuje odpovědi na otázky:

- kdo se odezvy zúčastní (skupiny, jednotlivci, organizace),
- co se bude dít (činnosti, cíle, úkoly),
- proč se to bude dělat takto (motivace osob a organizací),
- kdy, co a jak se provede (činnosti, časové požadavky, způsob),
- kde se provede (město, budova, instituce, cesta),
- jak a co se použije (technologie, finance, know-how),
- kdo by mohl být do odezvy zapojen při enormních dopadech,
- kde lze očekávat enormní dopady,
- jak často lze očekávat enormní dopady,
- co je třeba k tomu, aby nedošlo ke zpoždění zásahu.

Hodnocení schopnosti technického díla zvládnout pohromu je předmětem mnoha odborných publikací a mnoha národních a nadnárodních projektů, a samozřejmě patří do oblasti plánování připravenosti na zvládnutí pohrom. Obvykle se určují indikátory schopnosti technického díla zvládnout pohromu. Jejich vypovídací schopnost je často nejasná, a proto se testuje schopnost odezvy technického díla. Návrh stupnice pro ocenění schopnosti odezvy je v tabulce 24.

Tabulka 24. Návrh stupnice pro ocenění schopnosti technického díla provést odezvu na možnou pohromu.

| Stupeň | Charakteristika schopnosti technického díla provést odezvu |
|--------|---|
| 1 | Pro zvládnutí odezvy na možnou pohromu jsou k dispozici adekvátní zdroje, síly a prostředky. |
| 2 | Pro zvládnutí odezvy na možnou pohromu je třeba ještě zajistit další zdroje, síly a prostředky. |
| 3 | Pro zvládnutí odezvy na možnou pohromu je třeba kromě zdrojů technického díla zajistit zdroje, síly a prostředky z okolí. |
| 4 | Pro zvládnutí odezvy na možnou pohromu je třeba zajistit nadstandardní zdroje, síly a prostředky z okolí. |

2.8. Další problémy spojené s řízením bezpečnosti technických děl

Pro zajištění koexistence technického díla s okolím je třeba dále řešit otázku odpadů z provozu technických děl a vytváření fondů na realizaci opatření ve prospěch bezpečnosti.

2.8.1. Řízení odpadů vzniklých při provozu technických děl

Tak jako při každé lidské činnosti, tak i při provozu technických děl vznikají odpady pevné, kapalné i plynné. Odpady spojené s technickými díly jsou odpady:

- z průmyslu a energetiky – strojírenství, těžký průmysl, těžba surovin, textilní výroba, potravinářské a jiné závody; jde o vadné výrobky, emulze, zbytky, kaly, filtry kalů, popílek apod.; cca 45-50 % celkových odpadů z průmyslu je ze stavebnictví,
- zemědělství a lesnictví – rostlinné zbytky, zvířecí trus, moč, hnůj,
- odpady z veterinární péče a zdravotnictví,
- autovraky,
- jaderné odpady.

Pro zajištění integrální bezpečnosti a pro šetrné zacházení se surovinami, je třeba s odpady správně a hospodárně nakládat. Dle [204] nebezpečné odpady v ČR tvoří cca 5 % z celkového množství odpadů a vyžadují speciální způsob nakládání. Z ekonomických důvodů je nutné speciální pozornost věnovat vedlejším produktům výroby a materiálům, které patří do kategorie druhotné suroviny.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech stanovuje v souladu s právem Evropské unie pravidla pro:

- předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka a trvale udržitelného rozvoje,

- nakládání (zacházení) s odpady,
- práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a
- působnost orgánů veřejné správy.

Zákon se vztahuje na nakládání se všemi odpady s výjimkou:

- odpadních vod v rozsahu, v jakém se na ně vztahují jiné právní předpisy,
- radioaktivních odpadů,
- mrtvých těl zvířat, která uhynula jiným způsobem než porážkou, včetně zvířat usmrčených za účelem vymýcení nákazy zvířat odstraňovaných v souladu se zvláštním právním předpisem,
- exkrementů, nejedná-li se o vedlejší produkty živočišného původu, slámu a jiné přírodní látky pocházející ze zemědělské výroby nebo lesnictví, které nevykazují žádnou z nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů a které se využívají v zemědělství a lesnictví v souladu se zvláštním právním předpisem nebo k výrobě energie prostřednictvím postupů nebo metod, které nepoškozují životní prostředí ani neohrožují lidské zdraví,
- nezachycených emisí látek znečišťujících ovzduší, oxidu uhličitého zachyceného za účelem jeho ukládání do přírodních horninových struktur a uloženého v těchto strukturách v souladu s jiným právním předpisem nebo oxidu uhličitého zachyceného za účelem výzkumu, vývoje nebo zkoušení nových výrobků a postupů a uloženého v úložišti s kapacitou nižší než 100 kilotun,
- vyřazených výbušnin a vyřazeného střeliva,
- sedimentů přemísťovaných v rámci povrchových vod za účelem správy vod a vodních cest, předcházení povodním, zmírnění účinku povodní a období sucha nebo rekultivace půdy, je-li prokázáno, že nevykazují žádnou z nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů.

Pro uvedené položky existují zvláštní pravidla, která jsou uvedena v zákonech, které upravují činnosti, jež předmětné odpady produkují.

2.8.2. Fondy pro potřebu řízení bezpečnosti

Integrální bezpečnost technických děl není zadarmo. Vyžaduje finance na opatření a činnosti spojené s řízením a vypořádáním rizik a také na získání znalostí. Navíc z objektivních důvodů (stále rostoucí hustota obyvatelstva a nároky lidí na bezpečí a rozvoj) jsou požadavky lidské společnosti na bezpečnost stále vyšší. Proto ve sledovaném případě stát i technické dílo musí vynakládat finance jak na realizaci programů na zvyšování bezpečnosti technických děl, tak na řešení extrémních situací vyvolaných velkými pohromami všeho druhu. Aktivity EU v tomto směru jsou popsány v práci [10].

Do sledované kategorie problémů, však také spadají tzv. staré zátěže, způsobené antropogenní činností v minulosti [32], a budoucí dekontaminace a sanace zabraného území po ukončení provozu technického díla [66]. V České republice v tomto smyslu je zatím pouze jeden fond, označovaný jako jaderný. Uvedený fond byl zřízen v roce 1997 u ČNB. Povinnost tvorby rezerv stanovuje Vyhláška MPO č. 360/2002 Sb., kterou

se stanovuje způsob tvorby rezervy pro zajištění vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu.

Podle závažnosti problémů popsaných v práci [67] by stát měl vyžadovat tvorbu rezervních fondů u řady dalších technických děl, anebo alespoň u těch, u kterých lze reálně předpokládat vysoké náklady na vyčištění území po ukončení provozu, které umožní další civilní využívání zabraného území.

2.9. Shrnutí zásadních poznatků pro koexistenci technického díla s okolím

Z výše uvedených faktů je zřejmé, že:

- koexistence technického díla se svým okolím po dobu provozu závisí na řízení integrální bezpečnosti technického díla,
- integrální bezpečnost technického díla při provozu závisí na celé řadě faktorů: vybraná technologie; pohromy a zranitelnosti místa, do kterého technické dílo umístěno; způsob výstavby a konstrukce technického díla; způsob provozu [2,4,6,7,13,15-33].

Vzhledem k dynamickému vývoji světa je třeba provádět strategické řízení integrální bezpečnosti v čase, a to jak z pohledu technického díla, tak jeho okolí. To znamená, že je třeba podmínky monitorovat a při posuzování stavu používat multikriteriální přístup, jelikož předmětem zájmu je několik nesouměřitelných aktiv v otevřeném systému systémů [46].

Bezpečnost technických děl je zajištěna jak určitými opatřeními v projektu, tak také způsobem konstrukce, přístrojovou vybaveností, režimem provozu, údržbou, průběžnou analýzou rizik, výcvikem, řízením a kulturou bezpečnosti v technickém díle [4-7,155]. Její míra závisí na úrovni řízení rizik [7]. Řízení rizik během provozu se soustřeďuje na proměnnou úroveň rizika, která je ovlivněna způsobem řízení provozu (buď jsou zvažována rizika [4], anebo je zvolen cíl udělat hodně výrobků, tj. hodně vydělat) a úrovní údržby. Z uvedeného důvodu musí být zvažovány:

- lidské a organizační aspekty,
- řízení degradace výrobního zařízení,
- monitoring a řízení řídicího faktoru rizika (tj. velikosti zranitelnosti aktiv),
- podmínky prvků bariér bezpečnosti,
- možnosti snížení rizik.

Z výše uvedených poznatků též vyplývá, že mezi důležité prvky řízení bezpečnosti patří:

- řízení bariér bezpečnosti (SBM – Safety Barrier Management), např. [76,205],
- zajištění technické integrity, např. [161],
- údržba systémů.

Nelze opominout procesy monitorování, provádění auditů, zpracování bezpečnostních zpráv obsahujících posouzení stavu bariér, kritických systémů, kritických komponent

a kritických prvků, které se nastavují podle standardů, které v příslušné zemi kodifikuje legislativa.

Na základě údajů v práci [157] je třeba poznamenat, že v mnoha případech technických děl existují systémy pro identifikaci odchylek od projektovaných stavů, ale chybí posuzování těchto odchylek na výkon bariér a na degradaci zařízení. Mnozí provozovatelé neprovádí permanentní hodnocení rizik technického díla; provádí ho jen každých 5 let, což znamená, že předpokládají, že stav zařízení je stále stejný a pracuje v projektových podmínkách, tj. neberou v úvahu stárnutí materiálu a proměnu podmínek.

Je také pravdou, že dosud běžné systémy řízení bezpečnosti technických děl se soustřeďují na selhání podsystémů nebo komponent, které ovlivní celý systém, a jsou obvykle založeny na teorii spolehlivosti, ve které požadavky bezpečnosti jsou skryty v pravděpodobnosti selhání. V pracích [6,7] bylo na příkladech ukázáno, že řízení rizik z pohledu spolehlivosti technického díla a řízení rizik z pohledu bezpečnosti technického díla nemusí dávat stejné výsledky. Stejně tak je třeba posuzovat efektivitu používaných metod při práci s riziky [7,206].

Proto pokroková strategie řízení bezpečnosti technického díla musí obsahovat dále uvedené a vzájemně provázané strategie:

1. Strategie fyzické ochrany, která obsahuje opatření na ochranu veřejnosti a pracovníků technického díla před úmyslnými činy. Předmětná strategie musí být vložena do technického díla již ve fázi projektu, aby zajistila inherentní odolnost a nebyla závislá na akcích člověka. Současné know-how doporučuje použít přístup Defence-In-Depth.
2. Strategie stabilního provozu, která poskytuje opatření, která minimalizují výskyt jevů, které narušují normální provoz. Možné iniciační jevy je třeba klasifikovat podle četnosti výskytu na:
 - časté,
 - méně časté,
 - a řídké.

Podle četnosti výskytu a velikosti následků je třeba stanovit ochranná opatření a zapracovat je do provozních předpisů.

3. Strategie ochranných systémů, která zahrnuje zařízení a komponenty, které mají vysokou spolehlivost a zajistí:
 - ochranu zařízení,
 - udržení celistvosti bariér,
 - a zmírní dopady havárie.
4. Strategie celistvosti bariér, která zahrnuje opatření k izolaci radioaktivních či jiných nebezpečných materiálů uvnitř systému a brání jejich úniku. Je nutné mít pravděpodobnostní hodnocení spolehlivosti bariér, a podle toho stanovit počet bariér.
5. Strategie ochranných opatření, která zahrnuje činnosti, které realizují odezvu na neodvratitelné nebo úmyslné pohromy a také zmírnění dopadů, když opatření odezvy selžou.

Na základě současného poznání [207,208] je třeba při provozu technických děl v zájmu zajištění koexistence technických děl jejich okolí stále zvažovat:

- dnešní fenomény, kterými jsou zdroje i takových pohrom, jako jsou:
 - interdependences,
 - chyby v řízení a rozhodování,
 - jevy v meziplanetárním prostoru,
 - i útoky na řídicí systémy pomocí IT, a to hlavně v případě dálkového ovládání technických děl (analýzy reálných případů ukázaly např.:
 - velmi vysoké ekonomické škody po útocích na zdroje GPS signálů pomocí přehlcení informacemi či vysíláním falešného GPS signálu, který překryl originální, tzv. spoofing,
 - a výdrž mobilních sítí menší než 30 minut při blackoutu),
- systémovou podstatu světa, provázanost aktiv při práci s riziky a široké souvislosti, aby se zajistily:
 - veřejný zájem,
 - dlouhodobá udržitelnost i požadavek udržet v rovnováze náklady a užitky, což např. znamená nepoužívání lineárních modelů v případech, když jsou interakce mezi komponentami příliš velké,
- výsledky kvalitního odborného monitoringu provozu a odborných inspekcí technických děl, a to objektových i síťových,
- možnost vzniku kritických situací, protože lidské schopnosti pro zajištění bezpečnosti technického díla po celou dobu provozu jsou omezené (neznalost všech možných propojení mezi prvky, zařízeními, komponentami a systémy za všech možných podmínek, neurčitosti v čase i prostoru, změny v čase, vysoká zranitelnost moderních prostředků apod.), a proto je třeba jak snižovat zranitelnost, tak vytvářet tzv. pružnou odolnost, a to technických děl i jejich obsluhy (technická a organizační resilience). Do praxe je třeba zavádět inženýrské disciplíny, které se zabývají riziky – tj. požadavky norem a standardů doplnit požadavky z komplexní analýzy a vyhodnocení rizik v daném místě ve spojení s očekávanými změnami podmínek po dobu životnosti. Přitom je třeba dbát na to, aby byly k dispozici dobře připravené a zajištěné plány odezvy sestavené na základě realistických scénářů zpracovaných pro dané místo na základě reálných dat,
- zlepšování kultury bezpečnosti založené na vzájemné spolupráci a na podpoře motivace provozovatelů i obsluhy technických děl, je třeba správně řídit a vypořádat rizika, a to integrální a prioritní dílčí rizika ve správných souvislostech, aby se zabránilo pohromám a hrozbám všeho druhu, a pro případy, kdy se to nepodaří, byla schopnost problémy zvládnout s co nejmenšími ztrátami; jde o znalosti, připravené zdroje, síly a prostředky, i o schopnost přežití kritických situací.

3. CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH METOD

Pro získání výsledků předložené monografie jsou použity jak logické metody, tj. analýza, syntéza, dedukce, hodnocení a posouzení, tak specifické heuristické metody, které jsou popsány v práci [46]. Na tomto místě uvedeme jen metody, o které se opírají dále uvedené výsledky. Jde o metody: graf rybí kost; případová studie; systém pro podporu rozhodování; a plán řízení rizik.

3.1. What, If

Metoda What, If je nejobecnější metoda pro zjištění dopadů pohromy, dle kterých lze určit riziko spojené s pohromou. Používáme ji ve formě vyplňování tabulky; vzor je v tabulce 25 [3,7,46]. Vyplňuje se na základě dat z dokumentů a od expertů získaných brainstormingem nebo panelovou diskusí.

Tabulka 25. Standardní model pro aplikaci metody What, If.

| Aktivum | Možné dopady pohromy na aktivum |
|---|--|
| Životy a zdraví lidí | |
| Bezpečí lidí | |
| Majetek | |
| Veřejné blaho | |
| Životní prostředí | |
| Infrastruktury a technologie | |
| Dodávky energií | |
| Dodávky vody | |
| Kanalizace | |
| Přepravní síť | |
| Komunikační a informační síť | |
| Bankovní a finanční sektor | |
| Nouzové služby | |
| Základní služby v území (průmysl, zemědělství, zásobování, zdravotnictví, | |

| | | |
|---|---|--|
| | likvidace odpadů, sociální služby, pohřební služby) | |
| | Státní správa a samospráva | |
| Prioritní zařízení, komponenty, vazby a toky v technickém díle | | |

3.2. Kontrolní seznam

Kontrolní seznam je nástroj inženýrských disciplín, který umožňuje multikriteriální hodnocení povahy sledovaného problému [3,7,46]. Kontrolní seznamy zacílené na rizika či bezpečnost technického díla jsou základním nástrojem řídicích pracovníků, protože přehledným způsobem odhalují rizika v oblastech, které jsou dobře poznány a pro které jsou během vývoje poznání a zkušenostmi stanovené mantinely jednotlivých činností, dějů, chování apod. Je zřejmé, že pro zajištění bezpečnosti a rozvoje je třeba odstranit bezprostřední, zřejmá a poznatelná rizika, pro jejichž identifikaci dobře poslouží kontrolní seznamy a pak věnovat úsilí rizikům, která jsou skrytá v řetězcích možných událostí, v čase zpožděná či bez použití specifických prediktivních metod a specifických a kvalifikovaných datových souborů téměř nezjistitelná.

3.3. Diagram rybí kost

Diagram rybí kost (Ishikawa diagram, diagram rybí páteře) je nástroj používaný při kauzální analýze sledovaného problému [3,7,46]. Analýza příčin a následků napomáhá důkladnému pochopení podstaty problému, protože nutí, abychom se zabývali všemi možnými příčinami. Postup při její aplikaci je:

- identifikace problému (to znamená odpovědi na otázky: kde se problém vyskytuje?; Jaká je jeho podstata?; Kdy se vyskytl?; Jak často se vyskytl?; Koho se problém týká?; apod.),
- výčet podstatných faktorů problému (faktory jsou jako kosti),
- identifikace možných příčin (malé čárky na „rybích“ kostech),
- analýza diagramu.

Pro vytvoření diagramu je nejprve nutné shromáždit a uspořádat data o příčinách, které působí problém, a o jejich dopadech. To znamená, že procesy spojené s řešeným problémem musí být detailně popsány daty a přitom musí být vyjasněny náhodné i znalostní nejistoty [3,7]. Získání dat je prvním krokem a je náročné na čas a znalosti, protože je nutno použít hodně zdrojů, aby použité datové soubory byly reprezentativní, tj.: úplné; obsahovaly správná data; měly dostatečný počet dat; data byla rozprostřena homogenně v celém sledovaném intervalu a byla validovaná [3,69].

Sledovaný nástroj podporuje v dané problematice analýzy příčin a důsledků určitého procesu, jevu či stavu a usnadňuje hledání východisek řešení vyvolaných problémů. Cílem metody je identifikovat všechny možné příčiny či zdroje problému (případně oblastí, které mají na problém vliv) a graficky je strukturovat.

Organizátor řešení problémů nakreslí "rybí kostru". Ve skupinové diskusi jsou definované důsledky situované na příslušná místa "kostry" podle příbuznosti a poté jsou na základě diskuse (brainstormingu) hledány kauzální řetězce příčin a důsledků. Metodu lze použít např. při tvorbě rezortních koncepcí při identifikaci výchozího stavu a při definování východisek. Metodou lze získat rychle i údaje, které běžným sběrem nebo měřením dat jsou zjištěitelné se značným úsilím. Úskalím metody jsou však znalosti a zkušenosti (tj. kvalifikace) diskutujících. Další podrobnosti jsou v [46]; příklady jsou v pracích [6,7].

3.4. Případová studie

Případová studie, která se vztahuje ke specifickému rozhodnutí, je spojena s určitými pracovními modely nebo simulacemi procesů, které probíhají v čase a území či v nějaké entitě. Případová studie popisuje a zdůvodňuje reálnou zkušenost získanou ze života v předmětné oblasti, čímž rozšiřuje znalosti o problému a jeho aspektech. Kvalita případové studie, tj. kvalita výsledků uvedených v případové studii se odvíjí od znalostí a životních zkušeností zpracovatele případové studie.

Případové studie vychází jak z kvalitativních, tak z kvantitativních dat. Jejich výsledkem je kvalifikované místně a časově specifické řešení určitého problému / případu, a proto jsou vhodným nástrojem pro podporu rozhodování a řízení v daném místě. Používají se v případě, že znalosti o problému v systémovém pojetí jsou nestrukturované, tj. v souvislosti s problémem, ve kterém u řady prvků, vazeb i toků posuzovaného systému jsou nejen nejistoty, které lze posoudit aparátem matematické statistiky, ale i neurčitosti, jejichž ocenění vyžaduje vysoce kvalifikované datové soubory a náročné teoretické postupy. Jinými slovy data o problému a souvislostech v řešeném systému nesplňují požadavky na stanovení obecně platného řešení. Proto se v těchto případech používají buď expertní metody, anebo případové studie [209].

Metodika případové studie je dle poznatků shromážděných v [46] nástroj, který slouží k získání souboru znalostí o daném problému. Spojuje teorii s praxí a přitom vyžaduje praktické dovednosti: identifikace a rozpoznání problému; porozumění datům a informacím a provedení jejich správné interpretace; odlišení faktů od předpokladů; analytické a kritické myšlení; chápání nejistot a neurčitostí (data nejsou nikdy úplná); zlepšování úsudku; schopnost komunikace o problémech s odborníky majícími jiný názor. Jde o techniku řešení problémů za různých podmínek (proto je důležitá vícekriteriální analýza systému a jeho okolí). Umožňuje řešit nestrukturované problémy, kterými jsou téměř všechna selhání a všechny havárie složitých systémů. Nepředpokládá náhodné rozložení variant řešení.

De facto jde o historický scénář procesu, tj. model průběhu určitého procesu, který probíhá v konkrétních podmínkách, tj. v určitém místě a v určitém čase. Z metodického pohledu jde o procesní model, který se sestavuje na základě reálných dat. Používá se v projektovém a procesním řízení, a to v případě, že znalosti o problému v systémovém pojetí jsou nestrukturované, tj. v souvislosti s problémem, ve kterém u

řady prvků, vazeb i toků posuzovaného systému jsou nejen nejistoty, které lze posoudit aparátem matematické statistiky, ale i neurčitosti, jejichž ocenění vyžaduje vysoce kvalifikované datové soubory a náročné teoretické postupy. Jinými slovy data o problému a souvislostech v řešeném systému nesplňují požadavky na stanovení obecně platného řešení. Lze ji nahradit expertním posudkem.

Zpracování případové studie vyžaduje mnoha oborové i mezioborové teoretické i praktické znalosti, minimálně z oblasti řízení a z oblasti řízení bezpečnosti systémů, a také značné zkušenosti z praxe. Navíc učí zdůvodňovat rozhodnutí při řešení problému.

Ve sledované monografii budou použity její dvě formy, a to hodnotící a prognostická. V hodnotící studii jde o ocenění možných rizik a jejich dopadů na bezpečnost připravovaného technického díla v určitém konkrétním území. Při jejím sestavování jsou použity otázky:

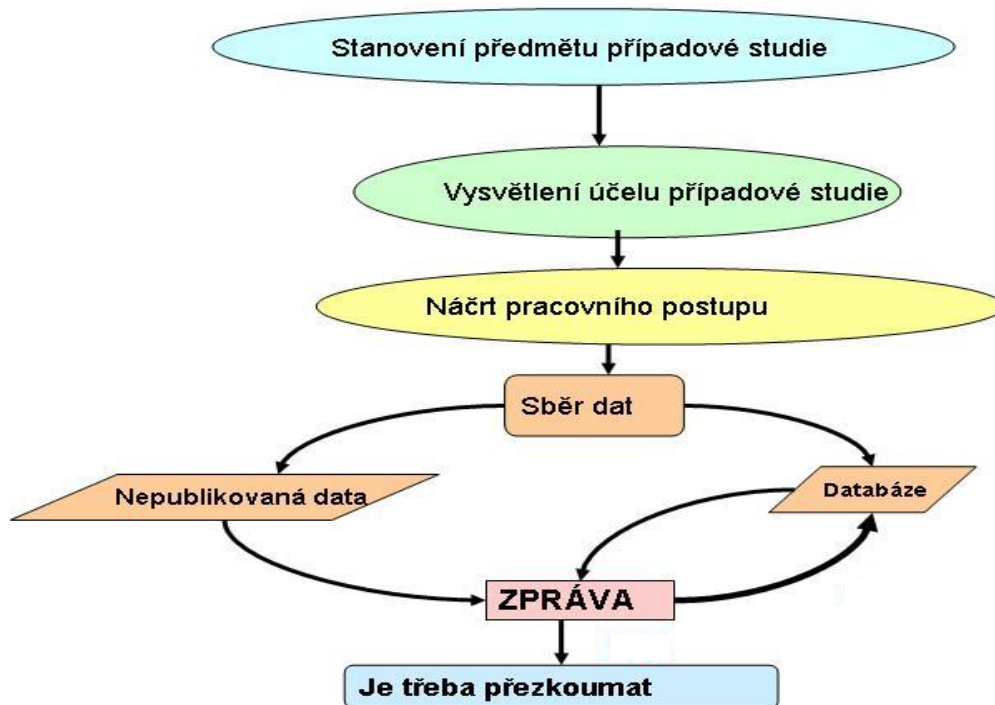
1. Co je problém ve zvoleném systému navrhované technické dílo a jeho okolí?
2. Jaké jsou aspekty a dopady problému na stav a vývoj systému navrhované technické dílo a jeho okolí?
3. Co je kořenovou příčinou narušení bezpečnosti ve zvoleném systému navrhované technické dílo a jeho okolí?
4. Jak by se mohlo narušení bezpečnosti ve zvoleném systému navrhované technické dílo a jeho okolí zabránit?
5. Co udělat, aby se narušení bezpečnosti ve zvoleném systému navrhované technické dílo a jeho okolí neobjevil během životnosti technického díla?

U dále uvedených rozsáhlých případových studií je použit obsah:

1. Předmět případové studie – úvodní slovo; popis rizik, která mohou vést k havárii nebo selhání technického díla a k dopadům na okolí + cíl šetření.
2. Situační analýza - popis kontextu problému realizace rizik – vnitřního i vnějšího prostředí + co, jak, kdy, proč se stalo + důsledky + obrázky a fotografie.
3. Soubor odborných poznatků o činnosti technického díla, které je sledováno (průběh, cíle a omezení, tj. limity a podmínky kladené na jeho správný průběh).
4. Data o dopadech možných rizik na technické dílo a jeho okolí. Ve složitějších případových studiích se souhrn údajů a jejich analýza prezentují odděleně, a také se uvádí metody, kterými se zpracovávají původní údaje.
5. Posouzení přesnosti dat.
6. Možné scénáře realizace možných rizik všeho druhu – vzorový průběh; kritický průběh; extrémní průběh. Při sestavování procesních modelů je třeba zvažovat široké souvislosti.
7. Posouzení schopnosti zvládnout očekávaná rizika během životnosti technického díla, a to jak u provozovatele technického díla, tak u veřejné správy.
8. Posouzení schopnosti zvládnout nadprojektová rizika během životnosti technického díla, a to jak u provozovatele technického díla, tak u veřejné správy.

Pro zpracování procesního modelu v čase a místě, lze použít standardizovanou tabulku What, If pro místa systematicky rozmístěná v prostoru a časy: 0h (čas vzniku),

0.2h, 0,4,....., 3h, 6h, 12h, 24h, 3 dny, 14 dní [46]. Model tvorby případové studie je uveden na obrázku 29.



Obr. 29. Model tvorby případové studie.

Forma prediktivní případové studie bude použita při sestavování podkladů pro rozhodnutí, zda v daných podmínkách lze zajistit koexistenci technického díla a jeho okolí po celou dobu jeho životnosti. Pro její vytváření se v současné době používají procesní modely. Přitom se použijí otázky:

1. Co by se mohlo stát?
2. Kde by se mohlo stát?
3. Proč by se mohlo stát (kdo by to mohl způsobit, jak by to mohl způsobit a jaké by mohly být souvislosti případu)?
4. Za jakých podmínek by se to mohlo stát?
5. Jak často by se to mohlo stát?
6. Jaké zranitelnosti v technickém díle a jaké v území by byly příčinou selhání nebo havárie technického díla a poškození území?
7. Kdo by mohl být klíčovým a kdo podpůrným aktérem?
8. Co by mohlo být podstatné a důležité při reakci na selhání nebo havárii technického díla?
9. Jaké nástroje by byly potřeba k řízení a zvládnutí realizace rizika s nepříjemnými dopady?

10. Může být některý z faktorů (sociální, technický, administrativní, politický, právní a ekonomický) změněn tak, aby se zvýšila odolnost (resilience) systému technické dílo a jeho okolí?
11. Co je potřeba zajistit pro zvládnutí očekávaných nepříjemných dopadů?
12. Jaké rezervy jsou potřebné pro zvládnutí extrémních dopadů rizik?

3.5. Systém pro podporu rozhodování

Systém pro podporu rozhodování (Decision Support System, DSS) [46], je speciální technika, kterou se získávají podklady pro rozhodování složitých problémů. Dovoluje rozhodovat případy, ve kterých se vyskytují konfliktní kritéria. Obecně se skládá z dále uvedených komponent: modul řízení dat, modul řízení modelů (knihovna modelů), modul řízení dialogu s uživatelem a znalostní jádro (Knowledge Engine). Existují různě zaměřené DSS, respektive mají různá konceptuální východiska:

- DSS založený na modelech (využívá se statistická simulace),
- komunikační DSS (pro spolupráci na řadě rozhodnutí),
- dokumentový DSS (využívá různé typy dokumentů na podporu rozhodnutí),
- DSS znalostní (definovaná pravidla).

Systém pro podporu rozhodování (DSS) napomáhá řešení problému tím, že podporuje analytický styl rozhodování vůči heuristickému rozhodování. To znamená, že:

- organizuje informace pro rozhodovací situace,
- interaguje s rozhodovacím subjektem v různých etapách rozhodování,
- rozšiřuje informační horizont rozhodovacího subjektu,
- napomáhá vícekriteriálnímu způsobu hodnocení, protože má vícekriteriální metody zabudovány, aniž by uživatel znal jejich matematickou strukturu.

Systémy pro podporu rozhodování používají pro daný případ určitý obecný model, který odráží příslušnou reálnou situaci. Při dosažení konkrétních proměnných parametrů poskytují výsledky k danému problému. Snahou je, aby výsledek odpovídal optimálnímu řešení. Při jejich tvorbě a aplikaci se používají:

- poznatky a data od expertů, kteří znají technické parametry, limity a podmínky technického díla a místní zranitelnosti,
- princip teorie maximálního užitku [210], tj. „čím větší, tím lepší“, anebo „čím větší, tím horší“.

DSS dělíme na speciální, které jsou šité na míru, tj. poskytují podporu pro řešení specifických problémů; a na obecné, tj. založené na adaptivních a pružných modelech rozhodovacího procesu. Použití specifického DSS je pochopitelně možné jen tehdy, když se ověřením zjistí, že jsou splněny podmínky transferu technologií [8,96]. Jinak se metoda musí přizpůsobit místním podmínkám. Je třeba si uvědomit, že přizpůsobení metody na konkrétní podmínky nemohou udělat IT specialisté, ale techničtí experti, kteří znají technické parametry, limity a podmínky technického díla a místní zranitelnosti.

Nejlepší řešení dávají aplikace sofistikovaných DSS založené na multikriteriálním hodnocení [25,39]. V našem případě sestavíme DSS ve formě kontrolního seznamu [46] doplněného pravidlem hodnocení otázek ve smyslu [210] a hodnotovou stupnicí.

Cílem aplikace DSS je:

- identifikace, zvládnutí, odstranění nebo minimalizace nepředvídatelných událostí, které mají nežádoucí dopady na kritické prvky, kritické komponenty, kritické procesy, kritické funkce, kritickou infrastrukturu a kritické technologie v technickém díle,
- proces porovnávání odhadovaných rizik proti přínosu a/nebo ceně možných protiopatření a stanovení implementační strategie v rámci integrální (systémové, celkové) bezpečnosti,
- určení, kterým pohromám (škodlivým událostem) je technické dílo vystaveno, jaká jsou rizika od jednotlivých škodlivých událostí, jaké škody mohou vzniknout, která opatření výskyt škodlivých událostí odstraní nebo minimalizují,
- procedura spočívá v postupu:
 - vymezí se aktiva a stanoví se požadavky na jejich bezpečnost,
 - určí se zranitelná místa, možné dopady a rizika,
 - odhadne se: výše potenciálně způsobených škod; a cena vhodných bezpečnostních opatření,
 - provede se volba adekvátních bezpečnostních opatření.

Pro kritické položky se určí mezní hodnoty (limity), jejichž dodržení zajistí přijatelné bezpečí. To znamená, že úkolem jejich řízení je zajistit dodržování limitů, a proto základem je důkladný monitoring a kvalifikovaný DSS.

3.6. Skórování veličin pomocí rozhodovací matice

Metoda skórování veličin dle [46] umožňuje roztřídit problém popsany dvěma vzájemně nesouměřitelnými veličinami do několika kategorií podle stanovených preferencí. Metoda sama o sobě nestanovuje ani nedoporučuje kritéria třídění. V praxi se používá velmi často při třídění rizik do kategorií přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné riziko [3,7,46] či při rozdělení objektů do kategorií podle jejich kritičnosti [4-6,14]. Metoda bude dále použita pro posouzení přínosů a rizik navrhovaného technického díla.

3.7. Plán řízení rizik

Plán řízení rizik se opírá o způsob řízení objektu TQM [136], tj. ve sledovaném objektu se zvažují prioritní rizika, která nebylo možno vypořádat, a při realizaci mají potenciál významně poškodit technické dílo. Samotný plán se zpracovává ve formě tabulky, která zvažuje rizika z oblastí:

- řízení technického díla,
- vnitřní zdroje rizik technického díla spojené s jeho stavbou, konstrukcí, zařízeními a provozem,
- personál technického díla,
- vnější zdroje rizik technického díla spojené s živelními pohromami,
- vnější zdroje rizik technického díla spojené s chováním veřejné správy, konkurencí, trhem apod.,
- útoky na technické dílo,
- kybernetické zdroje rizik spojené se sítěmi,
- válka.

Pro každou oblast rizika se v tabulce uvádí:

- příčiny rizika,
- pravděpodobnost výskytu realizace rizika a očekávaná velikost dopadů rizika na chráněná aktiva (na základě požadavků legislativa je třeba zvažovat i základní veřejná aktiva),
- opatření na zvládnutí nebo alespoň zmírnění rizika, které jsou jasně stanoveny, a u každého z nich je uvedena odpovědnost za jejich provedení.

Plán řízení rizika doporučuje i norma ISO 31000 [122]. Příklad plánu z oblasti řízení letového provozu je v [7].

Pro sestavení plánu řízení rizik, který odpovídá nárokům řízení vyžadovaným TQM, je potřeba důkladně znát: pohromy, tj. zdroje rizik; místní zranitelnosti, které předurčují krutost (kritičnost, závažnost) kritických situací; a možnosti odezvy za kritických situací.

Protože bylo ukázáno, že rizika jsou spojená i se samotnou prací s riziky, tak byl vypracován a v praxi otestován kontrolní seznam (tabulka 26) pro posuzování kritičnosti plánu řízení rizik; přičemž při posuzování jednotlivých položek byla použita stupnice:

0 bodu – naplnění kritéria má zanedbatelné nedostatky ve sledované oblasti (nižší než 5 %), tj. má zanedbatelnou kritičnost,

1 bod - naplnění kritéria má nízké nedostatky ve sledované oblasti (5-25 %), tj. má nízkou kritičnost,

2 body - naplnění kritéria má střední nedostatky ve sledované oblasti (25-45 %), tj. má střední kritičnost,

3 body - naplnění kritéria má vysoké nedostatky ve sledované oblasti (45-70 %), tj. má vysokou kritičnost,

4 body - naplnění kritéria má velmi vysoké nedostatky ve sledované oblasti (70-95 %), tj. má velmi vysokou kritičnost,

5 bodů - naplnění kritéria má extrémně vysoké nedostatky ve sledované oblasti (vyšší než 95 %), tj. má extrémně vysokou kritičnost.

Tabulka 26. Kontrolní seznam pro posuzování plánu řízení rizik.

| Otázka | Hodnocení |
|---|-----------|
| Je plán pro zvládnutí rizik veden jasnou představou a sledovanými cíli? | |
| Uplatňuje se v plánu pro zvládnutí rizik princip celistvosti (tj. uvážení prosperity sociálního, ekologického a ekonomického subsystému; vyjádření nákladů a užiteků; dopadů a přínosů ekonomické aktivity pomocí peněžních i nepeněžních hodnot)? | |
| Jsou v plánu pro zvládnutí rizik zváženy podstatné elementy (např. spravedlivá dělba využívání zdrojů mezi současnou generací a generacemi budoucími; nadměrná spotřeba a chudoba; lidská práva; ekologické poměry podmiňující život; prosperita umožněná ekonomickým rozvojem a mimotržními činnostmi)? | |
| Má plán pro zvládnutí rizik přiměřený rozsah (např. vhodné měřítko času a prostoru)? | |
| Je plán pro zvládnutí rizik prakticky zaměřen (např. explicitně definované kategorie, které spojují vytyčenou představu s indikátory a kritérii; omezený počet klíčových cílů; omezený počet indikátorů; standardizovaný způsob měření a porovnávání; referenční hodnoty indikátorů, prahové hodnoty, vývojové trendy)? | |
| Je plán pro zvládnutí rizik otevřený (např. všeobecně přijaté metody a databáze; explicitní věrohodnost, vyloučení nejistoty)? | |
| Je v plánu pro zvládnutí rizik zahrnuta efektivní komunikace v zájmové společnosti? | |
| Podílí se na plánu pro zvládnutí rizik široká veřejnost? | |
| Počítá se v plánu pro zvládnutí rizik s následným posuzováním (např. upřesňování postupných cílů vlivem vývoje systému)? | |
| Jsou v plánu pro zvládnutí rizik zabezpečeny kapacity institucí (např. určení odpovědnosti za dodržení cílů rozhodovacího procesu, sběr a uchovávání údajů, dokumentace)? | |
| CELKEM | |

Stupnice pro celkovou kritičnost plánu řízení rizik se určuje analogicky k principům používaným od 80. let v normách ČSN. Výsledná míra kritičnosti za předpokladu, že všechna kritéria mají stejnou váhu, může nabýt hodnot 0 až 50; prahové hodnoty pro míru kritičnosti plánu pro řízení rizik, odpovídající použité stupnici jsou uvedené v tabulce 27.

Tabulka 27. Hodnotová stupnice pro určení míry kritičnosti plánu pro řízení rizik.

| Míra kritičnosti plánu pro řízení rizik | Hodnoty v % | Počet bodů pro všechna kritéria |
|--|--------------------|--|
| Extrémně vysoká – 5 | Více než 95 % | Více než 47.5 |
| Velmi vysoká – 4 | 70 - 95 % | 35 – 47.5 |
| Vysoká – 3 | 45 - 70 % | 22.5 – 35 |
| Střední – 2 | 25 – 45 % | 12.5 – 22.5 |
| Nízká – 1 | 5 – 25 % | 2.5 – 12.5 |
| Zanedbatelná – 0 | Méně než 5 % | Méně než 2.5 |

4. DATA O SELHÁNÍ TECHNICKÉHO DÍLA PŘI PROVOZU

Pro výzkum byla nejprve sestavena databáze havárií a selhání technických děl zahrnující chemické podniky, průmyslové podniky, zpracovatelské podniky, elektrárny, přehradu, tunely, mosty atd. Databáze [81] obsahuje 7864 jevů.

Čtvrtá kapitola obsahuje výsledky výzkumu a má tři části; v první jsou uvedeny vybrané informace o haváriích a selháních technických děl při provozu, v druhé jsou dvě podrobné případové studie a ve třetí je utříděn seznam zdrojů selhání pomocí diagramu rybí kosti. Pro pochopení problematiky jsou další analýzy havárií uvedeny v příloze 2.

4.1. Vybrané informace o haváriích a selháních technických děl

Z provedené detailní kritické analýzy dat z:

- archivu [81],
- internetu [89],
- publikací [4,6,13-33,36-38,56,66,67,72,80,87,88,94,98-101,110,113,114,121,140, 211- 246]
- přílohy 2

vyplynuly dále uvedené příklady zdrojů nebezpečí, které vedly a vedou k poškození zdraví až úmrtí osob či poškození dalších veřejných aktiv. Uvedeme též několik podrobných výsledků ze specifických oblastí, které byly předmětem našeho specifického výzkumu na základě sestavených homogenních a dostatečně početných databází havárií a selhání technických děl.

4.1.1. Výsledky analýzy příčin poškození zdraví a bezpečí osob ve stavebnictví

Analýza příčin úrazů a úmrtí ve stavebnictví odhalila zdroje nebezpečí pro osoby v pracovním procesu (BOZP):

1. Při pohybu po pracovištích betonárky je zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
 - uklouznutí, klopýtnutí podvrknutí nohy, naražení a pád pracovníka, uložené materiály, předměty, zejména při neuklizení na staveništi,
 - píchnutí, bodnutí, říznutí, odření, přiskřípnutí, prstů při manipulaci s materiály,
 - nepoužívání přidělených OOPP k ochraně rukou, hlavy, očí, sluchu apod.
 - pád materiálu na pracovníka nebo zasažení manipulovaným materiálem,
 - přiražení prstů o hranu ukládaného obrubníku, betonové skruže, dlaždice apod.,

- naražení různých částí těla při pádu v prostorách staveniště,
 - podvrknutí nohy při chůzi po staveništi, rampách, podlahách lešení atd.,
 - zakopnutí, podvrknutí nohy, naražení, zachycení nohy o různé překážky, vystupující prvky
 - uklouznutí při chůzi po terénu, blátivých, zasněžených, namrzlých komunikacích ve venkovních prostorách,
 - propíchnutí chodidla hřebíky a prořezání podrážky obuvi jiným ostrohrannými částmi,
 - propadnutí nedostatečně pevnými a únosnými poklopy a překrytími otvorů,
 - pád do hloubky, prohlubní šachet, kanálů,
 - pád při výstupu a sestupu na zvýšená místa práce, na schodech, na rampách,
 - prochladnutí pracovníka v zimním období při práci na venkovních nechráněných prostorách,
 - přehřátí úpal v letním období,
 - oslnění, zánět spojivek,
 - střet motorových vozidel, střet motorových vozidel s osobami – dopravní nehoda.
2. Při používání míchaček betonu je zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
- nepoužívání zařízení dle návodu výrobce,
 - kontakt končetiny s rotujícím bubnem, zachycení ruky, vykloubení, zlomení, odřeniny,
 - zachycení vtažení, sevření ruky nezakrytými točivými částmi,
 - pád pracovníka do míchačky,
 - zasažení pracovníka elektrickým proudem.
3. Při používání cementu, případně při dávkování jiných suchých směsí z pytlů jsou zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
- dráždivé účinky prachu z cementu, případně z používaných suchých směsí,
 - zranění očí výronem betonu, žíravé účinky příměsí do betonových směsí,
 - namožení, natržení, natažení svalů a šlach následkem fyzického přetížení a nepřiměřené námahy při případném zvedání pytlů se suchou směsí,
 - vznik tříselné kýly při prudkém zvednutí těžkých materiálů, kanystrů, sudů, pytlů.
4. Při práci na zásobnících a jiných konstrukcích pro práce ve výškách je zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
- pád pracovníka z výšky, z konstrukce zásobníku, žebříku, plošiny apod.,
 - pád a zřícení do zásobníku v případě nedostatečného zajištění,
 - pád osob při výstupu, sestupu nebo jiné obdobné činnosti na zásobníku apod.,
 - propadnutí a pád nebezpečnými otvory - mezerami v podlahách, u okrajů podlahy,

- pád předmětu, materiálu z výšky při výstupu, sestupu nebo jiné činnosti na zásobníku,
 - propadnutí a pád po zlomení, zborcení zejména pomocných konstrukcí, podlahových dílců,
 - pád, propadnutí následkem chybně uloženého prvku podlahy.
5. Při používání univerzálních nakladačů nebo motorového manipulačního vozíku na pracovišti k manipulaci s materiálem a paletami je zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
- pád nákladu z vidlic při manipulaci,
 - přiražení, přejetí, sražení osoby pohybujícím se strojem,
 - náraz na nakládané, vykládané vozidlo,
 - ohrožení osob pracovními činnostmi, stavebního nebo zemního stroje,
 - střet zemního stroje s jiným vozidlem, osobou - dopravní nehoda,
 - zasažení osoby při manipulaci a přiblížení k venkovnímu vedení elektrického proudu,
 - přimáčknutí, přitlačení, přiražení, rozdrcení, pád při připojování, odpojování či výměně pracovního zařízení,
 - převrácení zemního stroje po ztrátě stability,
 - pád řidiče při sestupování a nastupování do stroje,
 - zneužití stroje nepovolanou osobou - nežádoucí rozjetí, zranění řidiče popř. jiné osoby,
 - neprovádění údržby přidělené techniky, strojů a mechanizace,
 - obsluha stavebního stroje bez platného strojnického průkazu,
 - provádění nedovolených manipulací, opuštění zemního stroje bez provedeného zajištění,
 - neznalosti technického stavu, neprovádění údržby, pravidelného mazání - špatný zanedbaný technický stav stroje,
 - vyřazování, svévolná měnění ochranných zařízení.
6. Při práci s jednoduchými žebříky a dvojitými žebříky a při používání pojízdných žebříků je zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
- prasknutí, zlomení příčle žebříku s následným pádem pracovníka,
 - pád osoby ze žebříku nebo při nastupování, vystupování apod.,
 - pád žebříku, zvrácení žebříku do strany při porušení stability, vychýlení těžiště osoby,
 - poražení, zachycení žebříku, procházející osobou, projíždějícím vozidlem.
7. Při používání vibračního zařízení a při obsluze kompresoru je zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
- poškození zařízení, prasknutí hadice,
 - zranění očí, obličeje a uvolněnými jemnými částicemi,

- neprovádění předepsané pravidelné kontroly pojistného zařízení a nedodržení návodu,
 - neprovádění revizí, prohlídek pojistného zařízení,
 - vyřazováním pojistného a ochranného zařízení, měněním nastavených hodnot,
 - popálení při manipulaci s horkým olejem, dotykem horkých povrchů,
 - ohrožení výfukovými zplodinami,
 - zranění rukou pohybující se řemenice, pádem krytů apod.,
 - zasažení pracovníka elektrickým proudem, nemožnost rychlého vypnutí elektrického proudu.
8. Při používání ručního nářadí je zdrojem poškození zdraví a bezpečí osob:
- sečné, řezné, bodné, tržné rány, píchnutí, bodnutí, odření,
 - přimáčknutí, otlaky, zhmožděniny, podlitiny, zlomeniny,
 - úrazy očí používáním ručního nářadí,
 - vyklouznutí nářadí z ruky, z násady,
 - odřeniny, zhmožděniny, pořezání rukou, píchnutí, bodnutí při práci ve stísněných podmínkách apod.,
 - pád nářadí z výšky na osoby.

4.1.2. Výsledky analýzy příčin selhání strojních zařízení

Např. příčiny špatného těsnícího spoje jsou:

1. Příčiny selhání těsnících spojů:
 - chyby v návrhu spoje nevhodné součásti, materiálu, velikosti,
 - nedostatečné údaje v normalizaci,
 - nevhodné součásti, zejména šrouby a těsnění,
 - nedostatečný ohled na montážní požadavky (např. místo pro nástroj je nedostatečné),
 - nerespektování zákonů, vyhlášek a předpisů,
 - lidský faktor v kterékoli fázi výroby.
2. Chyby při výrobě těsnícího spoje:
 - chybějící montážní předpis,
 - nekvalifikovaný nebo nevyškolený personál,
 - nekvalifikovaný nebo nevyškolený dodavatel montáže,
 - nevhodný montážní nástroj,
 - chybějící kontrola smontovaného spoje.

Projevily se neznalosti, např. v několika případech nebylo zvaženo, že z utahovacího momentu lze získat jen 10% síly ve šroubech (ztráty jdou na vrub tření v závitu a dosedacích plochách, vliv utahovacích nástrojů aj.).

4.1.3. Výsledky analýzy příčin nehod a havárií v průmyslu

Výsledky podrobného systematického výzkumu havárií s přítomností nebezpečných látek je v pracích [87,228-230,234,235]. Tabulky 28 a 29, převzaté z práce [6] ukazují primární příčiny nehod, které vyústily v havárie a charakteristiky havárií a selhání technických děl stabilních i mobilních.

Tabulka 28. Vybrané primární (klíčové) příčiny nehod, které vyústily v havárie a jejich příklady.

| Kategorie primárních příčin havárií | Původce příčiny havárie | Konkrétní příklady klíčových příčin |
|--|---|---|
| Vnější vlivy, které působí na technické dílo | Správní orgány | Důsledek nové legislativy. Důsledek jednání externích inspektorů. |
| | Průmyslové a obchodní subjekty | Nedostatečná podpora při řízení rizik od vedení společnosti. Tlak od zákazníků. Nedostatečné know-how. |
| | Spolupráce s externími nouzovými službami | Nedostatečné vazby s vnějšími nouzovými službami. Nedostatečné informace o toxicitě a způsobu léčení postižených chemickými látkami. |
| | Veřejnost | Nátlakové skupiny. Přehnaný místní stavební rozvoj. Vývoj v životním prostředí. |
| Kultura bezpečnosti v technickém díle (působení obchodních | Technické znalosti | Nedostatečné procesní a technologické know-how. Nedostatečné průmyslové normy. Chybějící nebo chybné postupy pro zvládnání kritických podmínek. |

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| faktorů, kultury ve společnosti, přístupu vedení k bezpečnosti a technického know-how, které určují vnímání a očekávání jednotlivců uvnitř technického díla) | Legislativa / předpisy | Změněné požadavky na umístění technického objektu (např. direktiva SEVESO v úplném znění požaduje při umísťování průmyslových objektů zpracovávajících nebezpečné látky stejné požadavky jako u jaderných elektráren [1,4,6,247], avšak české zákony, a to ani ten poslední č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií v platném znění požadavek zatím neobsahují). Záměrná porušení. Pojišťovací požadavky. Chybí bezpečnostní předpisy. |
| | Politické klima / nátlakové skupiny | Veřejné mínění. Nekorektní práce s riziky (např. šíření nesprávných oceňování dopadů technických děl na okolí; šíření falešných zpráv). |
| | Ekonomické klima / obchodní faktory | Nedostatek personálu a zařízení. Nedostatek nároků na výrobky. Nedostatečná výrobní kapacita a velké požadavky na produkci. |
| | Obchodní zaměření | Chybné rozmístění výrobních zdrojů a špatná dostupnost technických děl. Chybná investiční strategie technického díla. Umístění technického díla do méně obydlených nebo méně bezpečných oblastí. |
| | Kultura společnosti | Zájem pouze o zisk. Nedostatečné zkušenosti s provozem technického díla. Sociální postoje / chování vedení společnosti k zaměstnancům. |
| | Kultura bezpečnosti | Špatný přístup managementu k bezpečnosti. Nízké povědomí vedení společnosti o rizicích. |

| | | |
|--|---|---|
| Organizace a řízení technického díla (způsob řešení problémů) | Posloupnost rozhodování | Nedostatečná úroveň strategie řízení bezpečnosti. Chybí proces řízení bezpečnosti. Nedostatečně stanovené pracovní priority. Chybí oddělení pro řízení bezpečnosti. |
| | Závazek k bezpečnosti | Není dokument o bezpečnostní politice. Jsou nejasné směrnice pro řízení bezpečnosti a řízení rizik. |
| | Interakce s interními/externími systémy | Nedostatečná organizační rozhraní. Nevyjasněné vztahy mezi skupinami ve výrobě; výroba vs. administrativa; výroba vs. IT. Nedostatečná komunikace mezi vedením a zaměstnanci. |
| | Kvalita zajištění základny | Nedostatečné projekční a inženýrské zabezpečení. Špatné umístění zařízení – nesplněny požadavky ergonomie. Nedostatečná analýza a hodnocení rizik. |
| | Výrobní zdroje | Nedostatečné finance. Nedostatečná výrobní kapacita. Nedostatečná úroveň obsluhy po odborné stránce. Chybný režim údržby (příliš dlouhé intervaly). Chybí režim včasných oprav důležitých zařízení. Nedostatečně určené odpovědnosti. |
| Umístění objektů a výrobních zařízení technického díla (vztahuje se k projektu a jeho realizaci) | Umístění zařízení a jeho projekt | Chybné určení bezpečnostních zón a oddělení zařízení, která se mohou vzájemně ovlivnit (selhání v důsledku těsného spojení). Nedostatečná úroveň zařízení pro nouzovou odezvu. Nedostatečná ochrana technického díla před vnějšími pohromami a jejich riziky. |

| | | |
|--|--|---|
| | Inženýrství a výrobní projekt | <p>Nedostatečná dokumentace technického díla.</p> <p>Nedostatečné určení požadavků na provoz při abnormálních a kritických podmínkách.</p> <p>Nedostatečná předběžná analýza rizik od všech možných zdrojů havárií a selhání.</p> <p>Nedostatečné určení prioritních rizik (tj. nerespektování zásad TQM [134]).</p> |
| | Zadání a realizace zařízení | <p>Chybné nebo nedostatečné zadávací podmínky.</p> <p>Chyby v provedení stavby.</p> <p>Chyby v montáži zařízení podle projektu.</p> <p>Chyby v řízení prací stavby a konstrukce.</p> |
| | Doprava, skladování, zpracovávání materiálu, odpad materiálu | <p>Nevhodný způsob dopravy materiálu.</p> <p>Nevhodné skladování nebo skladování ve velkých objemech (což je zvláště nebezpečné u vysoce nebezpečných látek).</p> <p>Použití nevhodných materiálů.</p> |
| Integrita technického díla (provázání bezpečnosti, spolehlivosti a funkčnosti zařízení během životnosti - projekt, stavba, provoz, údržba a řízení, dozor) | Bezpečnost provozu | <p>Neexistuje program zvyšování bezpečnosti technického díla [4,6,13,30].</p> <p>Nejsou jasné limity a podmínky provozu technického díla.</p> <p>Nejsou podmínky provozu za abnormálních a kritických podmínek.</p> <p>Nejsou postupy pro zvládnutí kritických podmínek zacílené na zachování provozuschopnosti technického díla po opravě.</p> <p>Chybí plán kontinuity technického díla pro případ výskytu extrémních podmínek.</p> |
| | Kvalita zařízení | <p>Nedostatečný projekt nebo nedostatečná specifikace údržby, včasných oprav a oprav po poruchách.</p> <p>Nedostatečná kontrola technického stavu.</p> <p>Používání nevhodných nástrojů, materiálů a zařízení.</p> |

| | | |
|---|--------------------------------------|---|
| | Použitelnost, dostupnost | Nedostatečná výrobní pohotovost. Nedostatečná dokumentace provozu. Nepřiměřené prodloužení životnosti zařízení. |
| | Údržba | Nedostatečná preventivní údržba. Nekvalifikovaně a nedostatečně prováděné opravy. |
| | Vylepšení zařízení / modifikace | Nevhodná modifikace zařízení. Nedostatečné řešení změn. Použití zastaralých postupů. |
| | Standardy, normy | Nevhodné standardy a normy. Nevhodné specifikace a/nebo projektová kritéria. |
| Oblast řízení technického díla orientovaná na jeho bezpečnost (celkovou / integrální) | Umístění zdrojů a vývoj | Chybějící kapitál. Chybějící personál nebo čas. Nepřiměřené plánování a kontrola zdrojů. Chybí vlastní výzkumná základna nebo alespoň spolupráce s výzkumnou základnou. |
| | Monitoring, kontrola kvality a audit | Chybí monitoring rizik. Chybí pravidelná kontrola řízení prioritních rizik. Chybí seznam nápravných opatření nebo jejich zajištění (kdo, co, jak, čím provede). Nedostatečná provozní opatření. Nedostatečné provádění nápravných opatření. |
| | Řízení změn | Nedostatečná odezva na změnu. Nekompetentní změna v technologii, zařízení nebo postupech prací. Provádění změn bez ohledu na minulé zkušenosti (odstraní se něco, co plnilo ochranu před možným vysoce nežádoucím jevem). |

| | | |
|--|--|--|
| | Kompetence / způsobilost managementu | Nedostatečné odborné znalosti vedení a kritického personálu. Chyba ve vnímání rizik nebo vnímání různých podmínek při provozu. Nedostatečný výcvik zacílený na bezpečnost osob a bezpečnost zařízení nebo technické znalosti. |
| | Odpovědnost | Chybí konkrétní rozdělení odpovědnosti. Řízení rizika na příliš nízké úrovni. |
| | Dohled a kontrola | Nesprávné příkazy a delegování pravomocí. Nedostatečná kontrola pracovní atmosféry a pracovních praktik. |
| | Odpovědnost za bezpečnost | Nejasné nebo konfliktní stanovení odpovědností. Zanedbávání bezpečnostních faktorů. Chybí přehled o bezpečných postupech a jejich zavádění do praxe. |
| | Kvalita obsluhy zařízení za normálních, abnormálních a kritických podmínek | Chybí nouzové plánování. Špatná koordinace odezvy na havárie a selhání uvnitř nebo v okolí zařízení. |
| Komunikace a informace, které jsou životně důležité pro bezpečný provoz technického díla | Kvalita informací | Nedostatečná verbální komunikace mezi managementem a zaměstnanci. Nedostatek informací. Šíření chybných informací o zařízení a rizicích spojených s výrobními procesy. Utajování informací o možných rizicích. Utajování informací o nehodách. |
| | Bezpečnostní informace | Nedostatečné informace o materiálu a o dopadech při jeho používání. Nedostatečné modelování scénářů havárií. Nedostatečná bezpečnostní dokumentace. Chybí plány odezvy, a to zvláště na kritické nadprojektové havárie. |
| | Informační kanály | Absence informačních kanálů. Nedostatečný monitoring a sběr dat. |

| | | |
|---|--|--|
| | Média | Nedostatečné informování. Nesprávná odezva na informace. |
| | Kvalita odezvy a informování v případě havárie | Není centrum pro řízení havárií. Nevhodně zvolené řídicí centrum pro odezvu na havárie. Nedostatečné znalosti modelů úniků nebezpečných látek. Nedostatečné postupy odezvy. |
| | Komunikace v případě havárie | Absence informačních kanálů o haváriích. Nedostatečná kapacita zařízení pro šíření informací o haváriích. |
| Postupy a praxe (jasné postupy pro bezpečný způsob nakládání s nebezpečnými látkami, výrobní postupy a operace) | Pracovní postupy a praktiky | Nedostatečné provozní / údržbářské postupy. Nedostatečná pracovní disciplína. |
| | Bezpečnostní studie | Nedostatečná identifikace zdrojů rizik. Nedostatečné modelování scénářů. Žádné nebo nedostatečné postupy pro hodnocení rizik (chybí stupnice nebo jsou používány subjektivní stupnice). |
| | Kontrola kvality | Nedostatečná kontrola kvality produktů. Nedostatečný audit výrobků. Nedostatečné úvahy o zdraví a bezpečnosti. |
| | Provozní postupy pro abnormální a kritické situace | Nedostatečné plánování postupů při podmínkách jiných než normálních. Chybí jasné řízení odezvy na nouzové situace. Nepřiměřený výcvik zaměstnanců a řídicích pracovníků pro případ odezvy na nouzové situace. Chybí zavedení poučení ze zkušeností z havárií v daném díle nebo v díle podobném. |
| | Informování o nehodě | Nepřiměřené informování o nehodě. Nedostatečné vyšetření nehody. Nevypracování nebo neoznámení poučení z nehody. |

| | | |
|--|---|---|
| Pracovní prostředí (pracoviště a podmínky na pracovišti) | Pracovní prostředí | Stres, přetížení. Špatné pracovní podmínky. Nedostatečná ochrana pracovníků. Šikana na pracovišti. |
| | Péče o pracující | Nedostatečná péče o zdraví a bezpečí pracovníků. Nezajištění řádných pracovních podmínek. |
| | Kultura bezpečnosti | Nedostatečná práce s riziky. Malý důraz na dodržování bezpečnostních opatření. |
| | Bezprostřední dozor a podpora | Slabá kontrola. Špatná organizace práce. Nedostatek zkušených pracovních sil. Nedostatečné technické porozumění úkolům. |
| Výkon obsluhy (provozní obsluha, inspektoři, údržba a další) | Přijímání do pracovního poměru | Nedostatečné výběrové řízení. Nedostatečný počáteční výcvik a zácvik. |
| | Osobní vlastnosti | Nedostatečné fyzické a mentální předpoklady zaměstnance pro práci. Nedostatečná motivace zaměstnance ke kvalitní práci. Nedostatek vzdělání a zkušeností zaměstnance. |
| | Školení | Žádné nebo nedostatečné školení zaměstnanců. Nekvalitní školení zaměstnanců. |
| | Pracovní disciplína | Nepřiměřené pracovní normy. Povolované nebo vynucované odchylky od pracovních postupů. |
| | Bezpečnostní a provozní hranice (tolerance) | Nedostatečné bezpečnostní hranice. Nízká úroveň bezpečnostních opatření. |

Z tabulky 28 vyplývá velká rozmanitost příčin poruch a nehod, které vyústily v havárie. Kromě pochopitelných příčin jako jsou živelní pohromy a technické problémy jsou zdroji rizik i chybné zásahy správních orgánů, chybné předpisy, politická situace a aktivity politiků zacílené na získání volebních preferencí, situace na trhu a nátlakové skupiny. Proto v souladu s prací [29] a požadavky shrnutými v práci [7] zajištění

bezpečnosti technických děl lze zajistit jen dobře koordinovanou prací veřejné správy, vlastníků a provozovatelů technických děl.

Tabulka 29. Obecné charakteristiky a dopady selhání technických objektů stabilních i mobilních.

| Charakteristika | Dopady |
|--|---|
| <i>Nehody a havárie v průmyslu s přítomností nebezpečných látek</i> | |
| <ul style="list-style-type: none"> - pravděpodobnost výskytu je vysoká a velikost dopadů havárie je často značná, - příčiny havárií v hlavních zařízeních průmyslových komplexů jsou početné a rozmanité, - průmyslové komplexy se často nacházejí v blízkosti obytných zón, - sekvence událostí vedoucích k nehodě může být velmi rychlá a záchranné útvary se nemají čas organizovat; nebezpečné látky se rychle uvolňují a okamžitě ohrožují, - je často obtížné detekovat a analyzovat uvolněné látky a posoudit jejich dopady, - přestože podnik má vlastní složky odezvy, je často nutná pomoc od externích složek odezvy. | <ul style="list-style-type: none"> - vysoké a široké nebezpečí otravy lidí a zvířectva, - velké nebezpečí znečištění vod a půdy, - úroda může být zničena, - postižené území může být na určitý čas vyhlášeno jako "zakázaná zóna". |
| <i>Doprava a skladování nebezpečných látek</i> | |
| <ul style="list-style-type: none"> - různá lokalizace místa vzniku nehody či havárie / mobilní zdroje rizik (kromě nádraží a překladišť), - uvolněné látky je obtížné identifikovat, - za účelem získání informací o vlastnostech látek, je třeba obstarat údaje od expertů, - mobilní ohrožení se týká přístavů, silnic, železnic, vnitrozemských vodních cest, obchodních center apod. | <ul style="list-style-type: none"> - velké a široké nebezpečí otravy lidí a zvířectva, - velké nebezpečí znečištění vod a půdy, - postižené území může být na určitý čas vyhlášeno jako "zakázaná zóna". |
| <i>Dopravní nehody s přítomností nebezpečných látek</i> | |
| <ul style="list-style-type: none"> - velké nehody zpravidla vznikají v železniční a letecké dopravě, - možnost předběžného varování téměř neexistuje, tj. složky odezvy se | <ul style="list-style-type: none"> - velmi časté znečištění povrchové a podzemní vody, - znečištění ovzduší a ohrožení zdraví zúčastněných, |

| | |
|---|---|
| <p>nemohou včas zorganizovat, je vždy časová prodleva,</p> <ul style="list-style-type: none"> - při odezvě jsou nutná speciální technická zařízení, - uvolňují se nebezpečné chemikálie, kouř apod., - jde o mobilní zdroj nebezpečí - může nastat na mnoha místech. | <ul style="list-style-type: none"> - kontaminace půdy, - možné sekundární nebezpečí vzniku požáru a stavebních škod, - možný vysoký počet úmrtí a zranění. |
|---|---|

Z tabulky 29 je zřejmé, že zvlášť nebezpečné jsou havárie a selhání technických děl, ve kterých se vyskytují nebezpečné látky, a pro je třeba předmětným technickým dílům věnovat zvláštní pozornost a mít připraveny nouzové a krizové plány [1,4-6,10]. Stejnou pozornost z důvodu bezpečnosti je však třeba věnovat i dalším dílům jako je kritická infrastruktura, letadla, lodi apod., které jsou ohroženy důsledky jiných fyzikálních jevů.

Práce [248] ukazuje příčiny rizik spojené s komunikací mezi zaměstnanci střídajících se šicht se při provozu technického díla:

- opomenutí, vymazání nebo zadržení jisté informace,
- neadekvátní popis situace a fragmentovaná zpětná vazba,
- selhání paměti,
- úroveň instrukcí, pochopení a způsob slovního vyjádření,
- nedostatečná důvěrnost v organizaci,
- neuvědomění o úkolu a procesu,
- nedostatečná oddanost a odpovědnost,
- nedostatečná kultura bezpečnosti či systému ochrany (kultura viny),
- selhání mentální logiky,
- organizační prostředí, integrace, mezi personální vztahy,
- a formát knihy pro předávání informací.

Autoři výše citované práce uvádí příklady nedostatečných informací v předávací knize - výrobní proces se zastavil kvůli:

- špatné údržbě,
- defektu na zařízení
- opravě zařízení,
- prasknutí potrubí,
- výměně jisté komponenty,
- úniku nebezpečné látky,
- nedostatku suroviny,
- doplňování surovin,

- problému při desinfekci,
- rozporům mezi personálem,
- opisu standardu,
- havárii.

Je zřejmé, že z kusých informací u složitého provozu nemůže pracovník např. rozpoznat, kde došlo k defektu, které potrubí prasklo apod., a proto může provést chybný úkon, který může mít velké následky.

Současné poznání ukazuje, že z důvodu ochrany lidí je velmi důležité i za kritických podmínek udržet služby, které poskytuje kritická infrastruktura [2,4-6]. Zdroje rizik pro síť jsou z celé řady oblastí:

- živly, extrémní počasí, pandemie,
- sociální – povstání, konflikty, organizovaná kriminalita, korupce,
- ekonomické – změny měny, cenová nestálost, závislost na vnější výrobě, náhlá změna požadavků, omezení dovozu či vývozu,
- a selhání životodárných služeb – přerušení komunikace, přenosu informací, dopravy a selhání infrastruktury.

Práce [6] obsahuje příklady selhání a jejich důsledky. Je si nutné uvědomit, že některé z příčin selhání nejsou dosud zohledněné v řízení bezpečnosti technických děl. Např. sluneční aktivita může vyvolat silné geomagnetické bouře, které mohou vážně narušit části kritické infrastruktury jako elektrická přenosová soustava, železnice a potrubní systémy; podrobně ukazují výsledky analýza databáze selhání kritické infrastruktury [140].

Na základě poznání je nejvíce nebezpečné selhání se společnou příčinou, jde o soubor selhání, při kterých ve stejnou dobu se nebo krátce po sobě se naruší činnost dvou nebo více komponent, anebo ve výše zmíněném případě celých infrastruktur.

Lidské přání je řídit rizika tak, aby se hlavně nerealizovala velká rizika. Na základě lidského poznání je to možné jen tehdy, když rizika pochopíme. Zvláště důležité je pochopit dopady velkých pohrom, které mají velmi nízkou pravděpodobnost výskytu. Vysoce důležité je v každém systému určit kritická místa a umět klasifikovat znalostní nejistoty, které jsou ve vstupních datech, použitých modelech a hlavně v tom, že reálné systémy jsou složité. Při použití modelů musíme být zvláště opatrní, protože výsledky výzkumu (např. práce [249]) ukazují, že chyby vzniklé při modelování jsou daleko větší než nedostatky ve vstupních datech.

4.1.4. Vybrané příčiny nehod a havárií v infrastrukturách

Podle údajů v práci [250] jsou každý rok tisíce plánovaných a neplánovaných přerušení na elektrické rozvodné síti v Norsku. Tato přerušení dodávek energie stojí dodavatele miliony norských korun (NOK) každý rok. V roce 2016 došlo celkem k 25 777 poruchám, při kterých nebylo dodáno 8 239 MWh elektrické energie. Za předpokladu, že průměrné přerušení trvá 1.3 hodiny a náklady za nedodanou energii jsou přibližně 30.7 NOK/ kWh, tak to znamená ztrátu pro dodavatele 253.2 milionů NOK, tj. více než 32 milionů USD.

Dopravní infrastruktura patří do základních systémů tvořících kritickou infrastrukturu v Evropské unii, ve vyspělých zemích i v České republice. Mezi kritické prvky dopravní infrastruktury patří mosty, a to silniční i železniční. **Charakteristiky mostu** jsou: časové; územně prostorové; organizační; vlastnické; a institucionální.

Kritická analýza databáze selhání mostů [37,38] odhalila, že příčiny selhání mostů jsou:

- **živelní pohromy:** zemětřesení, povodně, vichřice, tajfuny, tornáda, hurikány, sesuvy, laviny, ztekucení podloží; síla nahromaděných ledových ker; síla nahromaděných velkých a objemných předmětů,
- **změna podmínek prostředí:** velké rozdíly teplot během krátké doby, velká námraza, vysoká teplota,
- **technické pohromy:** nárazy vozidel do mostů, požár vozidel na mostě, exploze vozidla na mostě, mechanické poškození mostu vozidlem, dopravní nehoda na mostě, exploze v blízkosti pilířů mostu,
- **chyby v projektu mostu:** špatné kombinace zatížení; podcenění velikostí možných pohrom; nezávažení resonancí v konstrukci; podcenění vibrací; nezávažení aerodynamických sil; nezávažení geotechnických zranitelností v podloží; nezávažení velkých teplotních rozdílů apod.,
- **chyby při výstavbě a konstrukci mostu:** nekvalitní materiál (často ochuzený beton); skryté vady v materiálu; špatné ukotvení; chyby ve spojích komponent; špatné provedení mostních oblouků apod.,
- **technické chyby při provozu mostu:** nedostatečná údržba; špatná technika údržby; zanedbané opravy; neprovádění včasných oprav; koroze; únavové trhliny v materiálu; podcenění stárnutí materiálu, rozkmitání mostu v důsledku specifického provozního zatížení, apod.,
- **chyby v řízení provozu mostu:** časté přetížení; nedostatečná regulace provozu v závislosti na limitách a podmínkách mostu jako technického díla; chybí monitoring provozu; chybí plán řízení provozu s ohledem na zatížení a na vznik specifických vibrací; chybí program řízení bezpečnosti; chybí řízení celkové bezpečnosti mostu; není stanovena odpovědnost za stav mostu; chybí plán řízení rizik mostu,
- **sabotáže.**

4.1.5. Vybrané příčiny havárií při těžbě surovin

Práce [251] na příkladech z oblasti těžby ropy uvádí, že 11 velkých havárií na světě od r. 1964 zapříčinily technické i organizační chyby. Technické chyby byly založeny jak v projektu těžby ropy, tak v nedostatečném monitoringu, v neadekvátních testech a v přehlížení varovných příznaků. Organizační chyby měly původ v nedostatečné kultuře bezpečnosti; a to od špatného vedení, přes nedostatečný výcvik, nedostatečnou připravenost, nedostatečnou komunikaci až po přehlížení norem a standardů.

Práce [251] uvádí, že pro snížení počtu havárií či alespoň pro zmírnění jejich velkých dopadů je třeba zajistit spolupráci průmyslu, akademické sféry, vlády a nevládních organizací. Stát musí s ohledem na bezpečnost zařídit kvalifikovaný dohled a vynutit jak dostatečnou prevenci, tak dostatečnou připravenost na zvládnutí havárií. Průmysl

musí vzájemně spolupracovat ve snaze snižovat rizika provozu a zajistit dobrou odezvu na nouzové situace. Od projektu, přes výstavbu až po provoz je třeba zvažovat všechna možná ohrožení (All-Hazard-Approach), která jsou spojená s danou lokalitou, a mohou být zdrojem významných rizik. Bezpečnostní audity založené na specifických kontrolních seznamech jsou vysoce užitečné. Neustále je však nutné se poučovat z každé havárie, snažit se pochopit slabé signály, které upozorňují na nedostatky v řízení bezpečnosti. Vše je v souladu s konceptem, který je v této monografii prosazován.

4.1.6. Příčiny nehod a havárií s přítomností radioaktivních látek

Práce [226] z r. 2017 ukazuje, že v souladu s IAEA je třeba u jaderných zařízení kromě pravděpodobnostních metod pracovat s riziky, aby se zajistila bezpečnost jak zařízení, tak jeho okolí, tj. integrální bezpečnost.

V práci [159] jsou uvedeny výsledky analýzy mezinárodní databáze požárů OECD FIRE, která obsahuje více než 445 požárů do konce r. 2014 v jaderných elektrárnách ve 12 členských zemích OECD. Podle údajů OECD počet požárů v jaderných zařízeních s časem roste [25]; řada požárů nastala v budovách s diesel generátory, v trafostanicích a při odstavení jaderných zařízení. Kořenové příčiny požárů jsou uvedeny v tabulce 30, ze které je zřejmé, že obvykle bylo příčin více.

Tabulka 30. Kořenové příčiny požárů v jaderných elektrárnách; příčiny: E – zařízení; H – člověk; O – jiné; P – postup; U – neznámá; zpracováno dle [159].

| | E | H | O | P | U |
|---|-----|----|----|----|----|
| E | 245 | 26 | 6 | 16 | 1 |
| H | 16 | 86 | 6 | 29 | |
| O | 6 | 4 | 11 | 2 | |
| P | 6 | 17 | | 12 | |
| U | 1 | | | | 22 |

Nejprve se zmíníme o jaderné elektrárně Jaslovské Bohunice [252]. Těžkovodní reaktor A-1 byl uveden do provozu dne 25. 12. 1972. Po několika přerušeních byl jeho provoz ukončen v roce 1977. Důvodem ukončení provozu byly dvě havárie:

- první dne 5. 1. 1976 s velikostí INES 3. Došlo k ní v důsledku špatného upevnění palivového článku,
- druhá dne 22. 2. 1977 s INES 4, a to opět při výměně palivových článků.

V obou případech byla narušena jaderná i integrální bezpečnost.

Dále uvedeme výsledky výzkumu provedeného na základě databáze, kterou jsme sestavili kritickou analýzou údajů z 678 zdrojů, jejichž seznam je uveden v archivu [81]. Databáze obsahuje 1978 jevů a je uspořádána chronologicky a obsahuje údaje o událostech, při kterých došlo nebo mohlo dojít k úniku radioaktivních látek nebo záření, anebo dokonce k explozi, požáru a úniku radioaktivních látek, které měly potenciál způsobit, anebo způsobily ztráty, škody a újmy na chráněných aktivech lidského systému. Obsahuje údaje: čas vzniku události ve světovém čase, místo vzniku, popis příčin a dopadů, popis následků a u velkých jevů i poučení z události. Všechny rozpory mezi daty z různých zdrojů byly zváženy a vypořádány pomocí konkrétních dotazů u provozovatelů, jaderných dozorců a příslušných specialistů z Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA - MAAE). Údaje o velkých jaderných haváriích a jaderných testech jsou úplné od poloviny minulého století, protože IAEA provádí kontrolu a vyžaduje doklady k jevům, které jsou zaznamenány mezinárodními monitorovacími sítěmi.

Na základě kritického posouzení údajů v databázi [81] jsme odvodili následující fakta:

- od r. 1954 (kdy byl zkonstruován první jaderný reaktor) již bylo více než 100 jaderných havárií a radiačních nehod v civilních objektech, např.:
 - jaderné elektrárny (např. roztavení aktivní zóny / jádra reaktoru - Idaho 1954, 1969 Vaud, 1979 Three Mile Islands, 1986 Černobyl, 2011 Fuku-shima atd.; únik radioaktivity - 1980 Saint Laurent, 1986 Hamm; a další),
 - havárie v průmyslu (např.: 1957 Majak u Čeljabinsku – výroba plutonia a přepracování vyhořelého paliva; 1957 Hanford v Richlandu – přepracování jaderného paliva; 1999 Tokaimura – přepracování jaderného paliva; a další),
 - radiační nehody v nemocnicích (např. Mexiko, Brazílie, USA, Španělsko, Maroko, Thajsko, Jižní Afrika, Indie, Egypt, Izrael a další),
 - radiační nehody při přepravě radioaktivních materiálů (např.: při výpadku motoru letadla USAF B-50 s atomovou bombou Mark 4 na palubě; a další),
 - radiační nehody způsobené špatným uložením radioaktivních odpadů (např. okolí řeky Teča na východní části jižního Uralu v oblasti Čeljabinsku),
 - jaderné havárie či radiační nehody ve výzkumných centrech a laboratořích (např.: 1957 v údolí Simi Valley v Kalifornii; Izrael; Čína; Estonsko; Maďarsko; a další),
- od r. 1940 již bylo několik set jaderných havárií ve vojenských objektech, jaderných testů pro vojenské účely a útoků jadernými zbraněmi:
 - útoky (1945 Nagasaki, Hirošima),
 - havárie vojenských reaktorů (např. 1952 Ontario, 1957 Windscale, Sellafield a další),
 - letecké dopravní nehody při přepravě bomb (záznamy jsou od r. 1950),
 - nehody a havárie jaderných ponorek (záznamy havárií jsou od r. 1963),
 - jaderné testy (nadzemní: USA-1032, Rusko-792, VB-88, Francie-212, Indie-3, Čína-47, Pákistán-3, Severní Korea-5; nejvíce podzemních - USA přes 1000 zkoušek v Pacifiku a více než 900 v Nevadě; Rusko – Semipalatinsk, Novaja Zemlja cca 600).

Na některých místech došlo k nehodám a haváriím opakovaně. Z hodnocení vyplývá, že:

- IAEA [227] registruje 1276 jaderných nehod za posledních 14 let v 99 zemích,
- jaderné havárie, jaderné nehody a radiační nehody se nevyhýbají žádnému typu reaktoru, žádné jaderné elektrárny či jinému průmyslovému zařízení používajícímu jaderné technologie a žádnému státu,
- dobře zvládají jaderné nehody jaderné elektrárny s tlakovodními reaktory typu PWR s kontejnmentem (tj. typ, který je v ČR),
- jsou jaderné elektrárny, které přežily jaderné nehody i jaderné havárie a po rekonstrukci obnovily provoz,
- mnoho firem tajilo radiační nehody, jaderné nehody a jaderné havárie před světem i před občanů v okolí, a tím nedošlo k nasazení ochranných opatření u občanů, což není v pořádku ve spojení s deklaracemi OSN o lidské bezpečnosti, prosazovanými od r. 1994 [253], ani s etickými a morálními pravidly všeobecně přijímanými lidskou společností,
- u mnoha jaderných havárií a nehod hrál významnou roli lidský faktor (viz příklady uvedené v následující kapitole). Je skutečností, že i když bezprostřední příčinou byla technická závada nebo chybný úkon obsluhy, tak se vždy našly chyby v dlouhodobém řízení a kultuře bezpečnosti, což znamená, že události spadají do kategorie označované od r. 1981 jako organizační havárie.

Proto nezbyvá jen konstatovat, že jaderná zařízení jsou složitá technologická zařízení typu systémy systémů [4,6], a proto v souladu s výsledky Charlese Perrowa z roku 1980 získanými po důkladné analýze jaderné havárie TMI (Three Mile Islands) [99] je třeba u nich mít po všech stránkách připravenou kvalifikovanou odezvu (personál, odpovědnosti, postupy, materiál, techniku).

Jaderné testy a jaderné útoky a jejich dopady jsou vyhodnoceny v [226,234]. Databáze [81] ukazuje, že existují úmyslné činy osob nebo skupin osob proti jiným osobám s využitím radioaktivního materiálu. Z analýzy databáze vyplývá, že od 14. 2. 1950 jsou údaje o 16 skoro nehodách při vojenských operacích. Předmětné jevy jsou spojeny především s přepravou atomových bomb, kdy bomby byly vyhozeny z letadel s tím, že informace o místech na zemském povrchu a dopadech vyvolaných bombami na zemském povrchu byly buď utajeny, anebo v dokumentaci bylo uvedeno, že k uvolnění radioaktivních látek nedošlo. Proto je, možná nesprávně, zařazujeme mezi skoro nehody.

Databáze [81] obsahuje 414 jevů, tj. radiačních nehod a havárií (z toho 244 bylo zařazeno do nehod). K předmětným jevům došlo při činnostech ve zdravotnických zařízeních, výzkumných ústavech, průmyslových podnicích, přepravě anebo skladování radioaktivních materiálů nebo radioaktivních odpadů. Na základě zkušeností z praxe počet jevů jistě není úplný, protože jsou povinně evidovány až v posledních letech a v řadě zemí stále ještě chybí povinnost jejich evidence. Vybrané informace z databáze jsou:

1. Radiační nehody a havárie jsou zaznamenány od r. 1896. První zaznamenaná událost je z Chicaga v r. 1896 – lékař ozařoval rentgenovými paprsky pacientovi kotník přespříliš, a proto bylo nutno nohu později amputovat. Pacient zažaloval lékaře a vysoudil 10 000 USD. V jiném podobném případě však soud rozhodl ve

prospěch lékaře. Pro informaci uvedeme dále podrobně jen údaje o vybraných radiačních nehodách a radiačních haváriích.

2. Známý případ je případ Marie Skłodowské Curie, která zemřela v důsledku aplastické anémie způsobené vystavením masivnímu ozáření při práci; nepoužívala ochranné prostředky, protože tehdy nebyly účinky tvrdého záření ještě známy. Řada radiačních nehod a havárií je popsána ve výzkumném komplexu Los Alamos (USA). Velmi mnoho radiačních nehod a radiačních havárií bylo od r. 1950 až do současnosti v centru Majak na Urale. Podobně je na tom i výzkumné centrum Idaho Falls ve státě Idaho.
3. K radiačním nehodám dochází i v souvislosti s poruchou úložišť odpadů. Např. v Church Rock v Novém Mexiku došlo k porušení hráze přehrady a přes 1000 tun pevného radioaktivního odpadu v 93 milionech galonů kyselých důlních odpadních vod vyteklo do řeky Puerco. Nečistoty putovaly 130 km po proudu do Navajo County v Arizoně. Místní obyvatelé, kteří byli většinou Navajos a kteří používají řeku Puerco pro zavlažování a chov hospodářských zvířat nebyli varováni, ani později odškodněni, i když roztok hlušiny měl hodnotu pH 1.2 a aktivitu alfa částic 128 nanocuries (4.7 kBq) na litr, a obsahoval radioaktivní uran, thorium, radium, polonium, kovy, včetně kadmia, hliníku, hořčíku, manganu, molybdenu, niklu, selenu, sodíku, vanadu, zinku, železa, olova a vysokou koncentraci síranů.
4. K radiačním haváriím dochází na mnoha místech a při různých situacích. Např. v Praze v roce 1982 byl ze zahraničí přijat dopravní kontejner obsahující radiografický zdroj iridia ^{192}Ir . Mýlně byl identifikován jako prázdný, a tak s ním bylo zacházeno, což mělo za následek radiační poškození kůže na pravém palci pracovníka, jehož tělo obdrželo dávku asi 0.2 rad. Další příklad ukazuje nevhodné použití radioaktivní oceli z jaderného reaktoru; ta byla recyklována do prutů, které byly použity při stavbě bytových domů na severním Taiwanu, hlavně v Taipei v letech 1982 až 1984; jde o více než 2000 bytových jednotek a obchodů; asi 10 000 lidí bylo vystaveno dlouhodobě nízké hladině záření. V létě roku 1992 si pracovník elektrárenské Taipower přinesl Geigerův počítač do svého bytu, aby se dozvěděl více a zjistil, že jeho byt byl kontaminován. Navzdory povědomí o problému, majitelé některých budov, které mohly být kontaminovány i nadále pronajímají byty nájemcům. K podobnému případu došlo i v Mexiku a USA, když byl ve městě Ciudad Juarez v Mexiku k výrobě oceli pro nábytek použit šrot kontaminovaný aktivním izotopem kobaltu.
5. Radiační nehody jsou spojené i s úložišti radioaktivních a jaderných odpadů. Např. jsou údaje o únicích radioaktivní vody z úložiště vysoce radioaktivních odpadů z jaderných zařízení v letech 1982-1989; úložiště se nachází severozápadně od Murmansk a 60 km od norské hranice na západním břehu Západní Litsy na poloostrově Kola a je v provozu od roku 1961. Další nehoda tohoto druhu byla v srpnu 1987 v přístavu Koko v Nigeru; zahraniční společnost vysypala chemické odpady v přístavu, přičemž některé z nich obsahovaly radioaktivní materiály. Vyšetřování ukázalo, že 26 pracovníků, kteří zacházeli s odpady, utrpělo chemické zranění spolu s lehkým poraněním, které lze přičíst ozáření.
6. Podle údajů IAEA [227] největší radiační nehoda se stala 13. 9. 1987 ve městě Goiania, v brazilském státě Goiás, kde byl z opuštěného nemocničního areálu ukraden starý zdroj radioterapie s cesiem ^{137}Cs . Následně s ním manipulovalo mnoho lidí, což mělo za následek čtyři úmrtí. Asi 112 tisíc lidí byly vyšetřeno na radioaktivní kontaminaci a u 249 bylo zjištěno, že mají významnou hladinu

radioaktivního materiálu v nebo na svém těle. Z několika míst musela být odstraněna ornice, a několik domů bylo zničeno. Všechny věci uvnitř těchto domů byly odstraněny a vyšetřeny.

7. Nehoda v továrně Acerinox v Los Barrios v Cadizu, která zpracovává kovový šrot, v květnu 1998 zamořila celou Evropu. Došlo k ní tak, že kapsle cesia ^{137}Cs byla roztavena a radioaktivní látka byla uvolněna do atmosféry a rozšířila se po celé Evropě. Jaderné úřady ve Francii, Německu, Itálii a Švýcarsku detekovaly až 2400 microbecquerelů ionizujícího záření ve vzduchu, 1000krát vyššího, než je obvyklé. Popel obsahoval mezi 640 a 1420 Bq na gram (norma Euratomu je 10 Bq / g), což je hodnota dostatečně vysoká, aby mohla být hrozbou pro veřejnost. 7000 tun radioaktivního odpadu bylo uklizeno do močálů v Mendana. Odhadované celkové náklady na úklid, skladování odpadu a ztráty ve výrobě v továrně se pohybovaly okolo 26 milionů USD.
8. Velmi časté jsou radiační nehody rentgenů, jak ve zdravotnických zařízeních, tak v průmyslových komplexech.
9. Během období od května 2004 do května 2005 bylo v nemocnici Jean Monnet d'Épinal ve městě Épinal ve Francii v průběhu radioterapie předávkováno 23 pacientů. Ošetření byla na rakovinu prostaty a dávky byly o 20% vyšší. První příznaky související s radiačním přeexponováním se objevily v létě roku 2005. Jeden pacient v důsledku ozáření zemřel 25. června 2006 a u 13 dalších se prokázalo lokalizované radiační poškození. Ze zbývajících pacientů, 6 nevykazovalo žádné příznaky související s ozářením a 3 zemřeli z příčin nesouvisejících s ozářením. V červenci 2006 bylo zahájeno šetření, které dospělo v září k závěru, že na vině byl softwarový problém v kombinaci s nedostatečným zaškolením obsluhy se softwarem.

V použité databázi jsou i údaje o sebepoškození člověka radioaktivitou; např. nezaměstnaný rentgenolog se ozářil ukradeným zdrojem iridia ^{192}Ir z průmyslové radiografie, což mělo za následek jeho smrt. Je známa řada případů, kdy k otravě vybraného jedince byla použita radioaktivní látka; studentovi byl v období 1. 10. 1994 – 15. 2. 1966 přimícháván spolužáky radioaktivní fosfor ^{32}P ukradený v laboratoři; následky student pociťoval až do r. 1999.

Z analýzy databáze vyplývá, že některé jevy spojené s radioaktivními materiály či radioaktivními zdroji, které měly potenciál poškodit chráněná aktiva, musíme nesprávně označit jako skoro nehody, protože nebyly nalezeny doklady o jejich dopadech na člověka či jiná veřejná aktiva; např. ztráty materiálů či zdrojů způsobené krádeží, zmizení americké jaderné ponorky Scorpion dne 22. 5. 1968.

Všechna místa, ve kterých se vyskytly velké radiační havárie, jsou silně znečištěná radioaktivními látkami; z řady z nich byli lidé evakuováni.

Databáze [81] obsahuje 369 jevů, tj. jaderných nehod a havárií (z toho nehod 270) souvisejících s provozem jaderných zařízení. Je třeba konstatovat, že v důsledku stále přísnějších bezpečnostních opatření řada jaderných nehod v poslední době není doprovázená únikem radioaktivity nebo únik je omezen tak, že se nedostane do okolí jaderného zařízení.

Jaderné nehody a havárie jsou zaznamenány od roku 1942. První zaznamenaná událost sledovaného druhu označovaná jako Leipzig I-IV experiment se stala na zařízení zhotoveném Wernerem Heisenbergem a Robertem Doepeltem pro množení neutronů. Při kontrole zařízení zacílené na zjištění, zda neuniká těžká voda, protože

se objevilo vážné poškození těsnění (zpuchýřování). Po 20 dnech provozu byl přístroj kontrolován za účelem možného úniku těžké vody. Kvůli puchýřům vytvořeným na těsnění byl stroj otevřen. Při otevření se do zařízení dostal uranový prášek. Uran ohřál vodní plášť a vytvořil dostatečný tlak páry, která vystříkla z reaktoru. Hořící uranový prášek se rozptýlil po celé laboratoři a způsobil v objektu větší požár. Pro informaci uvedeme dále podrobně jen údaje o vybraných jaderných nehodách a jaderných haváriích.

Do kategorie jaderných havárií patří i dopravní nehoda amerického pozorovacího letadla B-29 dne 5. 8. 1950 u Fairfield Suisun. Bombardér s 12 výbušnými bombami o hmotnosti 500 liber havaroval při pokusu o nouzové přistání. Přitom vznikl požár a po 15 minutách i výbuch, bylo zabito 19 lidí (posádka i záchranáři) a zraněno dalších 60 osob; výbuch vytvořil kráter 20 yardů napříč a šest stop hluboký a zvuková vlna byla pozorovatelná až do vzdálenosti 30 mil.

V průmyslovém areálu Rocky Flats Plant v Coloradu, který byl v činnosti v letech 1952 – 1992 došlo jak k řadě radiačních nehod i radiačních havárií [81,226,234], tak i k jaderným nehodám a haváriím v průmyslových objektech, při kterých bylo kontaminováno ovzduší, podzemní voda i půda v závodě i v okolí průmyslového komplexu. Např.: v r. 1967 byl písek kontaminovaný plutoniem donesen až do Denveru; 11. 5. 1969 došlo k požáru, průmyslové havárii s kontaminací i okolím; v roce 1973 byla zjištěna v blízkosti Walnut Creek a Great Western Reservoir zvýšená hladina tritia. Některé z prvků se dostaly s odpadními vodami do tří přehrad, a proto byla vystavěna zařízení pro reverzní osmózu k vyčištění odpadních vod. V dalším roce byla nalezena zvýšená hladina plutonia v ornici a bylo vykoupeno dalších 4500 akrů do nárazníkové zóny. V roce 1987 byla zahájena cílená dekontaminace oblasti, přičemž poslední kontaminovaný objekt byl odstraněn v roce 2003, a 13. 10. 2005 byla oblast prohlášena za vyčištěnou.

Za první havárii prokazatelně způsobenou lidským faktorem se považuje havárie v Chalk River v Kanadě, která vznikla 12. 12. 1952. Vedoucí experimentálního reaktoru si během zkoušek náhle všimnul, že část regulačních tyčí je zcela vytažena. Sešel proto o patro níže, kde našel operátora, který otevíral ventily a vysunoval tím z reaktoru celé bloky regulačních tyčí. Ihned vydal pokyn k jejich zasunutí, ale některé zůstaly zaseknuté v horní poloze. Další operátor se dopustil chyby a vypustil vzduch z tlakových nádrží, které měly regulační tyče pohánět. Reaktor, jehož výkon stále rostl, byl nakonec zastaven zaplavením paliva vodou. Voda však začala vřít a některé palivové tyče popraskaly. Do prostor budovy se vylilo přes 4 miliony litrů kontaminované vody, která obsahovala 10 000 Curie radioaktivních látek. Neznámá část z těchto látek unikla do životního prostředí. Reaktor se napolo roztavil a musel být zlikvidován. INES Level 5.

Kyštymská havárie se vyskytla 29. 9. 1957 v závodě Majak na Urale. Jde o třetí nejvážnější havárii se stupněm INES 6. Spad radioaktivního mraku měl za následek dlouhodobou kontaminaci plochy více než 800 až 20 000 km² v závislosti na směru od místa znečištění; nejvíce byl postižen směr severovýchodní, a to především izotopy cesia ¹³⁷CS a stroncia ⁹⁰Sr. Záření z jaderné havárie bylo vystaveno přinejmenším 22 vesnic s celkovým počtem kolem 10 000 obyvatel. Někteří byli evakuováni po týdnu, ale trvalo téměř 2 roky, než došlo k celkové evakuaci. Vzhledem k utajení Majáku, nebyla populace postižených oblastí informována o havárii. O týden později se začalo s jednou evakuací, aniž by docházelo k vysvětlení důvodů pro evakuaci. Nejasné zprávy o katastrofě se začaly objevovat v západním tisku mezi 13. a 14. dubnem 1958 a až v roce 1976 byl rozsah katastrofy znám. Vzhledem k neexistenci ověřitelných

informací docházelo k přehnanému bilancování katastrofy. Byly pozorovány oběti s kůží opadávající z jejich tváře, rukou a jiných částí. Skutečný počet obětí je stále nejistý, protože rakovina indukovaná zářením je klinicky nerozeznatelná od jakéhokoli jiného druhu rakoviny a poměr jejího výskytu lze měřit pouze prostřednictvím epidemiologických studií. Nejčastěji citovaný odhad je 200 úmrtí v důsledku rakoviny, ale původ tohoto počtu není jasný. Novější epidemiologické studie naznačují, že asi 49 až 55 úmrtí na rakovinu mezi obyvateli na břehu řeky může být spojeno s vystavením záření, což zahrnuje účinky všech radioaktivních látek uvolněných do řeky, z nichž 98% pochází z doby před nehodou v roce 1957. Aby se snížilo šíření radioaktivní kontaminace po nehodě, byla kontaminovaná zemina vykopána a skladována v oplocených ohradách, které byly nazývány "hřbitovy na zemi". Sovětská vláda v roce 1968 k zamaskování oblasti vytvořila East-Ural Nature Reserve do které byl zakázán přístup. Ústřední zpravodajská služba USA (CIA) věděla o nehodě Majáku v roce 1957 od roku 1959, ale držela to v tajnosti, aby se zabránilo negativním ohlasům pro rodící se americký jaderný průmysl.

Jaderná havárie „Windscale fire“ v Sellafieldu na severozápadu Anglie z 8. 10. 1957 je největší havárií ve Velké Británii, je oklasifikovaná stupněm INES 5. Byla iniciovaná požárem den předtím, který vedl k přehřátí několika palivových článků v aktivní zóně. Z dokumentů vyplývá, že při zahřívání reaktoru, kterým se měla obnovit zářením narušená struktura grafitu, se porouchal snímač teploty a palivové články začaly hořet a následovalo vznícení jejich povlaků. Když vedoucí směny zapnul ventilátory, aby články ochladil, tak se přívodem čerstvého vzduch palivové články prudce rozhořely. Teplota přesáhla 9000°C a teprve čtvrtý den se podařilo zaplavením reaktoru pěti miliony litry vody požár uhasit. Oheň mezitím zničil 8% paliva v reaktoru a uvolněné radioaktivní látky se rozptýlily přes komín nad Anglii, Wales a severní Evropu. Havárie se obešla bez zranění. Na území 520 km² v okolí elektrárny byl vyhlášen zákaz spotřeby mléka, ten byl odvolán po 44 dnech. Provoz reaktoru již nebyl obnoven. Ve stejném místě byla řada jaderných nehod a radiačních havárií v závodě na přepracování jaderného paliva.

Dne 15. 10. 1958 ve výzkumném komplexu Vinča v blízkosti Bělehradu došlo k havárii výzkumného reaktoru.

Velmi mnoho jaderných nehod od r. 1959 je zaznamenáno v provozu laboratoří provádějících průmyslový výzkum a vývoj v kalifornském Simi Valley a v dalších zemích.

Havárii jaderné elektrárny Three Mile Island z 28. 3. 1979 lze považovat za přelom, který způsobil jak revoluci v chápání bezpečnosti složitých technických děl [99] (první práce Perrowa obsahující podrobné vysvětlení příčin vyšla již v r. 1988), tak i zesílení nároků IAEA na bezpečnost jaderných zařízení. Předmětná havárie začala poměrně nevinně dne 28. března 1979 ráno. Vypovědělo službu čerpadlo sekundárního potrubí a turbína, napojená na potrubí se automaticky odpojila. Ačkoliv reaktor již nevyráběl elektřinu, pracoval dál na plný výkon, což vedlo k růstu teploty a tlaku v hlavním chladícím potrubí a k automatickému spuštění dalších kontrolních mechanismů. Nejprve se otevřel přetlakový pojistný ventil, aby snížil narůstající tlak v potrubí (asi tak jako tryska na Papinově hrnci), a poté se reaktor zastavil. Ani jedna z těchto událostí nebyla neobvyklá, došlo k nim již několikrát. Tentokrát se však situace vyvíjela jinak. Jenže pojistný ventil se zablokoval v otevřené poloze. Tlak v potrubí proto stále klesal, zatímco nádrž, do které ústil, brzy přetekla. Radioaktivní voda zaplavila prostor kolem reaktoru. Proto na řídicím pultu zazněly poplašné signály. Obsluha reaktoru věděla, že nastal problém, ale neznala jeho příčinu - kontrolka ukazovala, že se pojistný ventil

normálně zavřel. Současně selhala náhradní čerpadla, která měla začít chladit reaktor. Byla totiž mimo provoz kvůli v té době probíhající údržbě. Indikátory funkčnosti čerpadla byly náhodou zakryty pohozenými papíry, takže ani tohoto varovného signálu si obsluha nevšimla. Tlak chladicí vody v reaktoru rychle klesal a nastávaly problémy. Reaktor, i když byl již zastaven, stále setrvačností vyráběl asi 6 % tepelného výkonu, který bylo potřeba odvádět a reaktor chladit. Když se spustila havarijní čerpadla, která do reaktoru začala pumpovat hektolitry chladicí vody, tak opět zasáhl člověk - pracovníci obsluhy špatně pochopili situaci a jedno z havarijních čerpadel ručně zastavili. Během několika minut začala voda v reaktoru vřít. Teplota prudce stoupala a začaly praskat palivové tyče. Aniž si to operátoři reaktoru uvědomovali, aktivní zóna reaktoru se začala tavit. A od této chvíle unikaly radioaktivní plyny pod tlakem přímo na oblohu nad okolím elektrárny. Rozsah havárie společnost MetEd několik dní tajila. Teprve po dvou dnech vládní úřady nařídily **evakuaci tisíců těhotných žen a dětí**. V nastalé panice se tisíce lidí rozhodly oblast opustit ve svých autech. Svá obydlí opustilo dalších 200 000 lidí, kteří nedůvěřovali oficiálním údajům a raději byli opatrní. Jen 12 dnů před touto havárií lidé viděli film *Čínský syndrom (The China Syndrom)* z roku 1979, který popisoval podobnou nehodu, a i proto byla veřejnost k událostem v elektrárně tak citlivá. Aby vláda zastavila hromadný útěk obyvatel, přijel 1. dubna 1979 na demonstrativní osobní návštěvu elektrárny tehdejší americký prezident James Carter a pensylvánský guvernér Richard Thornburgh. Následně byla jmenována komise pro vyšetření havárie, která označila za bezprostřední příčinu havárie závadu na bezpečnostním ventilu. Zároveň upozornila na pochybení personálu a jeho nedostatečný výcvik ve zvládnání velkých nouzových situací. Předpokládá se, že do atmosféry bylo vypuštěno cca 2.5 miliónu curie radioaktivního plynu. Následná vyšetřování prokázala, že společnost MetEd tajila a zkreslovala důležité informace o havárii reaktoru a únicích radioaktivity. Během nehody se filtry umístěné na větracích komínech, kterými radioaktivita unikala, ucply a přestaly fungovat. Záznamy z měřících zařízení se podle tvrzení firmy MetEd záhadně „ztratily“! Monitorovací síť nefungovala správně, sběr vzorků proběhl narychlo a chaoticky a velká většina klíčových údajů chybí nebo je nespolehlivá. Existují studie, které popírají dopad havárie na lidi, i studie prokazující následky dopadů havárie na lidi i životní prostředí. Teprve v roce 1985 byl prověřen technický stav reaktoru, koncem 80. let byl reaktor dekontaminován a dán znovu do provozu (licenci má do roku 2034).

Jaderné havárie jsou spojeny i s ponorkami na atomový pohon.

Havárie v jaderné elektrárně Černobyl dne 26. 4. 1986 se stupněm INES 7 šokovala svět. Významnou úlohu měl vodík, který je asi nejčastější příčinou nehod. Vodík, souvisí s provozem jaderných zařízení, voda se v nich v důsledku záření rozkládá na kyslík a vodík a nahromaděný vodík způsobuje výbuch. V technických oborech se někdy hovoří o stigmatu vodíku - nehoda vzducholodi Hindenburg, zkáza raketoplánu Challenger. Těsně po havárii zemřelo 31 osob (zaměstnanců elektrárny nebo hasičů), přes 140 lidí bylo zraněno a více než 100 000 evakuováno. Skutečný rozsah havárie byl zveřejněn až po několika dnech. Od roku 1986 znají slovo Černobyl lidé na celém světě. Vše začalo den před havárií, kdy bylo zahájeno plánované odstavení 4. bloku elektrárny. Před odstavením měl být proveden celkem běžný experiment. Měl ověřit, jestli bude elektrický generátor (poháněný turbínou) po rychlém uzavření přívodu páry do turbíny schopen při svém setrvačném doběhu ještě zhruba 40 vteřin napájet čerpadla havarijního chlazení. Tato elektřina je pro bezpečnost reaktoru životně důležitá: pohání chladicí čerpadla, regulační a havarijní tyče, osvětluje velín i řídicí pult. Plánovaný průběh experimentu zněl: Snížení výkonu na 25-30 % (700-1000 MW

tepelných), což je nejnižší výkon, při kterém je povolen provoz tohoto typu reaktoru. Dále odstavení první ze dvou turbín, následné odpojení havarijního chlazení (aby nezačalo působit během testu) a nakonec přerušení přívodu páry. Problém byl v tom, že obsluha nebyla informována o odpojení elektřiny, a tudíž nesprávně zareagovala, a když pochopila situaci, bylo již pozdě a při zahájeném odstavení se zablokovaly tyče, čímž vznikly podmínky, které vyústily ve výbuch. Již v okamžiku výbuchu zahynuli dva lidé: jednoho srazila exploze z výšky a druhý uhořel. Mezi první oběti patřili také hasiči, kteří nebyli vybaveni ochrannými pomůckami, respirátory ani obleky, což se týkalo dokonce i jednotek, které sloužily přímo na elektrárně. Osudné bylo také to, že hasiči netušili, co je příčinou ohně a že všude kolem nich hoří vysoce radioaktivní zbytky reaktoru. Hasiči v té době stále ještě zalávali trosky reaktoru vodou. Radioaktivní tavenina ale měla teplotu přes 2000° C, takže voda se při styku s ní rozkládala na vodík a kyslík, které vzápětí explodovaly. Navzdory dobrému úmyslu a vinou neinformovanosti tak hasiči situaci ještě zhoršovali. Během pěti hodin po explozi se podařilo zabránit šíření ohně na další budovy elektrárny, zejména na sousední třetí reaktor. Třetí blok byl odstaven až čtyři hodiny po výbuchu čtvrtého reaktoru! V důsledku výbuchu se kusy grafitu povalovaly po celém areálu elektrárny; za pouhých 15 minut byl člověk v blízkosti takového předmětu odsouzen k akutní smrti z ozáření. Vojáci, zejména piloti helikoptér, které na reaktor shazovaly písek, olovo a další materiál, nebyli zpočátku vůbec chráněni proti radiaci. Trvalo tři dny, než armáda svépomocí vybavila helikoptéry alespoň základním stíněním, které chránilo posádku. V jaderné elektrárně bylo v době havárie přes 400 zaměstnanců, tento počet se ještě zvýšil o hasiče. Zahynulo 31 lidí, z toho 28 na následky z ozáření a tři na následky zranění při výbuchu. Akutní nemocí z ozáření různého stupně bylo postiženo 203 lidí. Z okruhu 30 km od elektrárny a dalších silně zamořených oblastí bylo evakuováno 116 000 obyvatel. Mnoho lidí v nejméně zamořených oblastech obdrželo významné dávky (někteří až dvacetkrát více než obdrží během jednoho roku průměrný člověk kdekoli na Zemi, tedy přepočteno na dny to znamená, že někteří byli ozáření během výbuchu 7308 krát více než jiný den). Určení případných pozdějších následků je však složité, avšak platí, že jakýkoliv přírůstek obdržené dávky znamená určité zvýšení pravděpodobnosti vyvolání rakoviny. Úmrtnost se v obci zasažené explozí zvýšila až třikrát. Přes 40 tisíc dětí trpělo nemocí štítné žlázy, dvanáctkrát se zvýšila onemocnění anémií, velmi vzrostl výskyt leukémie. Na Ukrajině byl havárií postižen 1.5 mil. lidí včetně 250 000 dětí, v Bělorusku žije 1.2 mil. lidí na zamořeném území a asi 3.5 mil. osob v oblastech se zamořenou půdou. Dnes je zničený reaktor černobylského bloku číslo 4 skrýt pod mohutným železo-betonovým sarkofágem, jehož cena včetně řešení dalších následků exploze se pohybuje kolem dvou miliard dolarů. Podle expertů je třeba tuto ochranu před radioaktivitou každých 40 let obnovit. Okolo elektrárny jsou dvě zóny: 10 a 30 kilometrová. Oficiálním vlastníkem zón je Ministerstvo Černobylu Ukrajiny. Ve vnitřní zóně je úplný zákaz jakéhokoliv pohybu s výjimkou exkurzí a osob, které pracují v elektrárně. V 30 km pásmu kolem elektrárny probíhá druhá etapa vyklizovacích prací, která navazuje na první etapu probíhající v letech 1986 – 1989. Ta měla charakter nouzový a záchranný. Cílem právě probíhající druhé etapy je skrývka milionů m³ svršku zeminy, která je do hloubky 3 cm zamořena cesiem ¹³⁷Cs a stronciem ⁹⁰Sr. Ze zamořené půdy rostou deformované borovice s hnědo oranžovými, různě pokroucenými korunami. Ve vnější zóně je dědina, do které se především starší lidé rok po havárii vrátili. Dnes jich tu žije asi 600. Na život si nestěžují, dostávají totiž finanční dávky od Ministerstva Černobylu Ukrajiny. Dvakrát týdně jim vozí autobus základní potraviny z území mimo zóny. Ještě nedávno byly v provozu dva reaktory této elektrárny. Dne 15. prosince 2000 byl odstaven poslední z nich na nátlak

západoevropských zemí, a to především z psychologických důvodů. Mnoho lidí tak přišlo o práci. Někteří zaměstnanci elektrárny však zůstávají a pracují na likvidaci, zajištění a pozorování elektrárny. Vstupují do vybuchlého reaktoru a provádějí pozorování a měření. Vše je natáčeno kamerou. Příčiny katastrofy by se daly stručně shrnout takto:

- dvě porušení trvale platných předpisů, jedno nedodržení postupu experimentu a druhé úmyslné zrušení tří automatických ochran reaktoru,
- zastaralá koncepce reaktoru RBMK 1000 (je "nestabilní", má kladnou zpětnou vazbu); výbuch však nebyl nukleární (jako jaderná bomba), ale šlo o výbuch "klasický"; první výbuch způsobil přetlak v uzavřeném prostoru a druhý vodík.

Po zkušenostech z Černobylu jsou dnešní jaderné elektrárny jištěny tak, aby jejich bezpečnost na obsluhu vůbec nezávisela. Jednotlivé důležité systémy jsou zdvojené i ztrojené a nedají se vyřadit z činnosti. Dnes se používají reaktory především tlakovodní, které jsou uzavřené do mohutné neprodyšné železobetonové obálky (kontejnment). V kontejnmentu je reaktor s celým primárním okruhem. Kontejnment snese tlak až 0.6 MPa. V případě havárie se vzniklá pára a tlak v kontejnmentu rychle automaticky likviduje mohutnými havarijními studenými vodními sprchami s přísadou bóru tzv. barbotážním systémem (bór pohlcuje neutrony). V kontejnmentu vznikne naopak podtlak, takže nic neuniká ven. A právě ochranný tlakový kontejnment u varného reaktoru v Černobylu chyběl.

Havárie v Černobylu poškodila rozvoj jaderné elektroenergetiky a některé státy (např. Itálie, Španělsko, Švédsko, Rakousko) dočasně pozastavily nebo zpomalily další realizaci svých jaderných programů. Na odstranění následků havárie se podle některých zdrojů mohlo podílet až 600 000 osob, z nichž asi 150 000 potřebuje dnes zvláštní pozornost a péči.

Nedůvěru v jadernou energetiku zvýšila ještě havárie v jaderné elektrárně Hamm v Severním Porýní-Vestfálsku, ke které došlo 4. 5. 1986, tj. jen 6 měsíců poté, co byla připojena k rozvodné síti. Při havárii došlo k úniku radioaktivního prachu do životního prostředí. Provozovatelé incident bagatelizovali a po několika týdnech elektrárnu opět zprovoznili. Reaktor měl technické potíže s palivovými články, které se lámaly častěji, než se předpokládalo. Po 80 incidentech byla elektrárna odstavena z provozu; dne 10. října 1991 byla 180 metrů vysoká suchá chladicí věž, která byla nejvyšší chladicí věží na světě, s pomocí výbuchu rozebrána a v období od 22. října 1993 do dubna 1995 bylo zbývající palivo vyloženo a transportováno do meziskladu v Ahaus. Zbývající zařízení bylo "bezpečně uzavřeno" a k demontáži nedojde před rokem 2027.

Jaderná havárie se stupněm INES 4 vznikla 30. 9. 1999 v závodě na přepracování uranu provozovaného JCO (Japan Nuclear Fuel Conversion Co.) dceřiné společnosti Sumitomo Metal Mining Co. v obci Tōkai, okres Naka, prefektura Ibaraki. K nehodě došlo, když tři pracovníci připravovali malou dávku paliva pro experimentální rychlý množivý reaktor pomocí uranu obohaceného na 18,8% se štěpnými radionuklidy ^{235}U . Příčinou nehody bylo rychlé přidání roztoku dusičnanu uranylu, který obsahoval asi 16 kg uranu do srážecí nádrže. Tím se výrazně překročil limit 2.4 kg a došlo okamžitě k nekontrolovanému jadernému štěpení. Pět hodin poté byla zahájena evakuace asi 161 lidí z 39 domácností v okruhu 350 metrů od budovy. Dvanáct hodin po začátku incidentu byli požádáni obyvatelé v okruhu 10 kilometrů, aby zůstali preventivně doma a toto omezení bylo zrušeno následující odpoledne. Ozářeno bylo údajně přes 600 osob, dva pracovníci zemřeli. Reakce byla zastavena až druhý den. Havárie byla

dosud označována za nejhorší jadernou havárii v Japonsku před havárií ve Fuku-shima a třetí nejhorší na světě.

Jaderná elektrárna Kashizawaki-Kariwa (Japonsko) byla 16. 7. 2007 postižena zemětřesením s magnitudem 6.6 (Richterova stupnice). Se svými 7 jednotkami jde o největší jadernou elektrárnu na světě s čistým elektrickým výkonem 7 965 MWe. Zemětřesení s epicentrem vzdáleným od elektrárny jen 19 km způsobilo materiální škody a malý únik radioaktivních látek; reaktory byly postaveny v souladu s normami nutnými pro zemětřesení a při zemětřesení řádně odstavily. Po zemětřesení se zjistilo, že zemětřesení způsobilo, že chybí data o provozu reaktoru z intervalu cca 20 minut. Dalším zjištěným nedostatkem bylo, že chybělo místo pro řízení odezvy na požár, který vznikl v důsledku zemětřesení. Proto byla elektrárna odstavena po dobu 21 měsíců a byla restartována až po seismických úpravách v roce 2009. Po zemětřesení 11. 3. 2011 byly opět všechny restartované jednotky odstaveny a byla provedena bezpečnostní vylepšení.

Jaderná elektrárna Fuku-shima Daiichi byla dne 11. 3. 2011 postižena zemětřesením o síle 9 stupňů Richterovy stupnice a silným tsunami s třemi nárazy vln dosahujících výšku až 18 m. Tsunami zatopilo elektrárnu a způsobilo havárii INES 7. Při havárii došlo s velkou pravděpodobností k závažnému poškození tří tlakových nádob reaktoru. Při obnažení paliva v reaktoru vznikl vodík, který byl následně příčinou tří mohutných explozí. Exploze zásadně přispěly k úniku a rozptýlení štěpných produktů, které dočasně způsobily okolí elektrárny neobyvatelným a také dočasně ekonomicky znehodnotily široké oblasti jinak velmi úrodné zemědělské půdy. Příčiny havárie je nutné hledat již v čase před samotnou havárií – nedostatečná připravenost personálu na možné havarijní stavy, zanedbávání připomínek regulačních úřadů, chyby v japonské legislativě týkající se regulačních úřadů a k havárii svojí měrou přispěly i kulturní předpoklady, zejména japonská hierarchie. Byly objeveny i chyby v zadávacích podmínkách u parametrů pro zemětřesení i tsunami – např. u tsunami byla brána jen data od r. 1890 (pro srovnání 30 km vzdálená jaderná elektrárna Onagawa ustála zemětřesení i tsunami, protože v zadávacích podmínkách zvažovala tsunami od r. 860).

Přes 150 000 obyvatel muselo být evakuováno z potenciálně nebezpečného okolí elektrárny z důvodu šíření štěpných produktů, ale prozatím nebyla potvrzena žádná úmrtí nebo nemoci způsobené ozářením. Více než 1000 evakuovaných obyvatel zemřelo na následky samotné evakuace, ať již kvůli pokročilému věku, nebo z důvodu chronických onemocnění.

Ničivá katastrofa tedy odhalila spoustu chyb v přístupu společnosti TEPCO k jaderné bezpečnosti, dále ukázala na roztržičnost vedení po katastrofě a odhalila nebezpečnou laxnost kontrolních úřadů. Právě kvůli nedostatečné informovanosti japonské veřejnosti byla po havárii velmi prudká reakce vůči pokračování jaderné energetiky, což byl vedle bezpečnosti další z důvodů k odstavení zbylých japonských jaderných elektráren. Havárie se stala podnětem k politickým debatám o jaderné energetice po celém světě a vedla i k odborným debatám ohledně jaderné bezpečnosti. Kromě toho došlo ke vzniku nového jaderného regulačního úřadu, jenž oproti minulému nespadá pod Ministerstvo ekonomie, obchodu a průmyslu, ale pod Ministerstvo životního prostředí.

Zemětřesení poškodilo rozvodné elektrické sítě spojující elektrárnu s rozvodnami, následkem čehož byla elektrárna bez jakéhokoliv vnějšího zdroje elektrické energie. Z

toho důvodu došlo k automatickému spuštění záložních diesel generátorů, které však nebyly schopné provozu.

Situace byla stabilní, dokud vlny tsunami vyvolané zemětřesením nezaplavily a nezničily záložní diesel generátory, čerpadla mořské vody, elektrické vedení uvnitř elektrárny a zdroje stejnosměrného napájení. Ztráta elektrické energie znemožnila použití měřících přístrojů a značně omezila funkce blokové dozorny. Nebylo možné zjistit hodnoty hladiny vody a tlaku v reaktoru a další klíčové parametry, což v důsledku znamenalo zbytečné prostoje a nedostatečně rychlé reakce na rapidně se zhoršující stav havárie.

V důsledku ztráty elektrické energie a nedostatečné připravenosti provozovatelů na takovou situaci docházelo postupně ke ztrátě záložních systémů chlazení na jednotlivých blocích. Nejhorší situace byla z počátku na bloku 1, kde se dá předpokládat první poškození aktivní zóny okolo 19:00 v den havárie. Po obnažení paliva dochází k nárůstu teploty palivových proutků vyrobených ze slitiny zirkonia. Když povrchová teplota palivových proutků překročí 900 °C, tak se výrazně exotermickou reakcí s vodní párou zvyšuje množství zirkonia, při níž vzniká oxid zirkoničitý a vodík. Vodík unikal z tlakové nádoby reaktoru a hromadil se ve vrchním patře budovy. Po dosažení výbušné koncentrace došlo k jeho explozi a hoření, což se na bloku 1 stalo v 15:36 den po havárii. Výbuch vážně poničil vrchní patro a rozmetl trosky do širokého okolí, což dále zkomplikovalo snahy o zvládnutí havárie. Výbuch také narušil těsnost vrchního patra na bloku 2, proto v něm nedocházelo k hromadění vodíku a následnému výbuchu.

Postupem času došlo k obnažování a tavení paliva i na bloku 2 a následně i na bloku 3. Na bloku 4 k poškození aktivní zóny nedošlo, neboť v ní nebylo žádné palivo. K výbuchu na bloku 3 došlo stejným způsobem jako na bloku 1. Také na bloku 4 došlo k explozi vodíku, protože ten se k němu dostal z bloku 3, který s blokem 4 sdílí odvětrávací systém SGTS (Stand-by Gas Treatment System).

Po ztrátě všech dostupných systémů chlazení se na jednotlivých blocích započalo se vstřikováním vody do tlakové nádoby reaktoru pomocí požárních cisteren. Aby bylo možné tohoto vstřikování docílit, museli operátoři složitě odtlakovat reaktor, čímž se dále zvyšovalo množství uniklých štěpných produktů. Nejdříve se do reaktoru dodávala slaná voda, která nahradila sladkovodní vodu. Tento způsob chlazení se používal do té doby, než se podařilo získat elektrické napájení, k čemuž došlo 22. března 2012.

V prosinci 2011 došlo u všech reaktorů k dosažení stavu, při kterém je teplota v tlakové nádobě reaktoru pod 100 °C a únik štěpných produktů do atmosféry tak byl již minimální. Takovýto stav se nazývá studená odstávka („cold shut-down“). Bloky 5 a 6 byly již v době zemětřesení ve stavu studené odstávky a havárii se na nich přes počáteční problémy podařilo zvládnout bez poškození reaktorů.

V jedné z jímek, v nichž se zachycuje radioaktivní voda unikající z reaktoru č. 2, se 2. dubna objevila trhлина. Následovaly neúspěšné pokusy o ucpání praskliny betonem a polymery. Nakonec bylo úspěšně použito až tzv. tekuté sklo. Tím se podařilo zastavit unikání vysoce radioaktivní vody přímo do Tichého oceánu. Přibližně ve stejné době bylo do oceánu řízeně vypuštěno 11 500 tun mírně radioaktivní vody, aby se uvolnily prostory pro skladování vysoce radioaktivní vody unikající z reaktorů do okolních budov.

Vzhledem k tomu, že při chlazení přehřátých reaktorů byla použita mořská voda, došlo k poškození chladicích systémů. Navíc v několika reaktorech došlo k roztavení paliva.

Japonský premiér Naoto Kan prohlásil, že elektrárnu bude potřeba odstranit. Japonsko již požádalo o pomoc s odstraňováním následků havárie francouzské jaderné korporace Areva a EDF a je možné, že do prací budou zapojeni i odborníci z jiných států. Poradce premiéra Keniči Macumoto sdělil 13. dubna médiím, že podle odhadu bude 20 let nejbližší okolí elektrárny neobyvatelné. Japonská vláda však toto prohlášení záhy dementovala.

V současné době dochází také k odstraňování palivových souborů z bazénu pro vyhořelé palivo na bloku 4.

Při havárii došlo k úniku velkého množství zdraví škodlivých štěpných produktů. Přesné množství není možné stanovit a odhady se značně různí. Podle jedné studie došlo např. k úniku až 20 500 TBq radioaktivního césia ¹³⁷Cs. Pokud nepočítáme stále probíhající úniky do podzemních vod, do konce března 2011 došlo k úniku 99% z celkového množství uniklých štěpných produktů. V srpnu roku 2013 došlo k úniku 300 m³ radioaktivní vody, což bylo na stupnici INES ohodnoceno stupněm 3. Podle japonského ministerstva životního prostředí je možné naměřit roční dávku radiačního záření ve vzduchu o hodnotě 5 mSv na ploše zhruba 1800 km² v okolí elektrárny.

Z důvodu havárie došlo k znehodnocení zemědělské půdy v širokém okolí elektrárny, a to hlavně césiem-137 s poločasem rozpadu 30 let. Znehodnocení je také zapříčiněno odporem obyvatel k produktům z širokého okolí elektrárny. Mimo to bylo potřeba omezit rybolov, neboť chycené ryby vykazovaly zvýšené úrovně radiace – příkladem budiž ryba chycená v únoru 2013, jež obsahovala 740 000 Bq/kg radioaktivního césia, což je hodnota překračující zdravotní limity 7400 – krát. Třebaže hodnoty radiace naměřené v dnešní době (k 2/2015) v zemědělských produktech z prefektury Fuku-shima jsou již bezpečně pod zdraví nebezpečnými hodnotami, strach stále přetrvává.

Havárie v jaderné elektrárně Fuku-shima I vyvolala mezinárodní politickou diskuzi o dalším využívání jaderné energie. V Německu tato havárie způsobila obrat v energetické koncepci, což v důsledku vedlo k tomu, že vláda neprodloužila jaderným elektrárnám provoz, a navíc po bezpečnostních prověrkách bylo 7 z nich dočasně uzavřeno. Tento krok způsobil růst cen elektrické energie na německém trhu až o 18 % již v dubnu 2011. Bavorský odpor vůči atomu obnovil i snahy o odstavení jaderné elektrárny Temelín. Od roku 2015 se i v Německu jedná o možném a možná i nutném prodloužení provozu některých jejich jaderných elektráren po roce 2022.

V samotném Japonsku po předemné havárii došlo ke zrušení některých projektů nových bloků jaderných elektráren a s velkou pravděpodobností bude ukončen i japonský projekt rychlého reaktoru Mondžú ve městě Curuga. Tento projekt již dlouho provázejí nehody. Reaktor byl v provozu dohromady asi jen rok, přestože byl spuštěn již v roce 1995. Zrušení projektu ale bude znamenat velkou ránu pro japonskou energetickou koncepci, neboť s přechodem na rychlé reaktory se počítalo.

Podle zprávy japonské parlamentní vyšetřovací komise katastrofu nezavinila přílivová vlna tsunami, ale člověk. „Šlo o havárii způsobenou člověkem. Bylo jí možné předvídat a měla být předvídána. Dalo se jí zabránit a mělo se jí zabránit,“ uvádí komise. Zpráva kritizuje nekvalitní zákony regulující jadernou energetiku, nedostatečnost bezpečnostních opatření, chyby vedení elektrárny a státního dozoru i špatné reakce po nehodě. Zpráva proto doporučila posílit dozor vlády v oblasti jaderné energetiky.

Provoz žádného jaderného zařízení není bez poruch; v dostupných zdrojích jsou na základě zkušeností z praxe záznamy jen o těch závažnějších. Např.:

1. Podle dat v [226] v jaderné elektrárně Saint Laurent (Francie) dne 17. 10. 1969 byla vážná nehoda způsobena chybou v programu, kterým se ovládala výměna článků a porušením několika předpisů; nehoda se stejnou příčinou byla v r. 1980. Další vážná nehoda byla 12. 1. 1987 kvůli ucpání potrubí, které přivádělo vodu z řeky do chladicí nádrže, a selhání diesel generátorů. Po ní byla nehoda 12. 5. 2004 způsobená netěsností na parogenerátoru a nehoda způsobená dalším selháním technického zařízení vedla k odstavení reaktoru 19. 8. 2011.
2. Podle dat v [226] v jaderné elektrárně Sosnovy Bor spuštěné v roce 1974 byla do dnešního dne celá řada jaderných nehod a několik jaderných havárií; závažnější byly např. 7. 1. 1975 a 6. 2. 1975, kdy došlo k obětem na životech a k dopadům na rozsáhlé okolí.

Mezi skoro nehody v jaderných elektrárnách patří např. události, ke kterým došlo v roce 1980 v jaderné elektrárně Rancho Seco v Kalifornii: dvojtunový kontejner spadl z jeřábu v reaktorové hale a doslova o pár centimetrů minul nádobu reaktoru; několik týdnů poté byl na stejném laně přepravován kontejner o váze 7 tun. Kdyby některý z kontejnerů spadnul na reaktor, mohl by jej natolik poškodit, že by nastal velký únik radioaktivity. Elektrárna však události šest let tajila.

K další vážné skoro nehodě související se stavem technického vybavení jaderné elektrárny došlo 1. 3. 2006 v jaderné elektrárně Kozloduj v Bulharsku; z 60 regulačních tyčí v reaktoru se ukázalo, že 22 je nefunkčních, což by znamenalo, že v případě potřeby nouzového vypnutí při ztrátě chladicího média, by nebylo možné rychle zastavit reaktor, což by mohlo vést k roztavení aktivní zóny.

Vážnější skoro nehoda je doložena v jaderné elektrárně Oak Harbour v okrese Ottawa v Ohio ve Spojených státech, přibližně 25 kilometrů východně od města Toledo. V lednu 2003 byl její informační systém podporující řízení jaderné elektrárny nakažen počítačovým červem, což vedlo k pětihodinové ztrátě bezpečnostního sledování v závodě, ale nehoda se nestala.

Všechna místa, ve kterých se vyskytly velké jaderné havárie, jsou silně znečištěná radioaktivními látkami; z řady z nich byli lidé evakuováni.

Dle údajů v pracích [177,254,255] dekontaminace objektů a území po jaderné havárii Černobyl bude dokončena v r. 2048 a pro plán dekontaminace území po jaderné havárii Fuku-shima je v přípravě. Při dekontaminačních pracích problémy jsou s rozebíráním technologických celků a jejich dekontaminací.

Z uvedeného důvodu je dle prací [256-258] přecházeno z důrazu na jadernou bezpečnost na důraz na integrální bezpečnost jaderných zařízení.

Nutnost aplikace integrální bezpečnosti potvrzují závěry práce [72], které jsou odvozeny detailním studiem havárií a selhání jaderných elektráren. Klíčovou roli mají původci organizačních havárií, jejichž společné symptomy jsou:

1. Tlak vedení společnosti na vysokou výrobu, vysoký zisk a snižování nákladů za každou cenu (honba za krátkodobými ekonomickými efekty).
2. Výrobní společnost (i dozorný orgán) je soustředěna spíše na technické otázky, než na otázky související s organizací, řízením a lidmi.
3. Trvalé (časté) změny organizace a vedení (módní heslo z pouček pro mladé manažery: „jedinou naší trvalou jistotou je změna“).
4. Nedostatek efektivního dohledu ze strany vedení společnosti.

5. Organizační izolace (odloučení).
6. Opakování chyb.

Podle [72] společnými příčinami jsou:

1. Nedostatky ve vedení společnosti, nedostatečná prozíravost (rozhled, znalost a schopnost) řídit jedinečné vztahy mezi technikou, ekonomikou, lidskými otázkami a bezpečností v měnících se podmínkách.
2. Přehlížení „varovných signálů“.
3. Nedostatky kritérií pro včasné zásahy dozorných orgánů pro snížení následků zhoršování řízení v oblasti bezpečnosti.
4. Neschopnost některých dozorných orgánů působit na představitele výrobní organizace (až po představenstvo) pokud jsou shledány nedostatky řízení.
5. Nástup nedostatečně kvalifikovaných pracovníků na místa uvolněná po odchodu zkušených.

Celkově dle [72] platí, že: všechny události mají zřetelné kořeny v kultuře bezpečnosti organizace; kořeny příčin havárií a selhání vznikaly mnoho let před nimi a nebyly detekovány; a některé dozorné orgány nevěnovaly v povolovacím řízení dostatek zájmu o oblast organizace a kultury bezpečnosti.

4.1.7. Příčiny nehod a havárií v dalších objektech

Tlaková zařízení jsou i v domech a v budovách veřejných objektů (bojlery, bomby s plynem a plynové spotřebiče apod.). Jejich poruchy a destrukce jsou také zdroji rizik pro lidi a další veřejná aktiva, na nichž jsou lidé závislí. Předmětná problematika není centrem pozornosti předložené publikace, a proto uvedeme jeden příklad spojený s bojlerem. Dle práce [211] došlo v noci (3h30m) na 1. dubna 2002 k výbuchu bojleru v panelovém hotelu Oharka v Lounech, při kterém zahynulo 6 polských turistů.

Vyšetřování ukázalo, že příčinou havárie bylo přehřátí elektrického tlakového ohřívače o obsahu 2000 l vody, nejvyšším pracovním přetlakem 0.6 MPa, nejvyšší pracovní teplotou 80° C, příkonem 22.5 kW. Příčinou přehřátí byl ucpaný pojistný ventil. Vyšetřování havárie odhalilo, že:

- nedostatky v provedení svarových spojů vznikly již při konstrukci zařízení,
- nebyla prováděna řádná údržba ohřívače a přidavných elektrozařízení,
- nebyly prováděny pravidelné inspekce tlakového ohřívače,
- nebyl funkční jistící obvod.

Podle autora práce [211] registruje Technická inspekce ČR i České úřady bezpečnosti práce řadu podobných případů.

Havárie a selhání technických děl jsou i u technických děl, kterými jsou výtopny, malé elektrárny, přehrady, odkaliště, čistírny odpadních vod, sklady, nemocnice apod. [31,33,81,211,239]. Tabulka 31 zpracovaná na základě údajů z archivu [212] shrnuje přehledně zásadní oblasti, ve kterých leží klíčové příčiny havárií nebo selhání (zdroje rizik) civilních technických děl. Z tabulky je zřejmé, že příčiny havárií a selhání

technických děl nejsou jenom technické nebo živelní pohromy, ale spadají do mnoha dalších oblastí, a proto řízení rizik zacílené na bezpečnost musí být velmi propracované a koordinované.

Tabulka 31. Oblasti zdrojů rizik civilních technických děl.

| Kategorie pohrom (příčin rizik) | Příklady vnitřních zdrojů rizik technických děl |
|-----------------------------------|---|
| Technické | Spojené se zařízeními, např. turbínami, stroji aj.: mechanické závady, vibrace, stárnutí materiálu, zatížení atd. |
| Procesní | Spojené s výrobními procesy – úniky nebezpečných látek, výbušný nebo hořlavý materiál, prach, emise atd. |
| Pracovní činnost | Spojené s činnostmi lidí – práce ve výškách, řízení vozidel či bagrů, práce pod vodou, práce v osamocení atd. |
| Pracovní prostředí | Spojené s úpravou podlahy – uklouznutí, zakopnutí a upadnutí; drsný povrch, horký / mrazivý povrch, stísněný prostor atd. |
| Vnější | Dopady živelních pohrom, vnějších havárií, pádu letadla, teroristického útoku na technická zařízení. |
| Chování zaměstnanců | Nedodržování předpisů. |
| Organizační | Špatná organizace práce, velká pracovní zátěž, neadekvátní výcvik, špatné řízení změn. |
| Kontaminace v pracovním prostředí | Hluk, nebezpečné emise, kaluže, louže apod. |
| Finance | Nedostatky a změny ve: výplatách, platbách kontraktorům, daních, dostupnosti materiálu, řízení zásob apod. |
| Řízení výroby / služby | Nedostatky v. dostupnosti lidských zdrojů, realizace výroby / služby, řízení životnosti, řízení kontraktorů apod. |

Pro názornost je z archivu [81] vybráno několik příkladů zdrojů rizik spojených s provozem „běžných“ technických zařízení, která jsou nejen v průmyslu, ale i v bytových objektech, obchodech, nemocnicích, bankách apod., jejichž realizace vedla k menším či větším i velkým selháním a haváriím, tabulka 32.

Tabulka 32. Příklady zdrojů rizik „běžných“ technických zařízení.

| Technické dílo | Zdroje rizik |
|----------------|------------------------|
| Kotelna | Netěsný plynový kotel. |

| | |
|--------------------|--|
| | <p>Nedostatek vody v kotli.</p> <p>Špatná obsluha.</p> |
| Potrubí | <p>Netěsnosti ventilů a uzávěrů.</p> <p>Koroze potrubí.</p> <p>Nedostatečná údržba.</p> |
| Údržba | <p>Použití nezabezpečených pracovních pomůcek.</p> <p>Použití nesprávného nástroje.</p> <p>Práce s otevřeným ohněm ve výbušné atmosféře.</p> <p>Práce pod napětím bez dodržení bezpečnostních pokynů.</p> |
| Pracovní prostředí | <p>Nepořádek v pracovních nástrojích.</p> <p>Nepořádek v okolí strojů.</p> <p>Nepoužití ochranných pomůcek.</p> <p>Nevětrání.</p> <p>Práce ve výškách bez zabezpečení.</p> <p>Práce s nebezpečnými látkami bez ochranných pomůcek a nedodržení pracovních postupů (např. provádění nebezpečných reakcí mimo digestoř či ochrannou obálku / kontejnment).</p> |
| Pracovní proces | <p>Práce na stroji bez ochranného krytu.</p> <p>Nedodržení pracovního postupu – např. náhlé smíchání většího množství látek, jejichž reakce jsou bouřlivé (např. velká havárie v japonské elektrárně na přepracování vyhořelého paliva v podniku na přepracování jaderného paliva v lokalitě Tokaimura v r. 1999).</p> <p>Provoz jeřábů nad hlavami lidí či nad kritickými procesy.</p> <p>Práce s výbušnými či vysoce hořlavými látkami mimo vyhrazený prostor.</p> |
| Doprava | <p>Nesprávná technika jízdy</p> <p>Přetížení dopravního prostředku.</p> <p>Nesprávné upevnění nákladu.</p> <p>Nesprávné prostorové rozmístění nebezpečných látek s ohledem na jejich nebezpečnost.</p> |
| Sklad | <p>Nevhodné podmínky pro dané zboží (vlhkost, nesprávná teplota, kontaminované ovzduší).</p> <p>Nesprávné prostorové rozmístění nebezpečných látek s ohledem na jejich nebezpečnost (viz časté požáry ve skladovacích halách).</p> <p>Nepořádek.</p> |

4.1.8. Příčiny dopravních nehod a havárií

Jako příklad jsou uvedeny tři oblasti havárií v oblasti dopravy; v archivu [81] jsou další.

4.1.8.1. Příčiny dopravních nehod civilních letadel

Pro účely výzkumu byla použita databáze IATA [214], speciální databáze leteckých pohrom [215,233] a speciálně vytvořená databáze nehod civilních letadel pro léta 1996-2016 [216]. Na základě výsledků šetření nehod, které jsou uvedeny v citovaných databázích, jsou v práci [217] roztrženy příčiny nehod a skoro-nehod takto:

Technické – spojené s letounem:

- konstrukční chyba letounu (chybná konstrukce a umístění palivové nádrže, chybná konstrukce výměníků, zřejmé možnosti elektrického zkratu, stabilita apod.),
- špatná údržba letounu,
- nesprávně naložený letoun,
- náhlá technická závada letounu (vysazení motoru, směrového kormidla nebo jiného důležitého zařízení, výpadek klimatizace apod.),
- nedostatek paliva,
- selhání technického vybavení řídicího systému letadla (výpadek přístroje měřícího výšku letounu, výpadek radiového spojení s letištěm apod.),
- nefunkční zálohovaný systém v případě potřeby.

Technické – spojené s letištěm:

- umístění letiště v území (moře, hory, vysoké stavby apod.),
- konstrukční chyba při stavbě letiště (příliš krátká runway, runway ve směru, ve kterém je často protivítr apod.),
- stav runway (konstrukční chyba, nepořádek na letištní ploše, špatná údržba – nerovnosti, led, sníh apod.),
- chybí pozemní radar
- náhlá technická závada přístrojů na řídicí věži (špatná údržba, selhání technického vybavení řídicího systému na dispečerském stanovišti apod.)
- rozmístění techniky pro obsluhu letounu (tankování, vykládka a nakládka zboží, nástup a výstup lidí apod.),
- fyzické zničení letiště (válka, loupežné přepadení, teroristický útok, ...).

Řízení letového provozu – fyzické příčiny:

- umístění letounu na nesprávnou runway,
- překážky na runway,
- nedostatečné radiové vybavení letiště,
- nedostatek znalostí a zkušeností obsluhy letiště (pracovníka navigujícího pohyb letadla po letištní ploše),

- nefunkční pozemní varovný systém udávající minimální bezpečnou nadmořskou výšku letounu u letiště.

Řízení letového provozu – organizační příčiny:

- navedení letounu na nesprávnou dráhu při startu, letu i přistání (kolize letadel, vyjetí z dráhy apod.),
- špatné zvážení meteorologických podmínek (chybné informace pro navedení letadla),
- odeslání chybných instrukcí letadlům kvůli selhání řídicího systému na dispečerském stanovišti (např. v důsledku výpadku elektrického proudu, výpadku PC apod.),
- odeslání chybných instrukcí letadlu kvůli chybě nebo neznalosti dispečera,
- zmatek na dispečerském stanovišti (špatné informace pilotům, zpožděné informace apod.),
- nedostatek pozemního personálu na letištní ploše (srážka letadel apod.),
- chyba pozemního personálu (při navádění letadla, úklidu letiště, údržbě letiště apod.),
- špatně rozdělené odpovědnosti na řídicí věži,
- nedostatečná komunikace s piloty letadel v obslužném prostoru,
- nedostatek znalostí a zkušeností obsluhy na řídicí věži,
- neexistence instrukcí pro podporu pilotů, kteří se dostanou do nenadálých nouzových až kritických situací.

Řízení letového provozu – kybernetické příčiny:

- zkreslení údajů z monitorovací sítě (chybné instrukce pilotům a od pilotů, zmatek na řídicí věži apod.),
- chybný software (nezvažuje všechny možné varianty letových situací, z čehož plynou chybné instrukce pro piloty i personál),
- nedostatečný hardware (špatné vyhodnocení dat, odeslání chybných instrukcí letadlům z důvodu selhání PC, zpoždění zpráv apod.),
- hackerský útok na řídicí centrum vybavení dispečerské věže.

Ovládání letadla:

- chyba pilota při ovládání letadla (kvůli zdravotnímu stavu, únavě, chybné informaci z řízení letového provozu, selhání kritického zařízení letadla v důsledku špatné údržby, chybnému vyhodnocení situace - úhel a rychlost pro vzletnutí a přistání, náraz na plochu, vypnutí funkčního motoru místo vadného, - start, přistávání – požáry, vyjetí z dráhy, vyřazení přístrojů z činnosti v důsledku solární bouře, geomagnetické bouře apod.),
- chyba pilota při vyhodnocení meteorologických podmínek (výboj statické elektřiny, propad letadla, vývrтка apod.),
- chyba pilota při výskytu neočekávaných podmínek (kvůli nedostatečné přípravě na zvládnutí nouzových podmínek - turbulence, snížená viditelnost apod.),

- chyba pilota (nepoužití protinámrazových systémů, nepoužití nouzového volání apod.),
- chyba pilota při přípravě stroje k letu (špatné naprogramování autopilota před letem, špatně nastavený výškoměr, mylně nastavené výchozí údaje, např. u přetlakového systému apod.),
- chyba pilota při ovládání radiostanice,
- chybná spolupráce pilota a posádky,
- chyba pilota při ohlašování (použití chybného volacího znaku letadla - malý rozestup mezi letadly),
- požár nebo dým v pilotním prostoru, prostoru pro cestující, v nákladových prostorech nebo požár motoru,
- špatný úmysl pilota (změna kurzu, nereagování na pokyny z řídicí věže nebo doprovodných letounů apod.),
- neznalost pilota (neučí se postupy ovládání letadla při nenadálých nouzových až kritických situacích - předcházení a zvládnutí vývrtky aj.).

Útok na letadlo:

- raketa / střela z jiného letadla či z pozemního cíle,
- zacílení laseru a oslnění pilota,
- protiprávní čin na palubě letadla,
- špatný úmysl dispečera,
- špatný úmysl obsluhy na letišti (pracovníka navigujícího pohyb letadla po letištní ploše),
- srážka letadla s ptákem.

Výše uvedené údaje ukazují, že příčiny dopravních nehod civilních letadel jsou různorodé a že nejsou jen na straně pilota a letadla, ale i v oblasti řízení letového provozu. Výčet příčin organizačních havárií ukazuje velkou roli lidského faktoru v oblasti civilního letectví.

V letové posádce existuje při řízení hierarchie převzatá z armády, tj. velitel letounu je odpovědný za provedení letu a bezpečnost letadla i všech osob na palubě. Většina dopravních letadel je konstruována jako více pilotní; nejčastěji dvou pilotní. Mezi členy posádky jsou jasně rozdělené úkoly a pravomoci, přičemž je možná chyba kteréhokoliv člena posádky. Pokud jiný člen posádky danou chybu odhalí, musí na ni neprodleně upozornit, a to bez ohledu na své postavení v posádce. Ačkoliv je výcviku spolupráce posádky věnována v poslední době značná pozornost, vyšetřování příčin leteckých nehod stále ukazují, že v kritických situacích stále často převládá přílišný strach a respekt z autorit [233].

4.1.8.2. Příčiny dopravních nehod na železnici

Pro výzkum dopravních nehod byla sestavena specifická databáze dopravních nehod na železnicích [81] pomocí:

- údajů Drážního úřadu z let 2006 – 2015 [218]. Soubor údajů obsahuje 204 podrobných zpráv o dopravních nehodách v České republice a o ztrátách, škodách a újmách, které při nich vznikly,
- údajů o nehodách na železnicích ve světě od r. 1815 [219-224]. Předmětné údaje byly zváženy z důvodu bezpečnosti železniční dopravy v ČR, protože odborníkům je známo, že velké pohromy se vyskytují nepravidelně a zřídka.

Analýza údajů v databázi ukazuje, že příčinou každé dopravní nehody je zpravidla kombinace několika faktorů, a že hlavní příčiny vzniku dopravních nehod a skoro-nehod v provozu drah následující:

Technické – spojené s dopravním prostředkem – lokomotiva, vagony:

- chyba v návrhu nebo při konstrukci drážního vozidla (chybná konstrukce z pohledu stability lokomotivy či vagonů, nevhodné umístění palivové nádrže nebo silového vodiče na svorkovnici v lokomotivě - zřejmé možnosti elektrického zkratu apod.),
- špatná údržba lokomotivy či vagonů,
- špatně provedená technická prohlídka drážních vozidel,
- špatně provedená oprava drážních vozidel (např. lanové ruční brzdy,
- nesprávně naložené vagóny,
- špatně zavřené dveře vagonů (
- náhlá technická závada lokomotivy či některého z vagonů (poškození ložiska v kole, vysazení pohonu, směrového ovladače nebo jiného důležitého zařízení, výpadek klimatizace apod.),
- nedostatek paliva nebo výpadek dodávky elektrického proudu,
- selhání technického vybavení řídicího systému lokomotivy (výpadek přístroje měřícího rychlost, výpadek radiového spojení s dispečinkem apod.),
- nefunkční zálohovaný systém v případě potřeby.

Technické – spojené s dráhou a nádražím:

- umístění dráhy v území (velké stoupání, nedostatečná únosnost kolejového lože, ostré zatáčky, mnoho nechráněných přejezdů, vysoký a bujný porost snižující viditelnost apod.),
- konstrukční chyba při stavbě nádraží (příliš krátký provozní prostor, umístění kolejí ve směru, ve kterém je vysoká budova, která snižuje rozhled strojvedoucího a posunovačů při změně směru drážního vozidla, často protivítr apod.),
- stav kolejí (konstrukční chyba, nepořádek na nádraží, špatná údržba – nerovnosti, led, sníh, vybočení koleje, nalomená výhybka, nepřipevněné kolejnice na pražce apod.),
- neprovádění pravidelných prohlídek trati
- špatně provedená pravidelná technická prohlídka trati (nezjištění nalomené výhybky),
- neprovedení včasné opravy zjištěných závažných závad na trati či signalizačním zařízení
- chybí signalizační zařízení nebo má nedostatečný výkon

- náhlá technická závada přístrojů v dispečinku (špatná údržba, selhání technického vybavení řídicího systému na dispečerském stanovišti apod.)
- rozmístění techniky pro obsluhu drážních vozidel (tankování paliva, vykládka a nakládka zboží, nástup a výstup lidí apod.),
- fyzické zničení nádraží nebo kolejí (válka, loupežné přepadení, teroristický útok, ...).
- umístění vlaku na nesprávnou dráhu,
- překážky na kolejích,
- nedostatečné radiové vybavení nádraží,
- nedostatek znalostí a zkušeností obsluhy nádraží (pracovníka navigujícího pohyb drážních vozidel po kolejích v prostoru nádraží),
- nefunkční varovný systém na nádraží udávající minimální bezpečnou vzdálenost jednoho vlaku od druhého, když jsou na jedné koleji.

Řízení drážního provozu – organizační příčiny:

- špatné postavení vlakové cesty,
- nespuštění závor či zvukového signálu před příjezdem vlaku ke křížení trati se silnicí či cestou,
- ponechání překážek na trati
- nedostatečné označení tratí,
- nedostatečné označení křížení tratí se silnicí či polní cestou
- navedení vlaku na nesprávnou kolej při vjezdu do nádraží, jízdě i výjezdu z nádraží (kolize vlaků, vykolejení apod.),
- výpravčí vyhodnotil špatně zprávu od policie a zastavil dopravu na jiné trati, než na té, na které byla překážka
- nepředání zprávy o požáru na určité trati strojvedoucím příslušných vlaků
- špatné zvážení meteorologických podmínek (chybné informace pro strojvedoucího),
- odeslání chybných instrukcí vlakům kvůli selhání řídicího systému na dispečerském stanovišti (např. v důsledku výpadku elektrického proudu, výpadku PC apod.),
- odeslání chybných instrukcí vlakům kvůli chybě nebo neznalosti dispečera,
- zmatek na dispečerském stanovišti (špatné informace strojvedoucím, zpožděné informace apod.),
- nedostatek pozemního personálu na nádraží (srážka vlaků apod.),
- špatná údržba či osvětlení nástupišť,
- špatná komunikace mezi výpravčími při stavění cest vlaků
- nezabezpečení jízdy posunovaného dílu
- posunovači nebyli vybaveni červeným světlem
- posunovači nedostatečně vyškolení
- nezajištění střežení křižovatky dráhy a silnice při posunování vlaku

- chyba personálu na nádraží (při navádění vlaků, úklidu nádraží a kolejnic, údržbě nádraží a kolejnic apod.),
- špatná komunikace mezi dispečerským stanovištěm a firmami provádějícími opravu trati,
- špatně rozdělené odpovědnosti na dispečerském stanovišti,
- nedostatečná komunikace se strojvedoucími v obslužném prostoru,
- nedostatek znalostí a zkušeností obsluhy na dispečerském stanovišti,
- neexistence instrukcí pro podporu strojvedoucích, kteří se dostanou do nenadálých nouzových až kritických situací.

Řízení drážního provozu – kybernetické příčiny:

- zkreslení údajů z monitorovací sítě (chybné instrukce strojvedoucím a od strojvedoucích, zmatek na dispečerském pracovišti apod.),
- chybný software (nezvažuje všechny možné varianty možných provozních situací, z čehož plynou chybné instrukce pro strojvedoucí i personál),
- nedostatečný hardware (špatné vyhodnocení dat, odeslání chybných instrukcí strojvedoucím v provozu z důvodu selhání PC, zpoždění zpráv apod.),
- hackerský útok na řídicí centrum vybavení dispečerského stanoviště.

Ovládání drážních vozidel:

- chyba strojvedoucího při ovládání vlaku – např. nezareagování na zákaz jízdy za návěstidlo s návěstí zakazující jízdu, nedodržení rozhledových poměrů při špatné viditelnosti. (kvůli zdravotnímu stavu, únavě, chybné informaci z řízení drážního provozu, selhání kritického zařízení lokomotivy či jiného vozidla v důsledku špatné údržby, chybnému vyhodnocení situace – snížená rychlost a nedodržení časového rozvrhu a z toho plynoucí stress, náraz do překážky, vypnutí funkčního zařízení místo vadného, - výjezd a vjezd do nádraží, vykolejení, nepoužití zarážky při zastavení vlaku při posunování apod.),
- chyba strojvedoucího při hodnocení meteorologických podmínek (námraza, sněhové závěje, překážky na trati apod.),
- chyba strojvedoucího při výskytu neočekávaných podmínek (kvůli nedostatečné přípravě na zvládnutí nouzových podmínek – vichřice, snížená viditelnost apod.),
- chyba strojvedoucího (nepoužití nouzového volání apod.),
- chyba strojvedoucího při přípravě lokomotivy k jízdě (špatné prostudování instrukcí před jízdou – např. ohledně nákladu, špatně nastavený měřič rychlosti, mylně nastavené výchozí údaje pro jízdu, např. při přepravě drahého zboží apod.),
- chyba strojvedoucího při ovládání radiostanice,
- chybná spolupráce strojvedoucího, vlakvedoucích a dalších členů posádky,
- chyba strojvedoucího při ohlašování (použití chybného volacího znaku vlaku - malý rozestup mezi vlaky),
- požár nebo dým v lokomotivě, vagoněch pro cestující, v nákladových prostorech nebo požár motoru,

- špatný úmysl strojvedoucího (změna rychlosti, nereagování na pokyny z dispečerského pracoviště nebo od okolních vlaků apod.),
- neznalost strojvedoucího (neumí postupy pro ovládání vlaku při nenadálých nouzových až kritických situacích – překážka na trati aj.).

Útok na vlak:

- raketa / střela z jiného vlaku či z objektu ležícího mimo trať (házení kamenů či jiných těžkých předmětů z mostu nad tratí na vlak aj.),
- poškození železničního svršku nebo náspu,
- protiprávní čin ve vlaku,
- špatný úmysl dispečera,
- špatný úmysl obsluhy na nádraží (pracovníka navigujícího pohyb vlaku na nádraží),
- srážka vlaku s letadlem či jiným letícím předmětem.

Legislativní:

- chybí předpisy pro zabránění postavení špatné cesty na nádražích,
- chybí přesné instrukce pro provádění údržby vlaku, železničního svršku, náspu a okolí tratě,
- chybí texty srozumitelných a přesných instrukcí pro komunikaci mezi strojvedoucími a dispečerským pracovištěm,
- postupy pro provádění technické kontroly drážních vozidel – způsob a časový harmonogram
- absence jednotného systému označení železničních přejezdů, sloužícího k jednotné identifikaci železničních přejezdů z pohledu dráhy železniční a silniční topologie, umožňující přímé informování
- absence požadavků, podle kterých vozmistr posoudí zatížení kol, zda je úměrné

Jiné:

- nevhodné chování cestujících při nastupování, jízdě či vystupování z vlaku (nerespektování pokynů, nekázeň, špatná péče o pohyb dětí ve vlaku),
- podmáčení nebo jiné poškození náspu,
- chování řidičů silničních vozidel na křížení silnice s dráhou (nerespektování značení, zvukového signálu i zábran

4.1.8.3. Příčiny dopravních nehod na silnici

Na základě šetření v USA a UK z r. 1985 [259] příčiny dopravních nehod na silnicích jsou rozděleny následujícím způsobem:

- 57% lidský faktor řidiče,
- 27% kombinace faktoru silnice a faktoru řidiče,
- 6% kombinace faktoru vozidla a faktoru řidiče,
- 3% faktor silnice,

- 3% kombinace faktorů silnice, řidiče a vozidla,
- 2% faktor vozidla,
- a 1% kombinace faktoru silnice a vozidla.

Ke vzniku nehody přispívají design vozidla, rychlost provozu, design vozovky, prostředí kolem vozovky, dovednost a defekty v chování řidiče.

Výsledky podrobného výzkumu dopravních nehod s nebezpečnými látkami na silnicích a železnicích jsou v práci [13]. Nejdůležitější z nich jsou:

1. Celosvětově dle [260] přeprava nebezpečných látek tvoří v zemích EU 5 – 8% celkového objemu přepravy. Dopravní nehody na pozemních komunikacích s přítomností nebezpečných látek jsou dokumentovány od 30. let minulého století a od 70. let se pozoruje jejich strmý nárůst.
2. K dopravním nehodám s přítomností nebezpečných látek dochází na celém světě, a to na silnicích, železnicích, vodních tocích i mořích a oceánech, a též při přepravě potrubími. Jejich příčiny jsou stejné jako u dopravních nehod běžných; následky jsou však enormní kvůli dopadům nebezpečných látek.
3. Na základě dat od r. 1868 shromážděných v [81] jsou tisíce obětí při dopravních nehodách s přítomností výbušnin na železnicích nebo lodích; na silnicích jsou počty menší, protože se přepravují menší množství nebezpečných látek. Velké ztráty na lidských životech a velké škody na majetku jsou při tzv. ropných haváriích cisternových vlaků (6. 7. 2013 v Lac-Méganic v Kanadě a 30. 12. 2013 u Casseltonu v Dakotě), na silnicích pak při dopravních nehodách kamionů s přítomností dusičnanu amonného (např. 9. 9. 2007 u Monclovy v Mexiku). Nejčastěji se ve světě vyskytují dopravní nehody s přítomností ropných produktů, následují dopravní nehody s přítomností: dusičnanu amonného, amoniaku, chloru atd. Dopravní nehody s přítomností nebezpečných látek, jako je bílý fosfor jsou sice ojedinělé, ale mají velké dopady na široké okolí (např. 16. 7. 2007 u Lvova na Ukrajině – zasaženo 14 vesnic s 11 000 obyvateli).

4.2. Případové studie

S cílem ukázat příčiny, průběh a dopady havárií pro názornost uvedeme dvě podrobné případové studie.

4.2.1. Havárie v Unipetrolu v r. 2015

Unipetrol je od roku 2005 součástí polské skupiny PKN Orlen, která je největším zpracovatelem ropy ve střední Evropě. Technické a technologické jednotky firmy UNIPETROL tvořící zařízení a s nimi přímo spojené činnosti jsou lokalizovány v oddělené části areálu CHEMOPETROL, a.s. pod názvem Petrochemie a NTS (nizkoteplotní sklady) [213]. Areál Petrochemie a NTS je situován na pravé straně silnice první třídy I/27 ve směru z Litvínova do Mostu. Součástí areálu Petrochemie jsou výrobní jednotky Etylénová jednotka (etylén, propylen, C4, C5, C9 frakce, benzen, topné oleje) včetně výroby vysokotlaké páry v Energobloku Etylénové jednotky, výroba polyetylenu, výroba polypropylenu, sklady surovin, pomocných látek, meziproductů a

produktů včetně expedice, laboratoře včetně aplikačně technického servisu, Energoblok polyolefinů (PE, PP), zásobování vodou.

Areál NTS navazuje v severní části na areál Petrochemie. V areálu NTS jsou skladovány zkapalněný etylén, propylen, LPG a C4 frakce, je zde prováděna expedice etylénu autocisternami a nacházejí se zde 2 havarijní pochodně (1 pro Etylénovou jednotku a 1 pro výrobu polyolefinů). Soubor zařízení v areálu Petrochemie byl rozdělen na 2 části [213].

První část tvoří výroba polymerů, ve které je: výroba polypropylenu a chemická zařízení na výrobu základních plastických hmot; a výroba polyetylenu a chemická zařízení na výrobu základních plastických hmot.

Ve druhé části je výroba monomerů a aromátů, která se skládá z: etylénové jednotky a chemických zařízení na výrobu jednoduchých uhlovodíků; energobloku etylénové jednotky a spalovacího zařízení o jmenovitém tepelném příkonu větším než 50 MW; a výroby naftalénového koncentrátu, ve které dochází k zhodnocení stávajícího vedlejších produktů [213].

Z použitých zdrojů [36,213,261,262] vyplývá:

- k havárii na polypropylenové koloně došlo 13. srpna 2015 dopoledne; obrázek 30 [36,261] ukazuje požár,



Obr. 30. Požár na polypropylenové koloně; zpracováno dle [36,261].

- očití svědci uvedli a zdokumentovali fotografiemi, že plameny šlehaly do větší výšky než chladicí věže, což je více než 100m,
- dva silné výbuchy vznikly v osmipodlažní administrativní budově vzdálené do místa požáru asi 300 m,

- na zvládnutí havárie se podíleli podnikoví hasiči, profesionální hasiči HZS a hasičské jednotky z plošného pokrytí území, celkem 43 hasičských jednotek a asi 500 hasičů. Zásah byl technicky velmi náročný, musel být vyhlášen zvláštní stupeň poplachu,
- z důvodu ochrany občanů musela být uzavřena silnice mezi Mostem a Litvínovem pro auta i tramvaje.

4.2.1.1. Uvedení do problému

Dle práce [213] příčinou závažných havárií v technických dílech s tlakovými nádobami nebývají tlaková zařízení, ale pojistný ventil. Při selhání určitých technologických funkcí tlakového systému nebo lépe řečeno sestavy tlakových zařízení dochází obvykle ke zvyšování vnitřního tlaku až na úroveň otevíracího přetlaku pojistných ventilů. Pojistné ventily začnou odpouštět tekutinu, a v dané chvíli hraje roli design ventilů, správně stanovený odpouštěný výkon media, a tím dimenze ventilů, umístění ventilů, dodržení zásad pro dimenzování vstupních a výstupních potrubí, zachycení sil a reakcí působících při otevření ventilů a jak jsou odstupňovány otevírací přetlaky pojistných ventilů v kaskádě.

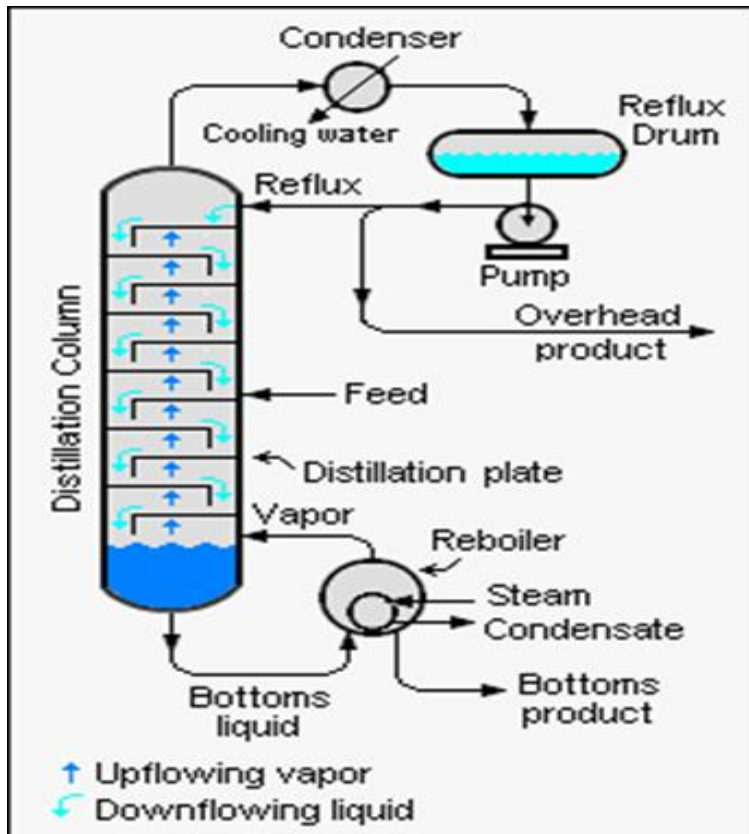
Praktické zkušenosti autora práce [213] ukazují, že při činnosti pojistných ventilů, u nichž nebyly respektovány shora uvedené zásady, dochází k vibracím, kmitání či klepání (chattering) pojistných ventilů, resp. jejich pohyblivých částí. V důsledku toho probíhá rychlé otevírání a uzavírání pojistných ventilů. Výsledné vibrace se přenášejí na připojené konstrukce a mohou způsobit poškození a roztěsnění přírubových spojů hlavně ve spodní přírubě pojistných ventilů. Pokud pojistný ventil pracuje takto po delší dobu (řádově i minuty), může dojít až k totálnímu zničení vnitřních částí ventilu a připojovacího potrubí. Únik nebezpečného media z netěsných přírub pojistného ventilu potom mohou vyústit v reálnou havárii se všemi dopady, tj. výbuch vzniklé směsi pracovní látky se vzduchem a následný požár.

Pro pochopení havárie je nutné pochopit dále uvedené specifické pojmy:

Pyrolýza je proces termického štěpení surovin během velmi krátké doby zdržení, při vysokých teplotách a za přítomnosti vodní páry (tzv. procesní páry). Při pyrolýze probíhají nejrůznější štěpné a polymerační reakce, jejichž meziprodukty jsou volné radikály. Vzniklé nenasycené uhlovodíky podléhají jednak dalším štěpným dehydrogenačním reakcím, jednak postupné polymeraci a polykondenzaci. Při pyrolýze proto vždy vznikají vedle látek s menší molekulovou hmotností, než měla surovina, též těžší podíly až po koks. Tvorbu žádoucích produktů (zejména etylénu a propylénu) obecně podporuje krátká doba zdržení a rychlé ochlazení po výstupu z pece. Při průchodu surovin pyrolýzními pecemi vzniká horký pyrolýzní plyn, jehož vysoká teplota se v kotlích na odpadní teplo využívá k výrobě vysokotlaké páry. Ochlazený pyrolýzní plyn odchází k dalšímu zpracování do primární kolony (také nazývané olejová pračka). V primární koloně se z pyrolýzního plynu oddělují těžší složky.

Kolony pro průmyslovou destilaci používají **reflux (zpětný tok)**, aby se docílilo dokonalejšího rozdělení složek v destilační koloně. Reflux označuje část kondenzované kapaliny z destilační/frakcionační věže, která se vrací do horní části věže, jak je vyobrazeno ve schématu typické velkoobjemové průmyslové destilační kolony (obrázek 31). Uvnitř věže stéká refluxní kapalina dolů a ochlazuje páry stoupající vzhůru. Tím se kapalina obohacuje o výševroucí složky a pára o níževroucí.

Zvyšuje se tak účinnost destilační věže. Čím větší je refluxní poměr pro daný počet teoretických pater, tím lépe věž rozděljuje látky s nižším bodem varu od těch s bodem varu vyšším. Alternativně lze tvrdit, že čím větší je reflux pro požadovanou kvalitu rozdělení, tím méně teoretických pater je potřeba, ale tím déle trvá, než rozdestilujeme dané množství směsi.



Obr. 31. Destilační kolona s refluxem; převzato z práce [213].

Provozní režim na propylenové jednotce je nastaven tak, že chladicí voda (chladivo) reguluje tlak v koloně, tj. podle jejího množství lze usuzovat na velikost refluxu. To znamená, že výkonný chladič rychle zchlazuje polypropylén až zkapalní, a tím se sníží tlak v koloně. Pro případ nedostatku chladiva se připravují specifické postupy, které mají zabránit růstu tlaku nad dovolenou mez (personál musí být vyškolen k jejich realizaci).

4.2.1.2. Popis havárie

Dne 13. srpna 2015 došlo v UNIPETROLU k velké havárii. Dle zdrojů [36,94,213,261] lze sled událostí popsat následovně:

- pracovní režim destilační věže polypropylénu vyžadoval chladicí tekutinu, ale ta nebyla dodána (pozn.: důvodem byla prázdná nádrž chladiva, protože chladivo nedodala outsotsovaná firma [36]),

- nedodání chladiva způsobilo, že na destilační jednotce došel reflux a jednotka se začala přehřívat a zvyšoval se tlak,
- na vzniklou situaci nikdo z obsluhy včas nezareagoval (*pozn.: dohady, protože nebyla jasně stanovená odpovědnost [36]*),
- proto tlak stále stoupal, až dosáhl velikosti, při které v důsledku nastavených režimových opatření došlo k otevření regulačního ventilu (PCH024524ventil DN 200) s pneupohonem na hlavním zásobníku refluxu do odtahu na fléru,
- otevření regulačního ventilu způsobilo, že se otevřel automatický ventil otevíraný tlakem ve spodní části kolony a vypnula se čerpadla refluxu (tím začalo docházet ke ztrátě látky, která unikala do ovzduší),
- aby se zabránilo ztrátám látky, tak operátoři začali přivírat otevřený regulační ventil, a to dříve než bylo obnoveno chlazení; **při následném šetření vyhodnoceno jako chyba obsluhy [213]**,
- v důsledku přísunu chladicí vody začal opět kondenzovat propylén v kondenzačních jednotkách,
- v důsledku kondenzace propylénu postupně tlak na koloně poklesl. Další **problém** nastal v tom, že kapalný propylén neměl kam odtékat; tlakový spád nestačil, protože ventil na velké nádrži destilační kolony byl uzavřený,
- jelikož vypadl signál, kterým se uvádí do činnosti automatický regulační ventil na refluxu FA 407, začala konstrukce zařízení vibrovat (chattering),
- jelikož chladiče byly plné kapalného propylénu, nemohl další plynný propylén kondenzovat, a tak tlak v koloně začal opět stoupat,
- po překročení limitní hodnoty tlaku se otevřel pojistný ventil a rozkmital se,
- vibrace konstrukce a zavření regulačního ventilu před otevřením pojistného ventilu způsobily růst vibrací pojistného ventilu,
- amplituda vibrací pojistného ventilu se zvětšovala, až došlo k rezonanci celé konstrukce,
- v důsledku vibrací spodek ventilu rozbil víko uvnitř ventilu, vlnovec a kuželovou úchytku, a horní část osy ventilu prorazila vrchní čepičku. To způsobilo ránu (silný zvuk), kterou slyšeli pracovníci v kotelně,
- další vibrace vedly k rozbití ventilu, což způsobilo únik plynu vrchem ventilu (dírou v čepičce) a namontovaná čidla zaznamenala kontaminaci ovzduší,
- pokračující vibrace roztěsnily spoj (přírubu) mezi ventilem a kolonou a plyn začal unikat do ovzduší trhlinou,
- v důsledku úniku plynu došlo k poklesu tlaku ve ventilu a vibrace se zastavily,
- mrak plynu se šířil do okolí,
- za určitou dobu se mrak dostal ke kotelně, kde se zvýšila koncentrace plynu a v důsledku místních podmínek došlo k výbuchu a požáru,
- požárem se potrubí v kotelně asi za 5 minut přehřálo, změklo, prasklo a došlo k druhému výbuchu.

4.2.1.3. Výsledky šetření technických příčin havárie

Práce [213] uvádí výsledky šetření technické inspekce takto:

1. K závažné havárii došlo z důvodů porušení integrity zařízení tlakové destilace výroby propylenu a jeho úniku do okolí a výbuchu směsi propylenových par se vzduchem.
2. Závažnou havárii z počátku charakterizovaly krátce po sobě dva výbuchy. První výbuch se stal v čase 08:57 hod. - byl chemické podstaty doprovázen silnou rázovou vlnou.
3. Vybuchující látkou byla směs plynného propylenu se vzduchem v rozmezí mezi výbušnosti (2 až 11 % objemu C₃H₆ ve vzduchu) vzniklá po úniku propylénu z příruby pod pojistným ventilem SV-04-253-1 a z otvoru vzniklého rozbitím krytu – čepičky v jeho horní části.
4. Příčinou byl jev zvaný „chattering“ (rychlé kmitání- klepání) tohoto ventilu.
5. Unikající propylén se šířil směrem ke kotelně (budova 8635) v níž byl jak otevřený plamen v kotli, tak horké povrchy.
6. Po dosažení výbušné koncentrace na některém z míst schopných zapálit směs propylénu se vzduchem v kotelně došlo k prohoření oblaku par vně kotelny až k místu úniku a k explozi propylenových par v prostoru potrubního mostu.
7. Následkem exploze začal unikající propylen hořet v místě úniku, tedy u spodní příruby pojistného ventilu SV-04-253-1.
8. Plamen hořícího unikajícího propylenu z roztěsněné příruby ventilu SV-04-253-1 zasahoval několik metrů – cca 5,5 m - vzdálené potrubí DN 500 s dalšími pojistnými ventily SV-04-253-3 a 4, osazené na odbočce hlavového potrubí destilační kolony DA - 406.
9. Po několika minutách došlo k ohřátí potrubí, jeho materiál - ocel ztratil pevnost a došlo k tzv. vysokoteplotnímu tečení (tj. creepu).
10. Ocelové potrubí se vnitřním přetlakem plasticky deformovalo - zvětšoval se jeho průměr a zmenšovala se tloušťka stěny potrubí, až došlo k jeho roztržení vlivem vnitřního přetlaku.
11. Druhá ztráta integrity tlakového systému způsobila druhý výbuch, při němž tlaková vlna vzniká prudkým uvolněním tlaku z tlakové sestavy v místě potrubí po její destrukci, tentokrát na rozdíl od prvního výbuchu se jedná o fyzikální výbuch.
12. Předmětný výbuch nastal podle rozboru video dokumentace v 9:02 hod. Výbuch nevyvolal tak velkou tlakovou rázovou vlnu jako v prvním případě, ale byl doprovázen vznikem velkého plamene ve tvaru ohnivé koule, dosahující výšky více než 100 m (podle video dokumentace).
13. Uvedený typ požáru vyvolává jen malé tlakové efekty, a tak všechny tlakové efekty druhého výbuchu jsou výsledkem roztržení potrubí, v němž byl přetlak cca 1.2 MPa, podle DSC dat dělicí kolony zanesených do grafu.
14. Následoval požár, výrazně větší než původní a směřovaný opačným směrem.

Pro pochopení vlastního technického problému příčiny havárie jsou dále uvedeny poznatky z prací [94,213]:

1. Pojistné ventily podle platných technických norem a právních předpisů jsou základní a mnohdy i konečnou ochranou proti překročení maximálních dovolených hodnot tlaku v tlakových zařízeních a eliminují riziko jejich destrukce - výbuch fyzikální povahy vlivem překročení limitních hodnot parametru vnitřního přetlaku.
2. Při selhání určitých technologických funkcí tlakového systému nebo lépe řečeno sestavy tlakových zařízení, selhání obsluhy nebo systému měření a regulace dochází obvykle ke zvyšování vnitřního tlaku až na úroveň otevíracího přetlaku pojistných ventilů. Pojistné ventily začnou odpouštět, a zcela nezávisle na příčinách a okolnostech důvodů zvyšování tlaku by měly tlakový systém – tlakové nádoby stabilní, potrubí, tlakovou výstroj atd. - ochránit bezpečným odpouštěním tlakového media ve stanoveném množství. Pojistné ventily jsou často vlastně jediným zařízením, které by mělo zajistit plnou ochranu proti riziku tlaku. Při činnosti pojistných ventilů hraje roli design ventilů, správně stanovený odpouštěný výkon media a tzn. dimenze ventilů, umístění ventilů vůči chráněnému zařízení, dodržení zásad pro dimenzování vstupních a výstupních potrubí, zachycení sil a reakcí působících při otevření ventilů, jak jsou odstupňovány otevírací přetlaky pojistných ventilů v kaskádě, jak jsou pojistné ventily udržovány apod.
3. Chattering (je výraz pro rychlé otevírání a uzavírání pojistných ventilů tj. klepání/cyklický chod, kmitání pohyblivých částí) pojistných ventilů způsobil, že pojistné ventily se paradoxně staly zdrojem závažné havárie a nikoliv zařízení, které je jimi jištěno. Výsledné rázy mohou způsobit poškození a roztěsnění přírubových spojů nebo poškození sedla ventilu a může dojít až k mechanickému poškození vnitřních částí ventilu a připojovacího potrubí.
4. Chattering pojistných ventilů kolony DA 406 označujeme za hlavní, kořenovou příčinu závažné havárie Ethylenové jednotky společnosti Unipetrol RPA, s.r.o. Litvínov dne 13. srpna 2015. Pojistné ventily projekční č. SV-04-253-1 až 4 instalované v tlakové sestavě propylenové kolony DA 406 při činnosti vykazovaly silné vibrace v důsledku chatteringu, které se přenášely na potrubní most a ten kmital se značnou amplitudou až 200 mm. Chattering pojistných ventilů byl ve sledovaném případě způsoben řadou vlivů a jejich kombinacemi:
 - nesprávně stanovený odpouštěný výkon media tzn. dimenze ventilů, použité ventily byly předdimenzovány o 27% viz. datasheet od firmy LUMMUS,
 - nevhodná konstrukce pojistných ventilů SEMPELL VSE5 s nerezovým vlnovcem není příliš odolná proti klepání, vhodnější by byly pojistné ventily s pilotním ovládacím ventilem nebo pojistné ventily s přidavným zatížením, naprosto nedostatečné zachycení sil a reakcí působících při otevření ventilů,
 - nevhodné nastavení otevíracích přetlaků, nejsou odstupňovány otevírací přetlaky pojistných ventilů v kaskádě,
 - nevhodné umístění ventilů vůči chráněnému zařízení nebylo na horní části tlakové nádoby kolony DA 406, i když je vytápěna ohřátou vodou vařáky,
 - dodržení technických pravidel a zásad pro dimenzování vstupních a výstupních potrubí.
5. Při otevření pojistného ventilu, je-li předdimenzován, anebo přívodní potrubí k němu může způsobovat velkou tlakovou ztrátu, dojde při jeho otevření k rychlé ztrátě tlaku před ním, protože se nestačí doplnit stlačené médium odcházející ventilem, tak se pružina pojistného ventilu po krátké chvíli zavře. Tím dojde ke zpětnému

natlakování potrubí před ventilem, ventil se otevře, tlak opět poklesne a ventil se zavře. To se stále opakuje. Výsledkem jsou vibrace o frekvencích kmitu i několikrát za sekundu. V daném případě, použité ventily byly předdimenzovány o 27%. Tento jev je nebezpečný, protože hrozí poškození ventilu nebo armatur a ztráta integrity zařízení doprovázená únikem provozního média. Průběh závažné havárie to potvrzuje. Je třeba vzít do úvahy obrovské síly u tří velkých a těžkých pojistných ventilů vznikající při 100 % - ním uvolnění v důsledku současného náhlého nadzvednutí tří kuželek ze sedel pojistných ventilů. Skupina 3+1 kusů pojistných ventilů (tři ventily jsou v provozním a čtvrtý v záložním režimu) byly seřizeny na identické nastavení otevíracího přetlaku $p = 1.86 \text{ MPa}$ a po tomto náhlém úplném nadzvednutí kuželky všech tří pojistných ventilů se objem vstupního potrubí zcela vyprázdnil ve zlomku sekundy. Vyprázdnění vstupního potrubí po nadzvednutí kuželky je tak rychlé, že se objem potrubí nemůže zpětně naplnit dostatečně rychle, takže dojde k dočasnému poklesu vstupního tlaku, který nemůže udržet kuželku nadále v otevřené pozici, takže se tato vrátí do původní polohy a zvedne se až po dalším cyklu zvýšení tlaku na tlak otevírací. Stejný jev se bude opakovat několikrát během vteřin. Výsledkem budou vibrace a chvění.

6. Na základě dobré inženýrské praxe se doporučuje kaskádovité uspořádání nastavení tlaků u skupiny pojistných ventilů. Avšak žádná technická norma nebo jiný technický předpis nestanoví přesnou hodnotu odstupňování otevíracích tlaků jednotlivých pojistných ventilů. Doporučuje se, buď rozdíl minimálně 0.1 MPa (nastavení po $>3.0 \text{ MPa}$) nebo 3% z otevíracího přetlaku). Při takovémto uspořádání bude pojistný ventil s nižší nastavenou hodnotou tlaku chránit druhý pojistný ventil tím, že uvolní část hmotnostního průtoku a potlačí náhlé nárůsty tlaku v jednotce. Takovéto řešení rovněž zabrání vzájemnému ovlivňování mezi ventily při nestabilním provozu, které by mohlo nastat v případě současného otevření. Pokud je navýšen výtok nad 10% potřebného vypočítaného výtoku, je třeba zvolit omezení zdvihu nebo volit menší dimenzi pojistného ventilu. U velkých průměrů, jako je předmětný DN 250 s plným zdvihem, může dojít k vytvoření významné tlakové ztráty v důsledku nadměrného výtoku reálného použitého pojistného ventilu. Jako empirické pravidlo platí, že ke chvění začíná docházet, když je vypočítaný výtok překročen o více jak 25%. Národní ČSN a mezinárodní normy (DIN/ISO/API/ASME) vyžadují pro dimenzování a volbu pojistných ventilů zahrnutí 10% - ního bezpečnostního přetížení (certifikovaný výtok + 10% = skutečný výtok pojistného ventilu).
7. Výstupní potrubí nebylo dostatečně mechanicky upevněno, což umožnilo, aby potrubí reagovalo na síly vznikající při otevření pojistných ventilů, tak jak jsou tyto popsány dále, a vytvářel se systém umožňující akumulaci části energie (jako mechanické namáhání), která se vrací do následujícího cyklu. Délka vstupního potrubí od hlavy kolony směrem k pozici pojistného ventilu je značně větší než 150 m. Pojistné ventily jsou extrémně citlivé na účinky konstrukčního a technologicky provedení souvisejícího potrubí a veškeré významné normy i ČSN doporučují maximální tlakový pokles 3% pro vstupní potrubí. Při zjišťování skutečného poklesu tlaku na vstupu, oficiální výpočet tlakové ztráty provedený renomovanou firmou dospěl k výsledku 32.3 kPa (asi 1.65% otevíracího tlaku - Δp). Toto znamená, že vstupní tlakový pokles je roven 55% maximálního přípustného Δp 3%. I když se jedná o splněnou podmínku, tak jsou zde další okolnosti přičítající se k přílišným délkám potrubí, které výpočet nezohledňuje. Zde je třeba se zmínit o vlivu možné kombinace následujících faktorů např. nesprávně vyrovnaná přírubová spojení,

defektní těsnění (ploché kroužky nebo pásy), chybně umístěná plochá těsnění (plochá těsnění s nebo bez kovových vstupů), špatně provařené nebo vystupující svary a zejména potrubní větve s ostrými okraji, které zasahují do průtoku nebo jiné nepředvídané faktory.

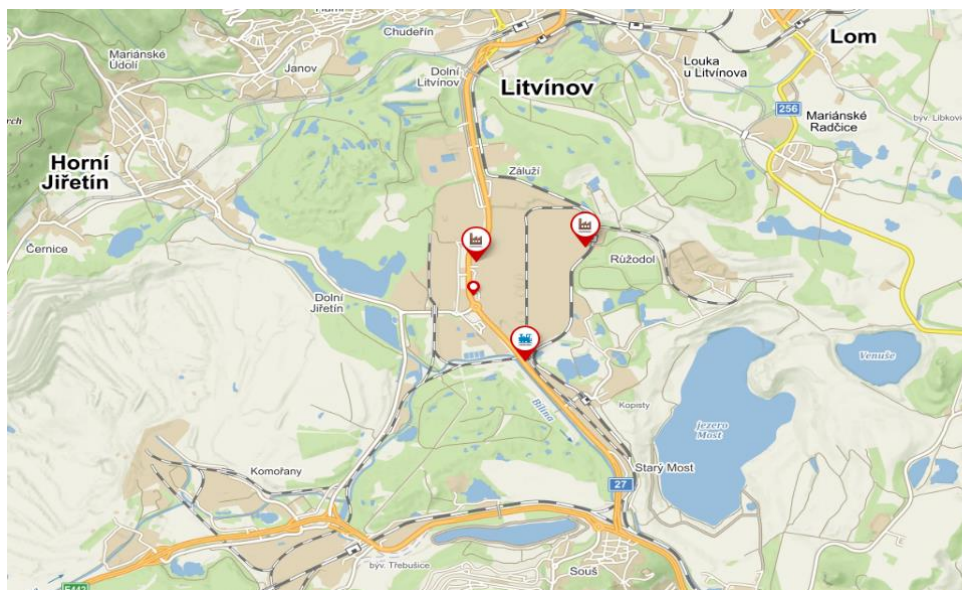
8. V každém případě dlouhá vstupní potrubí sebou přinášejí nepředvídatelné významné riziko, že se průtok stane nestabilním nebo dojde k pulzaci. Pulzace způsobí vibraci pojistného ventilu. Pojistný ventil je zařízením, které je velmi citlivé na tlak. Může dojít k tomu, že registruje turbulence jako měnící se tlak a může dle toho ovlivnit svoji funkci a stát se případně nestabilním.
9. Pojistné ventily byly instalovány bez použití podpůrné konstrukce nebo obdobné fixace tělesa ventilu doporučené výrobcem, takže hmotnost každého ventilu DN 250/300 \approx 280 kg a reaktivní síla větší než 50 000 N (ekvivalentní přibližně síle hmoty 5 700 kg) nebyla zachycena v rámci ocelové konstrukce potrubního mostu během vibrací pojistného ventilu, ale bylo umožněno, aby byla přenesena na přilehlé potrubí.
10. Reakční síly jsou úměrné tlaku a velikosti a jsou nejvyšší u stlačitelných tekutin v důsledku vysoké výstupní rychlosti plynů. Je třeba si uvědomit, že pohyb kuželky a pružiny během chvění vytváří periodickou vratnou vertikální sílu, přičemž síla vypouštěného pracovní látky působí ve směru výstupu a má míjivý charakter. U pojistných ventilů SV 04253 - 1 a SV 04253 - 2 byla pouze dělená příčná vzpěra ve středu sešroubovaná z úhelníku 100 x 100 mm mezi vstupním a výstupním potrubím přivařená k potrubí v místě za uzavíracími ventily.
11. U pojistných ventilů SV 04253 - 3 a SV 04253 - 4 byla příčná vzpěra nahrazena svislou trubkovou stojkou pod výfukovým potrubím pojistných ventilů přišroubovanou do nosných prvků potrubního mostu. Tato výměna opěrných prvků byla vyvolána změnou průměru společného vstupního potrubí z DN 400 na DN 500 z důvodu přepočtu tlakových ztrát přívodních potrubí k pojistným ventilům viz. zpráva a výpočet č. V5031 V z 8.1.1985.
12. Výpočet u přívodního potrubí pro pojistné ventily SV 04253 - 3 a SV 04253 - 4 odhalil vyšší tlakovou ztrátu než 3%, a proto bylo rozhodnuto vyměnit přívodní potrubí DN 400 za DN 500 u SV 04253 - 3 a SV 04253 - 4. Z hlediska změny rozměrové dispozice muselo dojít k změně uložení jak shora uvedeno.
13. Původní upevnění – fixace -pojistných ventilů je zřejmé na výkrese potrubí - potrubní plán potrubní pole III potrubní most „6“ [90,213]. Nové řešení potrubního uzlu nebylo konstrukčně zpracováno a nová fixace pojistných ventilů nebyla pevnostně doložena z hlediska působení reaktivních sil při výfuku. K provedené výměně nebyla předložena také průvodní dokumentace změny tj. materiálová a svarová dokumentace provedené rekonstrukce, výsledky stavebních a tlakových zkoušek a zkoušek NDT atd. Výpočet reakčních sil by ukázal i na nutnost ověření sil u pojistných ventilů SV 04253 - 1 a SV 04253 - 2, jejichž usazení je podstatně subtilnější.
14. Další události předcházející úniku propylenu z poškozeného pojistného ventilu a roztěsněné příruby pod ním nelze označit za hlavní příčiny havárie, protože pojistné ventily na tlakovém zařízení podle technických norem a právních předpisů musí, jako koncové ochranné zařízení - bezpečnostní výstroj, bezpečně odvést pracovní látku v dostatečném množství tak, aby nebyl překročen max. pracovní přetlak včetně jeho povoleného překročení. Pojistné ventily jsou v řádném provozu

zavřené a uvádějí se do činnosti - otevření tehdy pokud se objeví např. technologické problémy, při selhání obsluhy, při selhání měření a regulace včetně selhání omezovačů. Pojistné ventily po dobu provozu tj. více než 35 let údajně nikdy neotevřely, jak uvedli dlouholetí zaměstnanci provozu etylenové jednotky. Pro správnou funkci pojistných ventilů však musí být splněna řada podmínek, jako je vhodná konstrukce, správně stanovená dimenze podle požadovaného výtoku, vhodné nastavení otevíracích tlaků, správně navržené vstupní a výstupní potrubí a dostatečně pevnostně dimenzované uchycení pojistných ventilů podle velikosti reaktivních sil při jejich otevření a vhodné umístění pojistných ventilů vůči jištěnému zařízení. Většina z těchto podmínek nebyla u instalace ventilů propylenového okruhu, jak je výše uvedeno, splněna.

4.2.1.4. Vyhodnocení dopadů havárie

Dle veřejně dostupných zdrojů na internetu ohledání místa havárie trvalo několik týdnů, bylo vyslechnuto více než 1000 svědků a policejní spis má téměř 3500 stran [81,261]. Soud dosud záležitost řeší (prosinec 2019). Havárie způsobila značné materiální škody a z velké části je zaplatila pojišťovna. I když nedošlo k žádnému úmrtí zaměstnanců při havárii, tak byli vážně ohroženi jak zaměstnanci, tak obyvatelé v okolí.

Obrázek 32 zobrazuje rozmístění kritických veřejných aktiv v okolí havarovaného zařízení o poloměru 10 km.



Obr. 32. Okolí Unipetrolu [261].

Tabulka 33 uvádí výsledky šetření, které provedli autoři v místě havárie [81,263], a výsledky z veřejně dostupných zdrojů informací [36,261]. Šetření bylo provedeno formou What, If, popsané v kapitole 3.

Na základě údajů [264] Státní úřad inspekce práce upravil původní pokutu na konečných 1.2 milionu korun za přestupky:

- prostřednictvím dokumentace o ochraně před výbuchem nebylo prokázáno posouzení rizika výbuchu se zřetelem na pravděpodobnost výskytu zdroje iniciace, kterým byl hořící plamen v kotli a horké povrchy v kotelně,
- pro zaměstnance nebyly zajištěny dostatečné a přiměřené informace a pokyny o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci, zejména formou seznámení s riziky a výsledky vyhodnocení rizik,
- výfukové trubky pojistných ventilů nebyly dostatečně uchyceny, tak aby byl zajištěn jejich bezpečný provoz a používání,
- kontaktní manometr propylenové kolony byl nastaven na nesprávnou hodnotu a neplnil tak funkci ochranného zařízení,
- nebylo vyhodnoceno riziko kmitání pojistných ventilů.

Tabulka 33. Dopady havárie na veřejná a podniková aktiva.

| Aktivum | Dopady pohromy na aktivum | |
|------------------------------|---|---|
| OKOLÍ | | |
| Životy a zdraví lidí | Přímé fyzické dopady na lidi nejsou prokázané | |
| Bezpečí lidí | Obyvatelé obcí a lidé na komunikacích v okruhu 10 km byli zasaženi mrakem zplodin; zvukovými projevy spojenými s explozemi; rozlet úlomků doprovázejících exploze nebyl zaznamenán. | |
| Majetek | Přímé škody na majetku nebyly zaznamenány. | |
| Veřejné blaho | Panika a obavy lidí v okruhu 10 km; přispěl k tomu i nedostatek informací – špatná funkce veřejného rozhlasu i sirén IZS. Po 4 dny bylo dopravní omezení na hlavní komunikaci mezi Mostem a Litvínovem, která vede kolem závodu s havarovaným zařízením. | |
| Životní prostředí | Kontaminace ovzduší, povrchové vody, půdy a flóry zplodinami požáru a explozí. | |
| Infrastruktury a technologie | | |
| | Dodávky energií | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. |
| | Dodávky vody | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. |
| | Kanalizace | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. |
| | Přepravní síť | 4 dny byla uzavřena komunikace I/27 kolem UNIPETROLu spojující Litvínov a Most a další silnice; také provoz na železnici mezi Litvínovem a Mostem byl narušen a musel zohlednit vzniklou situaci. |

| | |
|---|---|
| Komunikační a informační sítě | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. Nefunkčnost veřejného rozhlasu a sirén způsobila paniku a obavy mezi lidmi v okolí. |
| Bankovní a finanční sektor | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. |
| Nouzové služby | Náklady na odezvu IZS na havárii, která trvala 5 dní, byly velké; konkrétní údaj v penězích se nepodařilo zjistit. |
| Základní služby v území (průmysl, zemědělství, zásobování, zdravotnictví, likvidace odpadů, sociální služby, pohřební služby) | Přímé škody a ztráty nebyly v jiných podnicích zaznamenány. |
| Státní správa a samospráva | Projevila se její nepřipravenost v oblasti zajištění informovanosti obyvatel. |
| UNIPETROL | |
| Zaměstnanci | Zplodinám hoření, rozletu úlomků, tlakovým vlnám a zvukovým vlnám doprovázející exploze vystaveno cca 250 osob. Přímé škody na zdraví nebyly doloženy. 3132 zaměstnanců bylo evakuováno. |
| Majetek | Na zničené destilační koloně (budova a strojní zařízení) cca 753 mil. Kč. |
| Pracovní prostředí | Kontaminace ovzduší, povrchové vody, půdy a flóry zplodinami požáru a explozí. |
| Personál odezvy | Velké vyčerpání podnikových hasičů (dlouhé pracovní zatížení). Hasiči uvádí několik lehčích zranění. |
| Sítě | Poškození rozvodu tepla; vyčerpání nouzových zdrojů vody; |
| Prioritní zařízení, komponenty | Zničení destilační kolony a přidružených zařízení a kotelny. |
| Omezení provozu | Celkové ztráty na majetku a zastavení provozu 13.4 miliardy Kč. |
| Další | Náklady na činnosti odezvy, úklidu a obnovy pracovního prostředí |

Tabulka 33 ukazuje, že náklady na zvládnutí dopadů havárie jsou velmi rozmanité a mnohé z nich (např. náklady HZS a místních jednotek požární ochrany) platí stát, a ne provozovatel technického díla, které havarovalo.

4.2.1.5. Poučení z havárie

Výše uvedená fakta ukazují, že nesoulad v technických parametrech zařízení vede k tomu, že pojistné ventily za jistých podmínek nemusí plnit svou bezpečnostní funkci a stanou se doslova zdrojem vážných havárií, a to zvláště tehdy, když se k tomu připojí zaváhání obsluhy, jako v daném případě. To znamená, že systém řízení bezpečnosti technického díla obsahující správný plán řízení všech možných rizik, je vysoce důležitý.

Vyhodnocení havárie a odezvy provedené autory publikace na základě principu inženýrství zaměřeného na rizika (risk engineering), které jsou shrnuty v práci [7], a podrobně rozebrány výše, v kapitole 2, ukazuje, že:

- předem nebyly zpracovány: všechny možné scénáře velkých havárií; provozní předpisy pro všechny možné kritické podmínky, a s tím související podrobné scénáře odezvy,
- nebyl zajištěn dostatečný výcvik kritických pracovníků z provozu zacílený na zvládání kritických podmínek,
- nebyla zajištěna dostatečně kvalitní a rychlá odezva na kritické podmínky v destilační koloně kvůli časovému zpoždění při rozhodování o opatřeních, protože jednak řešení konfliktních situací nebylo připraveno, a jednak dle údajů technických pracovníků selhalo příslušné IT zařízení, a navíc nebyly jasně rozděleny odpovědnosti,
- selhala některá opatření vnitřního havarijního plánu, který požaduje zákon č. 224/2015 Sb. (i zákony, které mu předcházely), např. zajištění okamžité informovanosti zaměstnanců a jejich bezprostřední přemístění do úkrytů; panika mezi zaměstnanci, která propukla po explozích, ukazuje na nedostatečný výcvik zaměstnanců v oblasti chování při nouzových situacích i selhání vedení,
- selhala opatření vnějšího havarijního plánu, který dle zákona č. 239/2000 Sb. sestavuje Obecní úřad města Litvínov a schvaluje primátor města, např. nebyla zajištěna informovanost obyvatel, což způsobilo neklid a velké znepokojení obyvatel.

4.2.2. Havárie akumulátoru páry v Rudníku 2010

Akumulátor páry je technické zařízení, kterým se rozšiřuje kapacita energie vyrobené v parním kotli [265]. Když je okamžitý technologický odběr páry nižší, než je výkon zdroje páry (zpravidla středotlakého parního kotle), je technologická pára dodávána přímo ze zdroje páry a přebytečný výkon je využíván pro ohřev vody barbotáží v akumulátoru páry. Při technologickém odběru páry vyšším, než je výkon parního kotle, ještě před tím, než v kotli poklesne tlak páry a kotel se odstaví, je automatikou do technologie dodávána pára z akumulátorů páry, ve kterých snížením tlaku z celého objemu pronukleují bublinky a z nich expanduje potřebné množství páry pro výrobní technologie.

Parní akumulátor sestává z válcovité tlakové nádoby naplněné vodou z 40% až 80% v závislosti na požadavcích kladených na dané zařízení. Pára je přiváděna do akumulátoru pod hladinou vody barbotérem [266]. Barbotér neboli zařízení, které

přímo vstříkují páru do vody, je opatřen řadou otvorů, nebo se skládá z několika trysek plošně rozmístěných pod hladinou, kde se teplota vody ohřáté od páry dále vyrovnává přirozenou cirkulací vody. Barbotéry bývají realizovány i jako injektory, které přispívají ke zvýšení proudění vody, napomáhají rozmíchávání teplejší a chladnější vody v akumulátoru páry. Barbotáž se v akumulátorech páry využívá pro předávání tepelné energie s malými ztrátami. Použitý způsob má výhodu v tom, že na základě fyzikálních zákonitostí se bez vnější regulace, voda v akumulátoru páry ohřeje na teplotu a tlak odpovídající teplotě a tlaku páry, jež je přiváděna z parního kotle. Proto někteří výrobci neosazovali na akumulátory páry ani pojistné ventily a ani tlakoměry s tím, že předmětná výstroj je na parním kotli.

Uvedené řešení umožňuje i legislativa za předpokladu, že nádoba je konstrukčně vyrobená na vyšší přetlak, než je nejvyšší přípustný přetlak na zdroji tlaku a že není mezi zdrojem tlaku a akumulátorem páry žádná uzavírací armatura ani zpětná armatura, čímž je vyloučeno jakékoliv zvýšení přetlaku v nádobě nad nejvyšší přípustný přetlak nádoby [266].

Popsaný nabíjecí a vybíjecí cyklus vysvětluje podstatu akumulátoru páry a dovoluje kotli, aby pracoval v rovnoměrném režimu. Akumulátor páry je tudíž účinným prostředkem, jak poskytnout cenově nejefektivnější cestu dodání páry v diskontinuálním procesu.

Dříve se akumulátory používaly v textilním průmyslu pro úpravu textilních materiálů a dnes se používají tam, kde jsou náhlé a velké odběry páry do zařízení, tj. v případech, ve kterých automatika načasuje velké odběry páry, jako např. zařízení pro vulkanizaci gumových částí nebo pro stroje k výrobě polystyrénu a pro další použití technologické páry.

4.2.2.1. Technické a fyzikální podmínky havarijních stavů akumulátoru páry

Nádoby akumulátorů páry jsou cyklicky namáhané z hlediska teploty i přetlaku a při jejich konstrukci musí být brán zřetel nejenom na základní parametry jako přetlak a teplotu, ale i na nízkocyklovou únavu, která by mohla vyvolat vznik trhlinek na plášti nádoby po určitém překročení cyklů poklesu a stoupenutí tlaku syté vody.

Akumulátory páry jsou vyhrazeným tlakovým zařízením a při porušení celistvosti pláště nádoby je u nich nebezpečí většího rozsahu výbuchu kvůli tomu, že na rozdíl od ostatních tlakových nádob mají velký vodní objem. Při výbuchu energie uvolněná expanzí vody na mezi sytosti, na páru, když k ní dojde náhle v krátkém časovém okamžiku a v celém objemu, je obrovská.

Při zajištění, aby nebyl překročen přetlak v nádobě akumulátoru páry, jak bylo uvedeno, je nutno brát v úvahu i možnost vodního rázu [266]. Ten nevznikne, když je nad hladinou vodní parní polštář nebo je zajištěno pružné prostředí jako jsou tlumiče vodního rázu nebo pojistné ventily. Ke vzniku vodního rázu však může dojít při úplném zavodnění akumulátoru a okamžitým rázovým uzavřením výtoku syté vody z akumulátoru.

Vodní ráz pak vznikne mžikovým nárůstem tlaku v barech na nejméně 10-ti násobnou velikost výtokové rychlosti vody v z potrubí v m/s. Tento vodní ráz se pak šíří rychlostí zvuku ve vodě v ose potrubí a v nádobě způsobí namáhání pláště vysoko nad mez pevnosti oceli a dojde k porušení celistvosti pláště a expanzí vody na páru k dokončení

destrukce nádoby a k rozletu úlomků nádoby do okolí, což je doprovázeno tlakovou i zvukovou vlnou [267].

4.2.2.2. Popis havárie

Avon Automotive, a.s., v Rudníku vyrábí součástky pro automobilový průmysl, zejména různé hadice a další pryžové díly. V podniku pracuje více než 400 lidí, což z něj dělá jednoho z významných zaměstnavatelů v regionu. Areál podniku se rozkládá na okraji obce. Tvoří ho několik převážně starších budov.

Areálem prochází veřejná průjezdní komunikace ve směru od Vrchlabí do obce Rudník – jedná se o silnici č. 32554. Jako zdroje páry byly v kotelně dva středotlaké parní kotle DURO Dakovič a pro akumulaci páry tři akumulátory páry o objemu 30 m³. Pára sloužila částečně k technologickým potřebám pro vulkanizaci gumových výrobků v 9-ti autoklávech a částečně k vytápění objektů. Spojovacím parním potrubím byla pára rozváděna do okolních objektů závodu.

Havárie v podniku Avon Automotive v Rudníku vznikla dne 4.1.2010 [268], obrázek 33. Při havárii došlo k devastaci budov v okolí včetně technického zařízení, obrázky 34-38 [90,266,268] dokumentují dopady havárie. Jeden akumulátor páry byl zcela poničen, druhý akumulátor páry byl odmrštěn cca 70 m a rozlet částí akumulátoru (výrobní číslo 1403) převážně do oblasti 500m a vrchlík dna nádoby byl expanzí odmrštěn do vzdálenosti 2 km od místa umístění nádoby.

Při výbuchu akumulátoru páry bylo zraněno 13 zaměstnanců provozovatele, jeden zaměstnanec cizí firmy. Dva lidé měli smrtelný úraz, dva měli závažný pracovní úraz a ostatní byli ošetřeni bez vzniku pracovní neschopnosti. V době výbuchu byl u objektu kamion, který se převrátil a unikla z něho nafta [268].



Obr. 33. Místo havárie [268].



Obr. 34. Dopady výbuchu [266].



Obr. 35. Část klenutého dna s hmotností 320 kg ve vzdálenosti 2 km od místa původního umístění [90].



Obr. 36. Poškozená budova [90].



Obr. 37. Odlomená část luby nádoby s klenutým víkem o hmotnosti 2 000 kg [90,266] se otočila o 180 ° a zabořila mezi návěs a kabinu kamionu.



Obr. 38. Zbýlá část pláště nádoby o hmotnosti 4 500 až 4 800 kg [90] odlétla do lesa do místa vzdáleného cca 400 m.

4.2.2.3. Technický popis procesu vzniku havárie

V daném případě parní akumulátor 1 (výrobní číslo 1403) a parní akumulátor 2 (výrobní číslo 1402) byly vyrobeny v r. 1999 a skládaly se z válcové nádoby o objemu 30 m³, která byla vyrobena v r. 1999 z uhlíkové oceli. Rozměry nádoby: vnitřní průměr 1970 mm; tloušťka pláště 14 mm; hmotnost 7590 kg. Přívod páry pro ohřev vody byl realizován barbotérem. Tlak v parním akumulátoru byl 15 bar s nejvyšší teplotou 200° C. Tři akumulátory páry byly vyhřívány parou z kotle K2. Kotel K1 byl odstaven z důvodů odstavení výroby přes vánoční svátky. Pára jako vyhřívací médium v parním akumulátoru kondenzovala a postupně zvyšovala hladinu.

Prvotní šetření popsalo vznik havárie pomocí dvou různých hypotéz [266], které se dalšími analýzami případu ukázaly jako nereálné.

1. První hypotéza [269], založená na zvýšení přetlaku zcela zavodněného akumulátoru 1 ohřevem o 3° C na přetlak 54 bar, není reálná z důvodů, protože ohřev vody byl realizován barbotáží, což hlediska fyzikálních zákonů neumožňuje ohřev vody v akumulátoru na tlak větší, než je tlak zdroje páry, tj. parního kotle, tj. hodnoty jeho nejvyššího pracovního přetlaku, který byl 16 bar.
2. Druhá hypotéza [270], založená na vzniku primární trhliny v tlakovém systému tlakové nádoby akumulátoru 1, což vede k jevu BLEVE, odporovala zjištění, že se nepodařilo najít prvotní narušení tlakové části parního akumulátoru na straně páry, popřípadě z něj vedoucího parního potrubí [266]. Navíc dle [266] při barbotáži dochází pod hladinou k proudění páry, v daném případě ze čtyř trysek umístěných na koncích trubek, sestavených ve tvaru nepravidelného písmena „H“. Proudící pára pod hladinou vytváří bublinky, které předávají vodě teplo a většinou pod hladinou zaniknou kondenzací na vodu. Pára ohřívá vodu ve svém blízkém okolí a tato místně ohřátá voda se promíchává s okolní chladnější způsobem přirozené cirkulace vody. K žádnému pronukleování celého objemu bublinkami páry zde nedochází. K pronukleování bublinkami v celém objemu dochází při každém

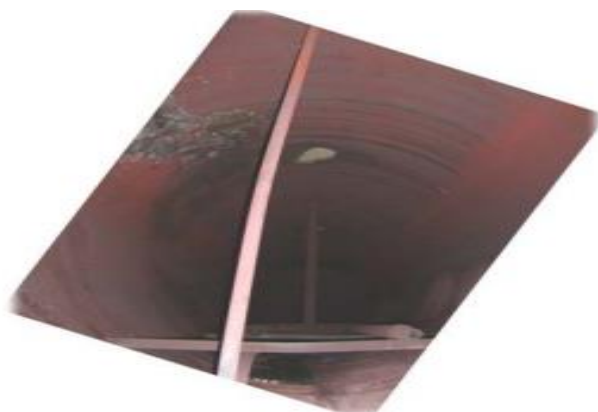
snížení tlaku akumulátoru páry, a je na něm založena akumulace vývinu páry. Dochází k tomu cyklicky při každém odběru páry a po zastavení odběru okamžitě bublinky v celém objemu zanikají. K jevu BLEVE proto nemohlo dojít vznikem netěsností o velikosti trhlinky nebo dokonce utržením celého nátrubku, dokazuje skutečnost, že akumulátor páry 2 při odmrštění tlakovou vlnou do vzdálenosti cca 70 m, měl utrženo všech 8 nátrubků a nebylo to doprovázeno jevem BLEVE.

Oba scénáře havárie znamenají porušení předpisů, což dokumentují dříve zjištěná porušování předpisů vyplývající ze šetření Inspekce i Policie ČR [90]. Nevysvětlují však důsledky poškození nádob a budov a další všechny poznatky zjištěné od svědků.

Z důvodu nereálnosti havarijního děje vyplývajícího z uvedených dvou hypotéz, byla pracovníkem OIP Ústí nad Labem Ing. Ladislavem Ouhrabkou (členem vyšetřovacího týmu OIP v AVONU Rudník) ve spolupráci s doc. Ing. Jiří Ungrem CSc., vedoucím katedry energetických zařízení Technické university Liberec, provedena podrobná analýza možností fyzikálních příčin vzniku destrukce akumulátoru 1 a vytvoření scénáře havárie až následně po skončení vyšetřování, za účelem stanovit konkrétní možnosti opatření, jako prevence pro další provoz akumulátorů páry [266].

Při analýze všech fyzikálních možností a zjištěných údajů a podkladů při šetření příčin uvedené události se ukázalo, že tím, že přes celé vánoční svátky v roce 2009 až do 4. 1. 2010 byla výroba odstavená a akumulátory páry se udržovaly přívodem páry z parního kotle 1 na tlaku cca 14.3 bar a teplotě odpovídající mezi sytosti (cca 200°C), tak kvůli barbotáži a nefunkčnímu snímání hladiny v akumulátoru bylo zcela reálné úplné zavodnění všech tří akumulátorů páry, což dokládá údaj o 100% zavodnění odstaveného parního kotle K1 v 11h dne 3. 1. 2010 při prováděných zkouškách výstroje.

K opětovnému zavodnění kotle K1 došlo při najíždění ve 4h 15m dne 4. 1. 2010. Celkové zavodnění nádoby akumulátoru páry potvrzuje i fotografie vnitřku nádoby akumulátoru páry 2, na které je vidět, že ochranná vrstva magnetitu, která se vytváří pouze pod hladinou alkalické vody, je zřetelná i na nejvyšších místech pláště ze strany vody, tedy i nad běžnou hladinou při provozu akumulátoru (obrázek 39).



Obr. 39. Pohled přes hrdlo do vnitřku akumulátoru páry 2 ukazuje barbotér (čtyři trysky na konci trubek ve tvaru nepravidelného písmena H) a povrch vnitřního pláště akumulátoru opatřeného ochrannou vrstvou magnetitu, která se tvoří jen pod hladinou alkalické vody, což dokazuje, že akumulátor musel být zcela zaplňován a zaplněn vodou tedy i v horní části nad běžnou hladinou vody v akumulátoru [90].

Podmínky pro vznik havárie byly vytvořeny i tím, že na nádobě každého akumulátoru páry nebyl osazen pojistný ventil a mezi akumulátory 1 i 2 a parními kotli, kde byly pojistné ventily, byla na potrubí umístěna zpětná armatura.

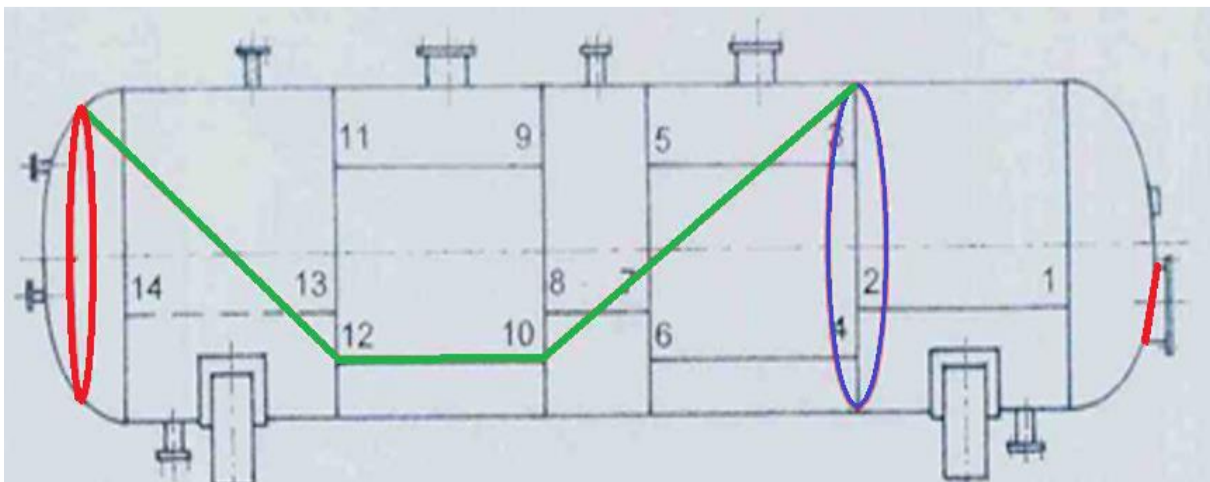
Scénář havárie způsobené výbuchem akumulátoru páry 1 dne 4.1.2010 je dle všech shromážděných faktů způsoben vznikem vodního rázu [266], což dokládají dále uvedené skutečnosti:

1. Dne 4. 1. 2010 těsně po 5h 35m jsou v provozu oba parní kotle K1 a K2 na přetlaku 1.4787 MPa, přetlak páry na rozdělovači v kotelně 1.44 MPa a tři zcela zavodněné akumulátory páry na přetlaku 1.42 MPa s vodou na mezi sytosti o teplotě 199°C. Ve výrobě jsou již založeny čtyři autoklávy se zbožím a uzavřeny a obsluha autoklávů otevírá ruční ventil přívodu páry a otevírá páru ke dvěma autoklávům, a to 4 a 5.
2. Tím je umožněno vpuštění páry z kotelny do uvedených autoklávů. Vzhledem k tomu, že v danou dobu nebyl tlak v centrálním vzdušníku pro výrobu, nebo byl nižší, než je potřebný pro ovládání pneumatických ventilů (uzavření), došlo k proudění páry z kotlů a současně i k proudění syté vody pod tlakem z akumulátorů páry (akumulátory o celkovém objemu 3 x 30 m³) do autoklávů 4 a 5; autoklávy 6 a 7 měly být také tlakovány, ale měly poruchu a obsluha zajišťovala údržbáře.
3. V 5h 35m přišel do kotelny vystřídat topiče z noční směny topič ze směny ranní a zjišťoval, zda je zapnut centrální kompresor pro výrobu. Jelikož dostal odpověď od topiče noční směny, že ne, tak ho šel zapnout do kompresorovny o poschodí níže.
4. Po zapnutí kompresoru se ozvala ohlušující rána. Sytá voda proudící od akumulátorů páry do autoklávů 4 a 5 rychlostí cca 20 m/s, byla zapnutím kompresoru náhle zastavena, v důsledku zvýšení tlaku v rozvodu vzduchu, a uzavřením pneumatického ventilu v cca 5h 37min.
5. V důsledku zastavení proudící páry a uzavření pneumatického ventilu došlo v potrubí od výrobních autoklávů k akumulátorům páry k vodnímu rázu. Vodní ráz byl vytvořen nárůstem tlaku o $\Delta p > \text{cca } 200 \text{ bar}$ a šířil se ve směru osy potrubí směrem k autoklávům rychlostí zvuku ve vodě (tj. rychlostí v intervalu $1000 \text{ m/s} < c < 1434 \text{ m/s}$), cca 0.03 až 0.1s. Předmětný děj byl popsán svědky jako divný zvuk.
6. Po vniknutí vodního rázu do nádoby akumulátoru páry 1, kde se šířil v ose nádoby navazující na potrubí, došlo k nárazu vodní tlakové vlny na obě dvě dna nádoby.
7. Při nárazu došlo k vyražení nejpevnější části nádoby - vrchlíku dna a zároveň na druhé straně k vyražení revizní příruby s víkem.
8. Vrchlík dna nádoby byl po odtržení expanzí vody na páru vymrštěn do vzdálenosti cca 2 km a expanzní vlna páry posunula kamion, který se nacházel před budovou na dvoře, poškodila budovu za kamiónem a způsobila smrt a poškození zdraví osob, které se právě v oblasti působení tlakové expanze páry na dvoře nacházely.
9. Při výtoku páry z otvoru po revizní přírubě s víkem, došlo po jeho odmrštění expanzí vody na páru směrem ke kotelně. Zde kromě poškození izolace a přístřešku akumulátoru páry 3, pára vnikla okny do kotelny a poškodila střechu a způsobila zranění topiče. Jelikož revizní otvor byl mimo podélnou osu nádoby akumulátoru páry, došlo při proudění páry tímto otvorem k momentové síle, která způsobila odlomení prvního lubu zprava pláště (již bez revizního otvoru), který se otočil a expanzní vlnou po vytržení a odražení od vedle stojícího akumulátoru páry

se vpěchoval mezi návěs a kabinu kamionu. Popsaný děj se odehrával v řádu několika málo sekund, ve kterých účastníci popsali zvuk ve formě syčení.

10. Po porušení celistvosti větším než plocha o průměru pláště nádoby akumulátoru páry 1 došlo k expanzi zbytku vody na páru během řádově setin sekundy, což lze označit jako jev - výbuch kolabujících bublin vroucí kapaliny - BLCBE (boiling liquid collapsing bubble explosion).
11. Vzniklá tlaková vlna zbořila část budovy, vedle které byl umístěn akumulátor 1, a na druhé straně akumulátor páry 2 plný 30 m³ vody, který byl odmrštěn cca 70 m ze svého místa a zabořil se do budovy.
12. Samotný zbytek pláště akumulátoru páry 1 (dlouhý cca 7.5 m) byl odmrštěn na protější zalesněný svah cca 400 m od původního umístění nádoby. Směr letu zbytku skořepiny potvrdil směr reakční síly v daném případě.

Obrázek 40 popisuje scénář havárie. První fáze (na obrázku vyznačená červeně), kterou účastníci havárie popsali jako divný zvuk, byla způsobená vodním rázem při rychlosti vytékající vody cca 20 m/s je pak při vodním rázu dynamický nárůst tlaku $\Delta p > cca 200 \text{ bar}$ v tlakové vlně šířící se potrubím a pak nádobou rychlostí nejméně 1000 m/s a současné oddělení části nádoby na dnech v místech označených červeně. V druhé fázi havárie doprovázené zvukem spojeným se syčením páry došlo k oddělení prvního lubu zprava v místě označeném fialově. Ve třetí fázi, kterou účastníci havárie popsali jako hroznou ránu, došlo k rozvinutí zbytku pláště akumulátoru 1 v místech označených zeleně, který odlétl do lesa.



Obr. 40. Scénář havárie. První fáze je zobrazena červeně, druhá fialově a třetí zeleně [266].

Dále lze uvést, že scénář havárie děj byl podrobně stanoven z důvodu stanovení preventivních opatření; je ve shodě s fyzikálními závislostmi a s výpověďmi jednotlivých svědků, a to jak zaměstnanců AVON Rudník, tak i dodavatelských subjektů podílejících se na výrobě, montáži, rekonstrukci akumulátorové stanice páry a prováděné údržby [266]. Analýza dokumentů [266,271] umožňuje na základě

známých fyzikálních jevů odůvodnit postupný průběh havárie a rozmístění částí nádob po havárii.

4.2.2.4. Výsledky šetření havárie

Protože došlo k úmrtí osob, byla havárie šetřena státními orgány; uvedeme výsledky požární inspekce a oblastního inspektorátu práce-

Požární inspekce [269] uvádí dopady havárie takto:

1. Byla přerušena dodávka elektrické energie na cca 2 hodiny.
2. Byly poškozeny dvě trafostanice v blízkosti továrny.
3. Tlaková vlna rozmetala plechy a části konstrukcí objektu stovky metrů po okolí. Poškozené budovy podniku prohlédl statik. Podnik částečně obnovil výrobu a má za cíl opravit areál do původní podoby.
4. Škodu odhaduje firma na desítky milionů korun, vážně byly poškozeny dvě budovy, na dalších objektech vznikla škoda menšího rozsahu.
5. Došlo k úmrtí jedné osoby na místě, druhé v nemocnici; větší počet osob byl zraněn,
6. Došlo k narušení statiky budov, poškození vrat, dveří, okenních výplní, rámu, žlabů.
7. Hromady trosek omezily dopravu na místní komunikaci.
8. Došlo k úniku z nádrží kamionu s možným následným únikem do říčky Čistá.

Oblastní inspektorát práce (OIP) v Hradci Králové v dokumentu [271] v souvislosti se sledovanou havárií uvádí:

1. V roce 1999 nainstalovala montážní firma v podniku AVON Automotive a.s. v Rudníku 2 akumulátory páry (výrobní čísla 1402 a 1403), s objemem 30 000 litrů, maximálním provozním přetlakem 1.5 MPa, na kterých nebyly instalovány pojistné ventily.
2. Zdroj tlaku, parní kotle Duro Dakovič, byly konstruovány na provozní tlak 1.35 MPa, tj. na tlak menší než je nejvyšší dovolený přetlak nádob a byly jištěny vlastními pojistnými ventily. Dne 29. 4. 1999 byla u těchto akumulátorů provedena výchozí revize revizním technikem montážní organizace.
3. Na přelomu let 2003 a 2004 se realizovala rekonstrukce kotelny, která spočívala v generální opravě kotlů Duro Dakovič (výrobní čísla 2561 a 2562) a v instalaci zabezpečovacího zařízení BOSB Spirax Sarco na kotle. Tím došlo k navýšení nejvyššího pracovního přetlaku kotlů z 1.35 MPa na 1.6 MPa, což je maximální provozní přetlak kotlů, uvedený v revizních knihách. To znamená, že zdroj tlaku byl vybaven na vyšší pracovní přetlak při provozu, než byl nejvyšší dovolený přetlak u tlakových nádob (výrobní čísla 1402 a 1403). Dále byla instalována třetí tlaková nádoba - parní akumulátor (výrobní číslo 341) o objemu 30 000 litrů, maximálním pracovním přetlakem 1.6 MPa.
4. Generální oprava kotlů probíhala v měsících srpen až říjen roku 2003, instalace BOSB v listopadu 2003 a instalace třetího parního akumulátoru v lednu 2004. Na žádném akumulátoru páry (výrobní čísla 1402, 1403 a 341) nebylo umístěno pojistné zařízení. Pojistné ventily byly pouze na parních kotlích Duro Dakovič (výrobní čísla 2561 a 2562).

5. Revize na tlakových zařízeních v organizaci prováděl dodavatelským způsobem smluvní revizní technik s platným osvědčením a oprávněním.
6. Takto byla výše uvedená zařízení provozována až do 4. 1. 2010, kdy došlo k výbuchu akumulátoru páry výrobní číslo 1403.

V rámci šetření havárie dne 4. 1. 2010 byly ze strany OIP provedeny kontroly v podniku AVON Automotive a.s., u montážní organizace a u smluvního revizního technika. Ve všech případech byly zjištěny nedostatky na úseku bezpečnosti práce, bezpečnosti technických zařízení a pracovních podmínek [271].

K většině porušení došlo v roce 2004. V době kontroly, podle § 36 odst. 2 zákona č. 251/2005 Sb., již odpovědnost kontrolovaných osob za tyto správní delikty zanikla, neboť od doby spáchání uplynuly více jak tři roky [271].

Na základě šetření všechny kontrolované subjekty přijaly podle § 105 odst. 5 zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce patřičná technická, organizační a výchovná opatření [271].

4.2.2.5. Vyhodnocení dopadů havárie

Tabulka 34 uvádí výsledky šetření na základě veřejně dostupných zdrojů informací [268-271]. Šetření bylo provedeno formou What, If, popsané v kapitole 3.

Tabulka 34. Dopady havárie na veřejná a podniková aktiva.

| Aktivum | Dopady pohromy na aktivum |
|------------------------------|--|
| OKOLÍ fy AVON | |
| Životy a zdraví lidí | Přímé fyzické dopady na lidi v okolí nezjištěny. |
| Bezpečí lidí | Obyvatelé obce a lidé na komunikacích byli zasaženi zvukovými projevy spojenými s explozí; a rozletem úlomků doprovázejících explozi až do vzdálenosti 500 m od podniku. |
| Majetek | Poškozeny 2 veřejné trafostanice. V okolních domech byla poškozená vrata, okna, okenní rámy. |
| Veřejné blaho | Panika a obavy lidí v okolí. |
| Životní prostředí | Kontaminace říčky Čistá naftou. |
| Infrastruktury a technologie | |
| Dodávky energií | 2 hodiny přerušená dodávka elektrické energie. |
| Dodávky vody | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. |
| Kanalizace | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. |
| Přepravní síť | Hromady trosek omezily provoz po místní komunikaci, která je těsně u závodu. |

| | |
|---|---|
| Komunikační a informační sítě | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. Nefunkčnost veřejného rozhlasu způsobila paniku a obavy mezi lidmi v okolí. |
| Bankovní a finanční sektor | Přímé škody a ztráty nebyly zaznamenány. |
| Nouzové služby | Náklady na odezvu IZS na havárii, která trvala 5 dní, byly velké; konkrétní údaj v penězích se nepodařilo zjistit. |
| Základní služby v území (průmysl, zemědělství, zásobování, zdravotnictví, likvidace odpadů, sociální služby, pohřební služby) | Přímé škody a ztráty nebyly v jiných podnicích zaznamenány. V okolí cca 500 m kolem závodu byly sebrány trosky – náklady na sběr se nepodařilo zjistit. |
| Státní správa a samospráva | Projevila se její nepřipravenost v oblasti zajištění informovanosti obyvatel. |
| AVON | |
| Zaměstnanci | 2 úmrtí. Desítky zraněných (přesné číslo se nepodařilo dohledat). |
| Majetek | Totálně zničená kotelna, 2 poškozené budovy, několik méně poškozených budov – dle firmy škody za několik desítek miliónů. Poškozený kamion a jeho náklad na dvoře před kotelnou. |
| Pracovní prostředí | Kontaminace ovzduší, povrchové vody a půdy. |
| Personál odezvy | Velké vyčerpání podnikových hasičů (dlouhé pracovní zatížení). Hasiči uvádí několik lehčích zranění. |
| Sítě | Poškození rozvodu elektřiny a zdroje tepla. |
| Prioritní zařízení, komponenty | Zničení kotlů a parních akumulátorů. |
| Omezení provozu | Zastavení provozu – náklady na obnovení provozu se nepodařilo dohledat. Dle firmy škody za několik desítek miliónů. |
| Další | Náklady na činnosti odezvy, úklidu a obnovy pracovního prostředí se nepodařilo dohledat. |

Tabulka 34 ukazuje, že náklady na zvládnutí dopadů havárie jsou velmi rozmanité a mnohé z nich (např. náklady HZS a místních jednotek požární ochrany) platí stát, a ne provozovatel technického díla, které havarovalo.

4.2.2.6. Technická a jiná opatření stanovená na základě uvedené havárie jako prevence pro projektování, konstrukci a používání akumulátorů páry

Na základě zkušeností z praxe shromážděných v dokumentech [81,90,266] je třeba snížit nebezpečí vzniku vodního rázu tím, že se aplikují dále uvedená opatření:

1. Při nepoužití pojistného ventilu přímo na každém akumulátoru páry (v případě, že parní akumulátor má vyšší tlak, než je otevírací tlak pojistného ventilu zdroje tlaku), nesmí být na potrubí přivádějícím páru ze zdroje jakákoli uzavírací armatura, a to včetně armatur automatického řízení, nebo zpětné armatury. Podle zkušeností je třeba použít co nejkratší potrubí se zvětšenou světlostí. Dále je nutno zajistit, aby za jakýchkoliv okolností nemohlo dojít ke zvýšení tlaku v nádobě akumulátoru a vyloučit všechny podmínky pro vznik vodního rázu.
2. Použitím pojistného ventilu a tlakoměru na každé nádobě se sníží nebezpečí vodního rázu. Je třeba dbát na správné nastavení a správný rozměr pojistného ventilu.
3. Použitím stavoznaku na každé nádobě se snižuje nebezpečí zavodnění nádoby, které by mohlo vést k vzniku vodního rázu.
4. Snímáním výšky hladiny na základě různé elektrické vodivosti vody a páry (ne pomocí plováku) se zvyšuje spolehlivost měření zavodnění nádoby a snižuje se možnost celkového zavodnění akumulátoru páry.
5. Instalací nezávislé bezpečnostní signalizace pro naplnění požadované výšky hladiny pomocí snímače umístěného uvnitř každé nádoby, jako u parních kotlů, se také snižuje nebezpečí zavodnění akumulátoru páry.
6. Použitím elektro-ventilů s pozvolným uzavíráním nebo vřetenových ručně ovládaných ventilů místo pneumatických ventilů (ne u kulových nebo u uzavíracích klapek) se snižuje nebezpečí vzniku vodního rázu.
7. Připojením vhodného expanzomatu s odpovídajícím přetlakem na vodní stranu akumulátoru s odpovídajícím přetlakem nebo expandérem jako tlumiče možných vodních rázů se snižuje nebezpečí vzniku vodního rázu.
8. Pravidelné seznamování obsluhy s možným vznikem vodního rázu, jeho dopady a způsoby jeho eliminace.

4.2.2.7. Možnosti selhání akumulátoru páry při provozu akumulátorů páry včetně uvádění do provozu po delší odstávce

Na základě analýzy předmětné havárie a havárií podobných [90] v souladu s výsledky práce [33] se jako přídatné významné příčiny havárií akumulátorů páry ukazují:

1. Řídící personál technického díla nemá dostatečné technické znalosti o provozu a případně podcení významné zdroje rizik.
2. Řídící personál technického díla nemá dokumentaci pro bezpečný provoz, tj. účinný systém odezvy na nouzové situace (budou chybět jasné požadavky na kvalifikovanost a dovednost obsluhy, školení obsluhy, řešení montáže při najíždění a odstavování zařízení po delší odstávce).
3. Chybí koncept pro řízení rizik a hlavně opatření, která se provedou při realizaci rizik.

4. V technickém díle chybí kvalitní péče o technický stav zařízení v oblastech: údržba; a není připravena včasná reakce na změnu provozních podmínek.
5. Chybí strategické koncepce řízení technického díla v čase, kvalitní monitoring rizik a program na zvyšování bezpečnosti.
6. Rozsah potřebných měřících přístrojů pro zjišťování výše hladiny v akumulátoru páry a stavu pojistných ventilů na každé nádobě je nedostatečný a neumožňuje jejich průběžné sledování.
7. Chybí plán přechodu při odstávce technologické páry do normálního plného provozu technologie.
8. Nejsou důsledně zohledněny všechny předepsané a známé požadavky BOZP.

4.2.2.8. Poučení z havárie

Neopominutelným faktem ve sledovaném případě je skutečnost, že šlo o zahájení provozu po vánočních prázdninách, tj. po delší odstávce. Pro spouštění provozu po delší přestávce nebyl přesně stanoven postup, což umožnilo souběh tří nežádoucích úkonů v krátkém časovém intervalu.

Vyhodnocení havárie a odezvy provedené autory publikace na základě principu inženýrství zaměřeného na rizika (risk engineering), které jsou shrnuty v práci [7], a podrobně rozebrány výše, v kapitole 2, ukazuje, že:

- se nepočítalo s možností, že může nastat havárie souběhem několika menších jevů, které samy o sobě nemají destruktivní potenciál,
- předem nebyly zpracovány: všechny možné scénáře havárií; provozní předpisy pro všechny možné kritické podmínky, a s tím související podrobné scénáře odezvy,
- nebyl pracovní předpis pro najíždění technologického zařízení po delší odstávce,
- nefungovalo zařízení pro měření hladiny vody na akumulátoru páry,
- nebyl zajištěn dostatečný výcvik kritických pracovníků z provozu zacílený na zvládnutí kritických podmínek,
- nebyla zajištěna dostatečně kvalitní a rychlá odezva na kritické podmínky v kotelně,
- selhala některá opatření vnitřního havarijního plánu, který požaduje zákon č. 224/2015 Sb. (i zákony, které mu předcházely od r. 1998).

Pro zabránění podobných havárií je třeba ve výše uvedených oblastech provést nápravu.

4.3. Příčiny selhání technického díla při provozu

V předchozích odstavcích je ukázána řada případů havárií a selhání technického díla z důvodu závad při provozu. Jejich analýza ukazuje složitost problému. Navíc je třeba zvažovat, že technologie zastarávají a provoz technických děl se stává náročný na energii, chladio, personál, finance.

Na základě kritické analýzy dat a údajů o více než sedmi tisíc havárií a selhání, u kterých se vyskytly příčiny spojené s provozem technického díla:

- uvedených v předchozích kapitolách,
- publikovaných v literatuře o haváriích a selháních technických děl [4,6,13-33,37,38,56,66,67, [72],81,87,90,94,98-101,110,113,114,121,140,211-246],
- získaných z dostupných zápisů inspekcí TIČR, SÚBP, ČIŽP, ČBU, kterých se účastnila autorka, anebo o nich dostala přímou informaci od inspektorů jmenovaných organizací či od pracovníků IZS, kterým poskytovala odborné konzultace [81],

byly zjištěny příčiny havárií a selhání spojené s provozem technických děl: věcné chyby při provozu; chyby při testech; nedodržení požadavků legislativy a norem; chyby v dozoru provozovatele;; chyby v organizační oblasti na straně veřejné správy; chyby v organizační oblasti na straně provozovatele; nedokonalosti či chyby v použitých nástrojích IT; chyby v dohledu veřejné správy; nedostatky v kontrolní pravomoci veřejné správy; špatná vynutitelnost práva; opomenutí faktorů z oblasti ekonomiky, ekologie a sociální.

Konkrétní zjištěné příčiny selhání a havárií technických děl při provozu rozříděné podle oblastí původů jsou:

1. Živelní pohromy, které postihly technické dílo:

- povodeň,
- zemětřesení,
- tsunami,
- sesuv,
- blesk,
- hurikán,
- požár v území,
- pád letadla,
- nadměrné srážky,
- požár či výbuch v okolí technického díla.

2. Selhání či havárie vnějších infrastruktur, které postihly technické dílo:

- technické:
 - výpadek vnější elektrické sítě,
 - výpadek vnějších dodávek vody,
 - ztráta komunikačního spojení se světem,
 - nekvalitní dopravní spojení,
 - nepravidelné dodávky materiálu, anebo dodání nesprávného materiálu.
- organizační a správní:
 - změna orientace veřejné správy (ztráta podpory, nezáměr o technické dílo),

- nedostatek pracovních sil,
 - nedostatek kvalifikovaného personálu pro úkoly technického díla,
 - výrazná změna daní.
- ekonomické a finanční:
- nepřidělení dotací, nezájem o technické dílo,
 - odbytová krize (ztráta odbytu výrobků nebo služeb),
 - rychlé a výrazné změny v cenové politice trhu,
 - krize zákazníka (nesolventnost).
3. Vnitřní pohromy v technickém díle, které poškozují pracovní prostředí a pracovní činnosti:
- vnitřní pohromy poškozující pracovní prostředí:
- požár,
 - výbuch,
 - kontaminace ovzduší,
 - kontaminace pitné a užitkové vody,
 - kontaminace zařízení a stavebních částí,
- výpadek vnitřních kritických infrastruktur:
- výpadek vnitřního rozvodu elektrické energie,
 - selhání osvětlení,
 - výpadek vnitřního rozvodu pitné a užitkové vody,
 - výpadek chladicího systému (ztráta chladiva),
 - výpadek vnitřní komunikační sítě,
 - poruchy v rozvozu materiálu,
 - poruchy v odběru výrobků nebo služeb,
- selhání kritických zařízení:
- výpadek nouzového osvětlení,
 - výpadek nouzového komunikačního systému,
 - výpadek hasicího zařízení.
4. Chyby technické, které poškozují provoz technického díla:
- nedostatky v konstrukci a vybavení technických zařízení:
- nebyla přijata kvalitní nápravná (technická či alespoň organizační) opatření proti chybám v projektu či konstrukci technologického vybavení,
 - neprovedení technických či alespoň organizačních opatření na odvrácení chybných úkonů po skoro nehodách či malých nehodách,

- nedostatečné technické operace při péči o stav technických zařízení a jejich propojení:
 - chybí monitoring stavu kritických zařízení, kritických komponent a kritických systémů (např. nedošlo k včasnému odhalení: poškození tlakových potrubí s chladícím médiem nebo užitkovou vodou nutnou pro provoz; poškození nebo netěsností ventilů u tlakových nádob),
 - špatná údržba technických zařízení a jejich propojení,
 - špatně provedené opravy technických zařízení a jejich propojení,
 - špatná reakce technických zařízení a jejich propojení na změnu provozních podmínek, např. nezajištěná včasná výměna nebo modifikace strojů, zařízení, komponent či systémů,
 - neexistence ochranných bariér pro: práci obsluhy (např. kryty na strojích s rotujícím zařízením či s řeznými noži; opatření pro práci ve výškách či pod vodou apod.); kritické činnosti (např. digestoře pro provádění kritických chemických reakcí); a nakládání s odpady (např. nádoby pro sběr zbytků olejů, tuhých odpadů apod.),
 - chyby v podporách bezchybného provozu:
 - nedostatek místa pro umístění výrobního materiálu,
 - nedostatek místa pro umístění hotových produktů,
 - chybí záložní zdroje energie pro zařízení, která musí pracovat v nepřetržitém provozu,
 - chybí záložní zdroje chladiva pro zařízení, která musí pracovat v nepřetržitém provozu.
5. Chyby organizační na úseku vedení technického díla, které poškozují provoz technického díla:
- chyby vrcholového řízení technického díla (strategie, koncepce, provozní podmínky):
 - nedostatečný systém řízení bezpečnosti,
 - nejasná strategie,
 - konflikt priorit,
 - neefektivní vrcholové vedení,
 - špatná komunikace vertikální i horizontální,
 - nevhodný řídicí styl,
 - nefunkční koordinace funkcí,
 - nedostatečné řídicí schopnosti,
 - nedostatečné porozumění zákazníkům,
 - neschopnost předpokládat vývoj vnějšího prostředí,
 - neobjektivní hodnocení organizačních kompetencí,

- nevyužití rozvojového potenciálu,
- nedostatečná angažovanost top managementu ve prospěch technického díla,
- podcenění časových potřeb technického díla,
- selhání komunikační strategie s veřejnou správou či s podřízenými,
- nedostatečné monitorování výsledků,
- nedostatečné využití lidských zdrojů,
- smluvně nebyly pro technické dílo zajištěny včasné dodávky materiálů a surovin nutných pro výrobu nebo poskytovanou službu,
- při zajištění dodávek materiálů a surovin nutných pro výrobu nebo poskytovanou službu pro technické dílo byla orientace jen na jednoho dodavatele,
- smluvně nebyl zajištěn bezproblémový odběr produktů nebo služeb od technického díla,
- smluvně nebylo zajištěno nepokrytí závazků technického díla,
- při zajištění odběru produktů nebo služeb od technického díla byla orientace jen na jednoho odběratele,
- nedostatečná schopnost přizpůsobit se změnám obecně závazných předpisů,
- nedostatečná schopnost přizpůsobit se změnám v systému daní,
- nedostatečná schopnost přizpůsobit se změnám v systému úroků,
- nedostatečná schopnost přizpůsobit se změnám v situaci na trhu,
- nedostatečná schopnost přizpůsobit se změnám v podpoře ze strany státu,
- nedostatečná schopnost zajistit dostatečné množství kvalifikovaného (vzdělaného a zkušeného) personálu,
- nezajištěny finanční rezervy na provoz při vnějších změnách,
- zájem pouze o zisk z provozu technického díla,
- nízké technické znalosti potřebné k provozu technického díla (a proto podcenil významné zdroje rizik),
- nedostatečná dokumentace pro bezpečný provoz,
- nedostatečně kvalitní standardy, normy a postupy pro řízení změn,
- nedostatečný systém dohledu a kontroly,
- nedostatečně stanovené odpovědnosti,
- nedostatečně kvalitní informační kanály,
- nedostatečný systém odezvy na nouzové situace,
- nejasné požadavky na kvalifikovanost a dovednost obsluhy,
- nekvalitní systém vzdělávání personálu,

- nekvalitně zajištěna pracovní disciplíny při práci v nebezpečných provozech,
- chybí kvalitní systém řízení v oblasti technické, IT a organizace pro ovládání obsluhy, strojů, zařízení, komponent a systémů,
- nedostatečný monitoring provozu zacílený na bezpečnost zahrnující kvalitní výrobu či kvalitní obslužnost,
- není systém provádění technických inspekcí, anebo je nekvalitní,
- chybí poplachový plán,
- chybí nouzový plán,
- chybí plán kontinuity,
- chybí dobré rozmístění požární signalizace a hasících přístrojů,
- chybí finanční rezervy na obnovu strojů, zařízení, komponent a systémů po provozní havárii.
- chybí nadstandardní finanční rezervy na obnovu strojů, zařízení, komponent a systémů po nadprojektové havárii.
- chybí ochrana proti organizačním haváriím, tj. strategická koncepce řízení technického díla v čase, kvalitní monitoring rizik a program na zvyšování bezpečnosti,
- chybí kvalitní provozní předpisy pro normální provoz,
- chybí kvalitní provozní předpisy pro abnormální provoz,
- chybí kvalitní provozní předpisy pro kritický provoz,
- není vyžadována kvalitní příprava kritických výrobních procesů před jejich zahájením,
- není požadována kontrola strojů a zařízení před zahájením kritické výrobní operace,
- není požadováno ověřování kvalifikace a dovednost kritického personálu,
- není požadováno sestavení a ověření postupu pro kritické procesy,
- není požadována důkladná kontrola výstupů z kritických procesů výroby.
- chybí postupy pro účinnou odezvu na kritické podmínky a materiální, technické, finanční a personální rezervy na její provedení,
- chybí kvalitní předpisy pro obsluhu při výskytu: vnějších pohrom (živelní pohromy, pád letadla, nepříznivé klimatické podmínky, přerušení zásobování technického díla elektřinou, vodou apod. od vnějších sítí; vnitřních pohrom (požár, výbuch, výpadek elektrické energie, výpadek dodávek vody či jiného chladiva, výpadek nouzového osvětlení, zatopení objektu, výpadek vnitřní komunikační sítě, požár, výbuch, výpadek informační sítě); technických poruch (neseřízené stroje; neseřízená zařízení; neseřízené komponenty; neseřízené systémy; použití špatných údajů při seřízení zařízení; porucha nebo selhání bezpečnostních pojistek, zařízení či systémů; poškození kritických zařízení, komponent či potrubí –

např. tlakové nádoby, potrubí s chladičem; netěsné ventily; selhání blokovacích zařízení; poruchy svarů, kabelů, čerpadel, kompresorů, dieselgenerátorů; elektrický zkrat; nefunkčnost zařízení pro varování v případě nouze; vyřazení automatických hasicích přístrojů v případě nouze; zaseknutý pojistný ventil; nedostatečné chlazení; nedostatečná ochrana při práci s nebezpečnými látkami nebo ionizujícím zářením; nedostatečná úprava práce s nebezpečnými látkami či ionizujícím zářením; špatné kontakty na relé v řídicím systému; nevhodné kontejnery pro skladování nebo přesun nebezpečných látek; špatně provedená přeprava materiálů, polotovarů či výrobků; apod.); nejsou určeny odpovědnosti za výrobní operace a zásady vzájemné pomoci (kultura bezpečnosti),

- chybí kvalitní plán kontinuity pro dostatečnou ochranu prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při nadprojektové havárii,
- nejsou zajištěny kvalitní pracovní podmínky lidí a kvalitní režimová opatření při provozu strojů, zařízení, komponent a systémů zohledňující možnosti obslužného personálu.
- není věnována dostatečná pozornost ochraně životů, zdraví a bezpečí obslužného personálu za všech podmínek v pracovním prostředí (ochranné pomůcky, úkryty, evakuace),
- není věnována dostatečná pozornost ochraně životů, zdraví a bezpečí personálu kontraktorů za podmínek, které jsou jiné než normální,
- není věnována dostatečná pozornost ochraně životů, zdraví a bezpečí návštěvníků za podmínek, které jsou jiné než normální,
- není věnována dostatečná pozornost ochraně strojů, zařízení, komponent a systémů technického zařízení před podvodným nebo nebezpečným jednáním lidí z obsluhy, personálu kontraktorů či skupiny návštěvníků,
- není věnována péče zaměřená na vytváření příznivé atmosféry na pracovišti,
- v technickém díle a na jeho pracovištích chybí prosazování zásad kultury bezpečnosti,
- není posilována motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku, financí,
- není zajištěna otevřená komunikace na všech úrovních řízení technického díla a mezi nimi o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších,
- není zajištěna fyzická ochrana prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách,
- není zajištěna kybernetická ochrana prioritních automatických strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách,
- nejsou vytvářeny rezervy na dekontaminaci strojů, zařízení, komponent a systémů po ukončení provozu,

- není zajištěna kvalitní spolupráce s veřejnou správou – předávání podkladů pro vnější nouzové (havarijní) plány a vzájemná podpora zacílená na zvládnutí krizových situací,
 - neprověřuje se účinnost organizačních opatření,
 - není zajištěna kvalitní spolupráce s ostatními technickými díly, které jsou vzájemně provázané územně, výrobou, podobnou technologií aj.,
 - neklade se důraz na správné vyhodnocení rizik (např.: zvažování všech položek, které mohou vést k selhání technického díla; zvažování základních veřejných aktiv, tj. uplatnění přístupu All-Hazard-Approach při určení zdrojů rizik, tj. zvážení i rizik spojených s vazbami a spřaženími v technickém díle a jeho okolí; není koncept pro řízení rizik a opatření pro zvládnutí rizik po dobu životnosti technického díla; není požadavek na zvažování vývoje technického díla a jeho okolí v čase, zjištění nových rizik a zajištění jejich vypořádání),
 - chybí ověřené předpisy pro řízení přepravy a skladování materiálů, výrobků a odpadů: nesprávné nebo neexistující postupy pro manipulaci a přepravu; nedostatečná kontrola postupů pro manipulaci a přepravu; nesprávné nebo neexistující postupy pro skladování; a nedostatečná kontrola postupů pro skladování,
- chyby v řízení projektů, např. výrobních celků sestávajících se z několika výrobních linek, které jsou zacílené na konečné produkty:
- nedostatečný nebo neúčinný systém řízení bezpečnosti,
 - management má slabé povědomí o bezpečnosti,
 - špatná komunikace vertikální i horizontální (tj. špatné předávání zpráv a informací),
 - nevhodný řídicí styl,
 - nedostatečná angažovanost managementu projektu ve prospěch projektu,
 - nedostatečné monitorování výsledků,
 - nedostatečné využití lidských zdrojů
 - nedostatečný systém dohledu a kontroly,
 - nedostatečně stanovené odpovědnosti,
 - nedostatečně kvalitní informační kanály,
 - nedostatečný systém odezvy na nouzové situace,
 - chybí kvalitní systém řízení v oblasti technické, IT a organizace pro ovládání obsluhy, strojů, zařízení, komponent a systémů,
 - nedostatečný monitoring provozu zacílený na bezpečnost zahrnující kvalitní výrobu či kvalitní obslužnost,
 - není systém provádění technických inspekcí, anebo je nekvalitní,
 - chybí kvalitní provozní předpisy pro normální provoz,
 - chybí kvalitní provozní předpisy pro abnormální provoz,

- chybí kvalitní provozní předpisy pro kritický provoz,
- nedostatečný důraz na údržbu a kontrolu její kvality,
- není vyžadována kvalitní příprava kritických výrobních procesů před jejich zahájením,
- není požadována kontrola strojů a zařízení před zahájením kritické výrobní operace,
- není ověřována kvalifikace a dovednost kritického personálu,
- nejsou zajištěny kvalitní pracovní podmínky lidí a kvalitní režimová opatření při provozu strojů, zařízení, komponent a systémů zohledňující možnosti obslužného personálu.
- není věnována dostatečná pozornost ochraně životů, zdraví a bezpečí obslužného personálu za všech podmínek v pracovním prostředí (ochranné pomůcky, úkryty, evakuace),
- není věnována péče zaměřená na vytváření příznivé atmosféry na pracovišti,
- v technickém díle a na jeho pracovištích chybí prosazování zásad kultury bezpečnosti,
- není posilována motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku, financí.
- není zajištěna otevřená komunikace na všech úrovních řízení technického díla a mezi nimi o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších.
- není zajištěna fyzická ochrana prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách.
- není zajištěna kybernetická ochrana prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách.
- neklade se důraz na správnou práci s riziky,
- chybí ověřené postupy pro manipulaci a přepravu materiálů, meziproduktů a výrobků,
- chybí ověřené postupy pro skladování,
- chyby v řízení provozu provázaných systémů technických zařízení,
- nejasný systém řízení klíčových procesů, tj. nejsou zavedeny postupy „process safety management”,
- nesprávné pracovní režimy u kritických zařízení, komponent a systémů, tj. nejsou zavedeny postupy „integrity management strategy”,
- nejsou stanoveny „bariéry,, - limity a podmínky pro kritické procesy,
- slabé stanovení reakcí na změny,
- je povolena práce/provoz mimo dovozené limity, tj. je špatná kultura bezpečnosti (nejsou určena pravidla správného chování, odpovědnosti a zásady vzájemné pomoci, není vyžadována kalibrace a kontrola zdrojů před zahájením provozu),

- chybí strategie údržby kritických technických zařízení, jejich propojení a infrastruktur podporujících jejich provoz,
 - chybí plány pro zvládnutí nouzových situací,
 - chybí jasná pravidla z pohledu BOZP,
 - dochází k falšování údajů o provozu,
 - nekvalitní zásobování materiálem,
 - nepořádek na pracovišti,
 - zanedbané vzdělávání personálu,
 - špatná motivace kritického personálu,
 - není varovací systém,
 - chybí vyznačení evakuačních tras,
 - chybí úkryty pro zaměstnance pro případ potřeby,
 - chybí odzkoušený způsob přechodu činnosti z obvyklých zařízení, komponent či systémů na záložní,
- chyby v řízení procesů, tj. provozů jednotlivých výrobních linek či složených technických komponent a systémů:
- nedostatečný nebo neúčinný systém řízení bezpečnosti,
 - nesprávně nastavené pracovní režimy (přetížení personálu, nemožnost zajistit požadovanou kvalitu),
 - management má slabé povědomí o bezpečnosti,
 - špatná komunikace vertikální i horizontální (tj. špatné předávání zpráv a informací),
 - nevhodný řídicí styl,
 - nedostatečná angažovanost managementu procesu ve prospěch procesu,
 - nedostatečné monitorování výsledků,
 - nedostatečné využití lidských zdrojů
 - nedostatečný systém dohledu a kontroly,
 - nedostatečně stanovené odpovědnosti,
 - nedostatečně kvalitní informační kanály,
 - nedostatečný systém odezvy na nouzové situace,
 - chybí kvalitní systém řízení v oblasti technické, IT a organizace pro ovládání obsluhy, strojů, zařízení, komponent a systémů,
 - nedostatečný monitoring provozu zacílený na bezpečnost zahrnující kvalitní výrobu či kvalitní obslužnost,
 - nedostatečný důraz na údržbu a kontrolu její kvality,
 - není systém provádění technických inspekcí, anebo je nekvalitní,

- chybí kvalitní provozní předpisy pro normální provoz,
- chybí kvalitní provozní předpisy pro abnormální provoz,
- chybí kvalitní provozní předpisy pro kritický provoz,
- není vyžadována kvalitní příprava kritických výrobních procesů před jejich zahájením,
- není požadována kontrola strojů a zařízení před zahájením kritické výrobní operace,
- není ověřována kvalifikace a dovednost kritického personálu,
- nejsou zajištěny kvalitní pracovní podmínky lidí a kvalitní režimová opatření při provozu strojů, zařízení, komponent a systémů zohledňující možnosti obslužného personálu.
- není věnována dostatečná pozornost ochraně životů, zdraví a bezpečí obslužného personálu za všech podmínek v pracovním prostředí (ochranné pomůcky, úkryty, evakuace),
- není věnována péče zaměřená na vytváření příznivé atmosféry na pracovišti,
- v technickém díle a na jeho pracovištích chybí prosazování zásad kultury bezpečnosti,
- není posilována motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku, financí.
- není zajištěna otevřená komunikace na všech úrovních řízení technického díla a mezi nimi o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších.
- není zajištěna fyzická ochrana prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách.
- není zajištěna kybernetická ochrana prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách.
- neklade se důraz na správnou práci s riziky,
- chybí ověřené postupy pro manipulaci a přepravu materiálů, meziproduktů a výrobků,
- chybí ověřené postupy pro skladování,
- chyby v řízení provozu provázaných systémů technických zařízení,
- nejasný systém řízení klíčových procesů, tj. nejsou zavedeny postupy „process safety management”,
- nesprávné pracovní režimy u kritických zařízení, komponent a systémů, tj. nejsou zavedeny postupy „integrity management strategy”,
- nejsou stanoveny „bariéry,, - limity a podmínky pro kritické procesy,
- slabé stanovení reakcí na změny,
- je dovolena práce/provoz mimo dovozené limity, tj. je špatná kultura bezpečnosti (nejsou určena pravidla správného chování, odpovědnosti a

zásady vzájemné pomoci, není vyžadována kalibrace a kontrola zdrojů před zahájením provozu),

- chybí plány pro zvládnutí nouzových situací,
 - chybí jasná pravidla z pohledu BOZP,
 - dochází k falšování údajů o provozu,
 - nekvalitní zásobování materiálem,
 - nepořádek na pracovišti,
 - zanedbané vzdělávání personálu,
 - špatná motivace kritického personálu,
 - není varovací systém,
 - chybí vyznačení evakuačních tras,
 - chybí úkryty pro zaměstnance pro případ potřeby,
 - chybí odzkoušený způsob přechodu činnosti z obvyklých zařízení, komponent či systémů na záložní, chyběla strategie preventivní údržby,
 - špatně navržený postup (režim) práce,
 - nedostatky ve výcviku
 - nebyly stanoveny „bariéry“, - limity a podmínky pro kritické procesy,
 - nedostatky ve stanovení reakcí na změny,
 - práce/provoz mimo dovolené limity,
 - slabé povědomí o bezpečnosti,
 - chybí úkryty pro zaměstnance pro případ potřeby,
- chyby v řízení konkrétních technických zařízení:
- nedostatečný důraz na údržbu a kontrolu její kvality,
 - nedostatečný nebo neúčinný systém řízení bezpečnosti,
 - nevhodný pracovní režim (přetížení obsluhy, anebo nevyužití lidských zdrojů),
 - špatná komunikace vertikální i horizontální (tj. špatné předávání zpráv a informací),
 - není věnována péče zaměřená na vytváření příznivé atmosféry na pracovišti,
 - na pracovišti chybí prosazování zásad kultury bezpečnosti, tj. zlatých pravidel bezpečnosti,
 - chybí posilování motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku, financí.
 - není zajištěna otevřená komunikace o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších.

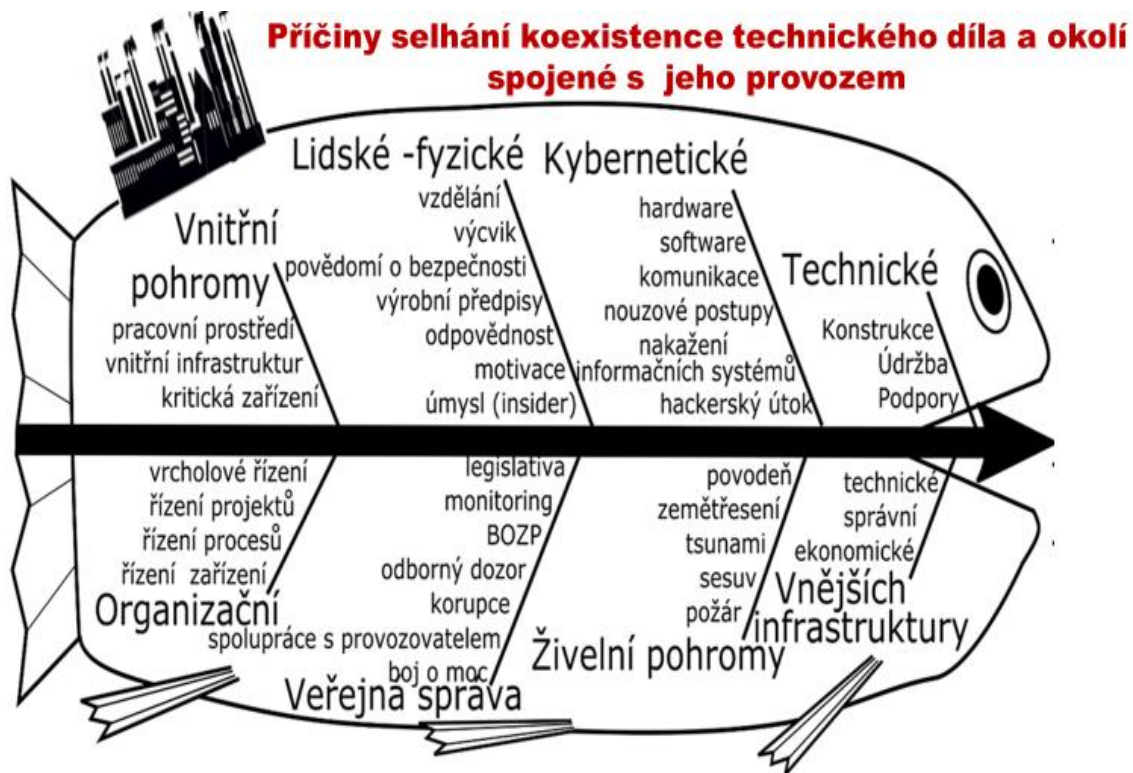
- není zajištěna fyzická ochrana prioritních strojů a zařízení při normálních, abnormálních a kritických podmínkách,
- není zajištěna kybernetická ochrana prioritních strojů a zařízení při normálních, abnormálních a kritických podmínkách.
- neklade se důraz na to, aby obsluha pracovala správně s riziky,
- chybí ověřené postupy pro manipulaci a přepravu materiálů, meziproduktů a výrobků,
- chybí ověřené postupy pro skladování materiálů, meziproduktů a výrobků,
- nejasný systém řízení klíčových operací, tj. nejsou zavedeny postupy „operation safety management”,
- nesprávné pracovní režimy u kritických operací, tj. nejsou zavedeny postupy „integrity management strategy”,
- nejsou stanoveny „bariéry,, - limity a podmínky pro kritické operace,
- slabé stanovení reakcí na změny,
- je dovolena práce/provoz mimo dovolené limity, tj. je špatná kultura bezpečnosti (nejsou určena pravidla správného chování, odpovědnosti a zásady vzájemné pomoci, není vyžadována kalibrace a kontrola zdrojů před zahájením provozu),
- chybí plány pro zvládnutí nouzových situací,
- chybí jasná pravidla z pohledu BOZP,
- dochází k falšování údajů o provozu,
- nekvalitní zásobování materiálem,
- nepořádek na pracovišti,
- zanedbané vzdělávání obsluhy,
- špatná motivace kritického personálu,
- není varovací systém,
- chybí vyznačení evakuačních tras,
- chybí úkryty pro zaměstnance pro případ potřeby,
- chybí odzkoušený způsob přechodu činnosti z obvyklých zařízení, komponent či systémů na záložní,
- chybí strategie preventivní údržby,
- špatně navržený postup (režim) práce,
- nedostatky ve výcviku personálu
- nejsou stanoveny „bariéry,, - limity a podmínky pro kritické operace,
- nedostatky ve stanovení reakcí personálu na změny.

6. Příčiny fyzických lidských chyb při provozu technického díla:

- nedostatečné vzdělání, tj.: neznalost podstaty pracovní činnosti; provozních předpisů pro normální, abnormální a kritické podmínky; neznalost požadavků BOZP; či neznalost odezvy na nouzové situace (způsoby varování, evakuační trasy, místa úkrytů apod.), či nepochopení pokynu nadřazeného,
 - nedostatečný výcvik, tj. nedostatečná dovednost (např. špatné provedení kritických úkonů jako neodvzdušnění tlakových nádob, když je to žádoucí),
 - slabé povědomí o bezpečnosti (nezná všechna nebezpečí a jejich možné dopady na něho, jeho okolí a na činnost, kterou provádí, nepřipouští si výskyt nebezpečí),
 - nedodržování výrobních předpisů, např. práce při odstranění bezpečnostních ochranných (odklopení krytu, pod elektrickým proudem, pod zařízeními přenášejícími těžká břemena apod.), nepoužívání ochranných pomůcek, či nevhodný pracovní režim vedoucí k přepracování obsluhy,
 - nedostatečná odpovědnost (neprovádění kontroly stavu zařízení, kvality výrobku, lajdáctví, nepozornost,
 - nedostatečná motivace pro práci (špatné pracovní podmínky, špatné chování vedoucího, malá finanční odměna za náročnou práci, špatný pracovní kolektiv),
 - úmysl (insider).
7. Kybernetické chyby vyvolané chybami či poruchami v práci zařízení pro tvorbu, uchovávání a přenou informací potřebných pro řízení provozu:
- chyby v hardware informačního systému podporujícího řízení (technické i organizační),
 - chyby v software informačního systému podporujícího řízení (technické i organizační), např. nedostatečné zálohování kritických informačních toků nutných pro bezpečný provoz, použití vadného software pro dávkování materiálu či provedení jisté technické operace,
 - chyby v přenosových kanálech (velký šum, nedostatečně silný signál)
 - chybí nouzové postupy, tj. postupy pro komunikaci v případě výpadku základního informačního systému pomocí IT,
 - nakažení kritických informačních systémů počítačovými červy.
8. Veřejná správa:
- nedostatečná legislativa s ohledem na bezpečnost technického díla,
 - neprovádění monitoringu činnosti,
 - nekvalitně prováděné kontroly požadavků BOZP,
 - nekvalitně prováděný odborný dozor nad bezpečností technického díla,
 - korupce,
 - špatná spolupráce s provozovatelem.
9. Jiné:
- válka,
 - boj o moc mezi politickými rivaly,

- úmyslné poškozování good will,
- teroristický fyzický útok,
- hackerský útok,
- útok nátlakových skupin,
- neoprávněné užívání duševního vlastnictví firmy,
- právně nejsou propojeny činnosti veřejné správy a provozovatele.

Obrázek 41 znázorňuje základní kategorie zdrojů rizik spojených s provozem technických děl pomocí diagramu rybí kosti.



Obr. 41. Základní kategorie zdrojů rizik spojených s provozem technických děl, které vedou k selhání koexistence technického díla s okolím během jeho provozu.

Z obrázku 41 vyplývá, že hlavní příčiny rizik při provozu technického díla, které vedou k narušení koexistence jsou především spojeny se způsobem a cílem řízení technického díla a jeho procesů, které probíhají v oblastech technických, organizačních, finančních, personálních a přes jejich rozhraní, a také se způsobem plnění odpovědností na straně veřejné správy.

Na základě analýzy dokumentací k haváriím a selháním technických děl lze konstatovat, že velmi často dochází k havárii či selhání proto, že:

- dosud u složitých technických děl se používají zastaralé způsoby hodnocení rizik, např. stromové modely, které nezvažují souběhy jevů,
- provozovatel či vlastník je orientován hlavně na výkon (tj. zisk) a veřejná správa mu to dovoluje,

- personál, který je s příčinami a dopady rizik v kontaktu, nemá dostatečné kompetence pro zavedení proaktivních opatření a provozních předpisů přizpůsobených momentálním podmínkám (normálním, abnormálním, kritickým),
- technická rozhodnutí jsou poplatná různým partikulárním, politickým nebo ekonomickým tlakům a nepřihlížejí ke konkrétním rizikům, která se v průběhu provozu objevují.

Základními důvody, proč provozovatelé technických děl nejsou ochotni rizika ovlivňovat, obvykle jsou:

- nedostatečné povědomí o rizicích a jejich dopadech na technické dílo a jeho okolí,
- subjektivní pocity odpovědného subjektu, který nepovažuje riziko za aktuální,
- představa, že rizika se týkají vzdálené budoucnosti,
- kroky vedoucí k identifikaci rizika a jeho snížení jsou většinou v rozporu s okamžitými (většinou ekonomickými či politickými) zájmy provozovatele či vlastníka,
- konkrétní kompetentní pracovník většinou není tím, kdo o krocích vedoucích ke snížení rizika může přímo rozhodovat.

Nesprávné vypořádání rizik v technických dílech je způsobeno tím, že:

- rozhodovací procesy přímo v technických dílech bývají víceúrovňové. Na úrovni, kde lze reálně rozpoznat narůstající příznaky rizika a ocenit s tím související riziko, nelze rozhodnout o vynaložení vícenásobných nákladů na eliminaci tohoto rizika,
- je nedostatečné povědomí o rizicích, jejich řízení a vypořádání. Práce s riziky je chápána jako činnost, která spočívá v dodržení norem a předpisů, což není pravda, protože pravidla v nich zavedená pokrývají jen 68.4 % možných podmínek [6]; programy velké většiny vzdělávacích kurzů probíhajících v České republice tuto nedostatečnost ještě prohlubují,
- u inženýrů v provozu a jeho řízení je úzké chápání bezpečnosti; převládá orientace na technickou bezpečnost zařízení chápánou tak, že technické zařízení během životnosti nepředstavuje nebezpečí,
- je nedostatečná spolupráce profesí – stavařů, strojařů, ekonomů, chemiků, informatiků, personalistů atd. – každá profese pracuje odděleně, což neumožňuje řešit mezioborové a multioborové problémy,
- mnoho řídicích pracovníků je přesvědčeno, že vše je věčné, tj. nezvažují změny technických zařízení v čase a se změnou podmínek, a tím podceňují údržbu, opravy, dovednost a dodržování režimů práce, které respektují fyzikální, chemické a biologické zákonitosti,

Poznatky získané studiem havárií a selhání technických děl ukazují, že při prevenci havárií a selhání je třeba se vyvarovat:

- velkých chyb v prevenci rizik,
- a také výskytu drobných chyb, jejichž realizace v krátkém časovém intervalu je nebezpečná, což potvrzuje i práce [163].

Druhá příčina je mnohem častější a je potvrzena řadou posledních havárií, např. havárie Boeingu 737 MAX 8 aerolinek Lion Air, který se zřítil 29. 10. 2018 v Indonésii – dle šetření příčinou byly problémy v konstrukci stroje (především systém na

automatické vyrovnávání letu), chyby při údržbě a u posádky a pozemního personálu [272].

5. DSS PRO ŘÍZENÍ RIZIK ZACÍLENÉ NA BEZPEČNOST TECHNICKÝCH DĚL PŘI PROVOZU

Z pohledu bezpečnosti technických děl i jejich koexistence s okolím po celou dobu životnosti u provozovaných technických děl jde o určení velikosti příslušných rizik a jejich rozřídění do kategorií: přijatelné riziko; podmíněně přijatelné riziko, u kterého se navrhnou nutná opatření preventivní, zmírňující, reaktivní a obnovovací; a nepřijatelné riziko, u kterého se navrhne buď vyhnutí dané činnosti, je-li to možné, anebo další opatření v rámci krizového řízení, která vyžadují vyšší znalosti, vyšší technické vybavení, vyšší náklady, vyšší připravenost lidských zdrojů. Proto se předložená kapitola zabývá jednak kategorizací nástrojů pro práci s riziky a jednak vytváří originální nástroj pro potřeby multikriteriálního hodnocení složitých technických děl.

5.1. Kategorie nástrojů pro práci s riziky

Analýzy nástrojů pro práci s riziky uvedené v odborných pracích [1-7,14-25,46,47,69,73-80,102,122,134,149,206] i shromážděné zkušenosti z praxe [81] ukazují, že nástroje pro práci s riziky závisí na mnoha faktorech; schematicky je předmětná skutečnost zobrazena na obrázku 6; podrobný popis je uveden v práci [7].

Jelikož ve strategickém řízení, ve kterém jde o bezpečí a dlouhodobou funkčnost je třeba zvažovat dvě skutečnosti, a to, že:

- technická díla jsou složitá víceúrovňové systémy,
- specifické zdroje rizik spojené s technickými díly nejsou na všech úrovních technického díla stejné.

V praxi je nutno pracovat jak s riziky na nejnižší úrovni (jednoduchá technická zařízení – stroje), tak i s riziky na vyšších úrovních (komponenty – např. tlaková zařízení; výrobní linky, soubory výrobních linek, celé technické dílo) a na nejvyšší úrovni (technické dílo a jeho okolí). Bezpečnost na nejvyšší úrovni zajišťuje koexistenci technického díla s okolím po celou dobu životnosti technického díla (kapitola 1).

Z důvodu zajištění bezpečí a rozvoje lidí a dalších veřejných aktiv jsou cíle práce s riziky na všech úrovních stejné, a to spolehlivá či zabezpečená či bezpečná entita. Z důvodu současných cílů lidské společnosti, které byly několikrát zdůrazněny, se dále soustředíme na nejvyšší cíl, a tím jsou bezpečné entity [1].

5.1.1. Kategorie zdrojů rizik sledovaných v technických dílech

Na základě výsledků výzkumu popsaného v práci [7] se v současné praxi v souvislosti s technickými díly používají dále uvedené výběry zdrojů rizik ve spojení s určenou entitou (stroj, komponenta, výrobní linka apod.):

1. Zdroje rizik určené buď legislativou, anebo zkušenostmi pracovníka, který předmětný úkol řeší.
2. Jen technické zdroje rizik v dané entitě. Většinou jde o:

- zdroje rizik spojené s materiálem (splnění potřebných parametrů, dodavatelské vztahy – náhradní materiál apod.),
 - zdroje rizik spojené s konstrukcí a propojováním komponent a zařízení (nejsou stanovené postupy, jsou přítomné labilní nebezpečné látky apod.),
 - zdroje rizik spojené s výrobními postupy, např. při výrobě slitin, svařování, specifickém obrábění atd.,
 - zdroje rizik spojené s podmínkami, které jsou nutné pro kvalitní výrobek, např. jistý tlak, jistá teplota či jistá vlhkost okolního prostředí atd.
3. Technické zdroje rizik a lidský faktor. Za zdroje rizik jsou považované zdroje uvedené v bodě 2 a špatné provedení technických úkonů při provozu technického díla.
 4. Technické zdroje rizik a lidský faktor v nejširším pojetí. Za zdroje rizik jsou považované zdroje uvedené v bodech 2 a 3 a zdroje organizačních havárií v technickém díle (tj. špatná rozhodnutí, použití nesprávných postupů atd.).
 5. Zdroje rizik uvedené v bodech 2 až 4 doplněné o zdroje rizik související s BOZP a s pracovním prostředím.
 6. Zdroje rizik uvedené v bodech 2 až 5 doplněné o zdroje rizik z okolí technického díla, tj. vnější zdroje rizik.
 7. Zdroje rizik uvedené v bodech 2 až 6 doplněné o zdroje rizik spojené s propojeními mezi dílčími zařízeními, komponentami a systémy (jde o zdroje rizik, které jsou spojené s technickou integritou, automatizací, vzděláváním a dobrými dovednostmi, ochranou majetku, ochranou dat a informací, ochranou specifických znalostí, ochranou know-how, ochranou good will, financemi, konkurenceschopností, kontinuitou provozu za podmínek kritických a extrémních apod.).

Z uvedeného vyplývá, že v případech 1 až 6 jsou zanedbány mnohé zdroje rizik pro technická díla. Je to způsobeno skutečností, že v uvedených případech:

- při stanovení rizik nejsou zvažována všechna veřejná aktiva a všechna aktiva technického díla (tj. není respektován přístup All-Hazard-Approach [1,3,7], který je velmi náročný na data, metody, znalosti, zkušenosti a dobu provedení),
- je zanedbána systémová podstata technického díla,
- nezvažují se dynamické dopady vnějšího prostředí na technické dílo, které následně ovlivní konkurenceschopnost technického díla a zajištění obslužnosti území v delším časovém intervalu (např. špatné postupy veřejné správy jsou zdrojem rizik pro technické dílo).

Z hlediska potřeb a ekonomického využití zdrojů je však pravdou, že v řadě praktických úloh postačuje zvažovat jen některé zdroje rizik, protože cílem je bezpečný stroj, a ne celý podnik a jeho okolí. Proto je třeba u každé úlohy spojené s prací s riziky důležité určení cíle (obrázek 6).

Jelikož některá technická zařízení (pojišťovací ventily, odpouštěcí ventily apod.) či některé komponenty technického díla (tlaková zařízení, reaktory, řídicí systémy apod.) mají zásadní důležitost pro bezpečnost technického díla, tak u nich nestačí pracovat s riziky jen z hlediska samotné entity, ale je třeba pracovat s riziky, která jsou důležitá i z hlediska bezpečnosti celého technického díla). Jde o kritické prvky, kritická zařízení,

kritické komponenty a kritické systémy technického díla [2,4,6], které vyžadují speciální práci s riziky při umístování, výstavbě, konstrukci a provozu [4,6].

5.1.2. Kategorie nástrojů pro práce s riziky rozdělené podle cíle sledované entity

Při výběru nástrojů pro práci s riziky technických zařízení a technických děl zacílené na bezpečnost jsou dle argumentů shrnutých v práci [7] rozhodující dva faktory:

1. Prvním faktorem je poznání, že riziko je veličina, která je místně specifická, tj. závisí na jak příčině poškození aktiva nebo souboru aktiv (tj. na charakteru a velikosti škodlivého jevu / pohromy), tak na vlastnostech aktiva či souboru aktiv (zranitelnosti) v momentě výskytu pohromy. Např. neudržovaný pojistný ventil při hraničním tlakovém rázu obvykle nesplní svou funkci [64]. Protože v čase jsou proměnné, jak stavy aktiv či souboru aktiv, tak i velikosti škodlivých jevů či pohrom, tak z pohledu zvládnutí dopadů realizovaného rizika existují tři kategorie situací, a to situace:

- normální,
- nouzová,
- kritická.

S rostoucí kategorií rostou odborné, finanční, organizační i personální nároky na řízení a vypořádání rizik spojených s těmito situacemi. Proto zde hraje velkou roli legislativa, která ukládá vlastníkům i provozovatelům technických děl požadavky na práci s riziky a veřejné správě požadavky na dozor nad bezpečností ve veřejném zájmu [7]. Na základě analýz legislativy [3,7] je současná legislativa příliš obecná; neuvádí požadavky na data a na metody zpracování dat, které zásadně určují kvalitu výsledku [69]. Z hlediska úplnosti je třeba uvést, že v České republice je na dobré úrovni odezva na nouzové a krizové situace na základě zřízení a stálého zvyšování úrovně IZS (integrovaný záchranný systém - zákon č. 239/2000 Sb.) a jaderná bezpečnost, která je pod trvalým dohledem Mezinárodní agentury pro atomovou energii.

2. Druhým faktorem je výběr typu rizika, který je třeba v řešené úloze sledovat, který závisí na určení:

- počtu aktiv a jejich vyjmenování, tj. jde o zvažování, která veřejná aktiva a která specifická aktiva technického díla v dané úloze jsou důležitá; např., zda jsou jimi i výkon, konkurenceschopnost, zisk aj.,
- zda v dané úloze hrají roli vazby a toky mezi vyjmenovanými aktivy, tj. nestačí mechanický koncept, ale je třeba zvažovat systémový koncept.

Pro krátkodobé zajištění bezpečnosti entity (např. bezpečný stav jednoduchého technického zařízení), stačí sledovat stav aktiva, tj. dílčí riziko spojené s entitou. S ohledem na bezpečí lidí legislativa ve vyspělých zemích požaduje sledovat také bezpečí osob na pracovišti (BOZP), tj. jde již o sledování dvou aktiv (životy a zdraví osob na pracovišti, kvalita pracovního prostředí), a to pomocí integrovaného rizika (tj. je zanedbána vazba stroj – člověk).

Protože technická zařízení, osoby na pracovišti a pracovní prostředí jsou provázané, je třeba pro střednědobé a dlouhodobé zajištění bezpečnosti sledovat vazby a toky mezi uvedenými dílčími systémy, tj. integrální riziko.

Proto při výběru nástrojů pro práci s riziky (identifikace, analýza, hodnocení, posouzení, řízení a vypořádání) zacílenou na bezpečnost vybrané entity je třeba v technické oblasti v případě technických děl rozlišit následující úlohy:

- výběr nástrojů pro práci s rizikem spojeným se stavem technického zařízení (cíl – bezpečné technické zařízení),
- výběr nástrojů pro práci s rizikem spojeným se stavem technické komponenty (cíl – bezpečná technická komponenta),
- výběr nástrojů pro práci s rizikem spojeným s výrobní linkou / výrobním procesem (cíl – bezpečný výrobní proces),
- výběr nástrojů pro práci s rizikem spojeným se stavem souboru procesů v podniku (cíl – bezpečný soubor procesů v podniku),
- výběr nástrojů pro práci s rizikem spojeným s celým technickým dílem (cíl – bezpečné technické dílo),
- výběr nástrojů pro práci s rizikem spojeným s technickým dílem a jeho okolím (cíl – bezpečné technické dílo a bezpečné okolí technického díla).

Na základě prací [1-7,14-25,47,69,73-79,102,122,134,149,206] nestačí při zajišťování bezpečnosti lidského systému v souvislosti s technickými díly a technologiemi (tj. koexistence technického díla s okolím během jeho provozu) jen orientace na technická díla a jejich zařízení, protože výběr nástrojů pro práci s riziky závisí na:

- charakteru sledované entity (tj. vybraného technického zařízení či vyšších systémů technického díla),
- charakteru prostředí, ve kterém sledovaná entita (tj. vybrané technické zařízení či vyšší systém technického díla) pracuje,
- režimu, v jakém sledovaná entita (tj. vybrané technické zařízení či vyšší systém technického díla) pracuje,
- požadavcích na provoz entity (tj. vybraného technického zařízení či vyšších systémů technického díla),
- také na tom, zda se požaduje řešení krátkodobé, střednědobé nebo strategické, tj. dlouhodobé.

Z pohledu podstaty [3,7,46] jsou nástroje pro práci s riziky založené na čtyřech modelech podle typu procesu, který sledují; jde o:

- problémy, které lze popsat lineárním modelem; např.: Check list (kontrolní seznam); Safety audit (bezpečnostní kontrola / audit); Human Reliability Analysis – HRA (analýza lidské spolehlivosti); zde si je třeba uvědomit omezenou správnost výsledků, protože je sledován jen jeden proces a jsou zanedbány souvislosti s ostatními procesy a s okolím,
- problémy, které lze popsat stromovým modelem; např.: Preliminary Hazard Analysis – PHA (předběžná analýza ohrožení); Quantitative Risk Analysis – QRA (analýza kvantitativních rizik procesu); Hazard Operation Process - HAZOP (analýza ohrožení a provozuschopnosti); Event Tree Analysis – ETA (analýza stromu událostí); Failure Mode and Effect Analysis – FMEA (analýza selhání a jejich dopadů); FMECA - Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (analýza módů selhání, dopadů a kritičnosti); Fault Tree Analysis – FTA (analýza stromu poruch); Probabilistic Safety Assessment – PSA (metoda

pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti); zde si je třeba uvědomit, že rozvoj nehod, havárií a selhání vychází z jednoho místa, tj. modely nepopisují případy, kdy dopady na technické dílo vzniknou z jedné příčiny na několika místech, tj. nezvažují se kombinace škodlivých jevů,

- problémy, které lze popsat modely operační analýzy; např.: metoda kritické cesty; PERT; GERT; Petriho sítě [46], přičemž poslední tři jsou dnes propracované až do formy „barevné stochastické modely“, kterými se simuluje velké množství variant možných situací, které vytváří i posuzují experti na základě svých zkušeností a údajů uvedených ve zkušenostních databázích, které jsou od 90. let minulého století cíleně budované ve vyspělých zemích [34],
- problémy nestrukturované, které lze popsat několika způsoby, např.: metodou What, If, metodou souboru scénářů, metodou souboru případových studií, metodami multikriteriálními, které jsou založené na sestavení systémů pro podporu rozhodování (Decision Support System - DSS) [46]. V uvedených případech se vychází ze zkušeností; vytvoří se řada variantních scénářů pomocí spolupráce s experty a optimální řešení se hledá pomocí teorie maximálního užitku [210].

Pro mnohé z výše uvedených metod jsou k dispozici software, která byla odvozena pro konkrétní zařízení v konkrétním místě. Pro zajištění správných výsledků v daném případě je proto třeba před použitím každého software ověřit, zda jsou splněny podmínky transferu technologií, tj. zda jsou u řešeného zařízení i v místě řešení podmínky shodné, jako byly u zařízení a v místě, pro které bylo software odvozené [34].

Na základě dat a výsledků výzkumu, které jsou uvedené v pracích [1-7,14-25,46,69,73-79,102,122,134,149,206,216,217,225-246,250], a zkušenostech autorů z praxe, je sestavena tabulka 35, ve které jsou uvedeny pro jednotlivé úlohy doporučené nástroje, charakterizované v práci [46]. Podle složitosti entity jsou rozlišeny tři cíle práce s riziky, a to:

- bezpečnost provozu „operation safety“,
- bezpečnost procesu (provoz komponenty, výrobní linky) „proces safety“,
- bezpečnost celku „integral safety“.

Protože čím vyššího typu je použit nástroj, tak tím vyšší jsou náklady (znalosti, finance, čas) na jeho použití, tak v tabulce jsou v každém případě uvedeny jen nákladově nejnižší nástroje, které mají na základě současných znalostí a zkušeností schopnost vyřešit úkol, jestliže jsou dodržována základní pravidla kultury bezpečnosti, provozní předpisy odpovídající podmínkám provozu; tj. není zvažován úmysl s cílem poškodit entitu.

Tabulka 35. Nástroje pro práci s riziky roztříděné podle cíle řešené úlohy*).

| Cíl práce s riziky | Nástroj | Poznámka |
|--|---|---------------------------------------|
| Provozeroschopné jednotlivé technické zařízení (např. stroj) | Kontrolní seznam / Bezpečnostní audit, What, If | Předmětem sledování je jedno aktivum. |

| | | |
|---|--|---|
| Zabezpečené jednotlivé technické zařízení (stroj je provozuschopný a obsluha je v bezpečí) | Kontrolní seznam / Bezpečnostní audit, What, If | Předmětem sledování jsou 2 aktiva – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci. |
| Bezpečné jednotlivé technické zařízení (stroj neohrožuje sebe ani za kritických podmínek a nemá škodlivé dopady na okolí), tj. jeho obsluha je v bezpečí a výrobky jsou bezpečné | DSS | Předmětem sledování je více provázaných aktiv – protože může dojít ke konfliktům, tak se nejčastěji používá teorie maximálního užitku [210]. |
| Provozuschopná technická komponenta (několik propojených technických zařízení) | Kontrolní seznam / Bezpečnostní audit, What, If, stromové modely | Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci. |
| Zabezpečená technická komponenta (několik propojených technických zařízení je provozuschopných a obsluha je v bezpečí) | What, If, stromové modely, metody operační analýzy, DSS | Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci, anebo použití teorie maximálního užitku [210]. |
| Bezpečná technická komponenta (několik propojených technických zařízení neohrožuje sebe ani za kritických podmínek a nemá škodlivé dopady na okolí), tj. obsluha je v bezpečí a výrobky jsou bezpečné | What, If, metody operační analýzy, DSS | Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci, anebo použití teorie maximálního užitku [210]. |
| Provozuschopnost výrobního procesu (výrobní linky) | What, If, Kontrolní seznam / Bezpečnostní audit, stromové modely | Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci. |

| | | |
|---|--|--|
| <p>Zabezpečený výrobní proces / výrobní linka (výrobní linka je provozuschopná a obsluha je v bezpečí)</p> | <p>What, If, stromové modely, metody operační analýzy, DSS</p> | <p>Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci, anebo použití teorie maximálního užitku [210].</p> |
| <p>Bezpečný výrobní proces / výrobní linka (výrobní linka neohrožuje sebe ani za kritických podmínek a nemá škodlivé dopady na okolí), tj. obsluha je v bezpečí a výrobky jsou bezpečné</p> | <p>What, If, metody operační analýzy, DSS</p> | <p>Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci, anebo použití teorie maximálního užitku [210].</p> |
| <p>Provozuschopnost souboru procesů v podniku</p> | <p>What, If, metody operační analýzy, DSS</p> | <p>Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci, anebo použití teorie maximálního užitku [210].</p> |
| <p>Zabezpečený soubor procesů v podniku (soubor procesů je provozuschopný a obsluha je v bezpečí)</p> | <p>What, If, Stochastické metody operační analýzy, DSS</p> | <p>Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné pravidlo pro agregaci, anebo použití teorie maximálního užitku [210].</p> |
| <p>Bezpečný soubor procesů v podniku (soubor procesů neohrožuje sebe ani za kritických podmínek a nemá škodlivé dopady na okolí), tj. obsluha je v bezpečí a výrobky jsou bezpečné</p> | <p>DSS</p> | <p>Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné použití teorie</p> |

| | | |
|---|-----|--|
| | | maximálního užitku [210]. |
| Provozoschopné technické dílo | DSS | Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné použití teorie maximálního užitku [210]. |
| Zabezpečené technické dílo (technické dílo je provozuschopné a obsluha je v bezpečí) | DSS | Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné použití teorie maximálního užitku [210]. |
| Bezpečné technické dílo (technické dílo neohrožuje sebe ani za kritických podmínek a nemá škodlivé dopady na okolí), tj. obsluha je v bezpečí a výrobky jsou bezpečné | DSS | Předmětem sledování je několik propojených technických a dalších aktiv a okolí – protože může dojít ke konfliktům, tak je nutné použití teorie maximálního užitku [210]. |

**) V dané souvislosti si je třeba uvědomit pojmy – provozuschopnost znamená spolehlivé plnění úkolů; bezpečný znamená zabezpečený, spolehlivý a funkční.*

Na základě zkušeností z praxe, je v provozní praxi technických děl a jejich částí uplatnitelný nástroj, který je rychlý a nepříliš náročný na znalosti a čas. Proto byla na základě dat [3,4,6,7,81] sledována užitečnost nástrojů pro řízení rizik při provozu technických děl. Výsledek sledování ukázal, že u:

- nepřiliš složitých objektů je osvědčeným nástrojem kontrolní seznam, který je místně specifický a má správně nakalibrovanou stupnici pro vyhodnocení rizika,
- nepřiliš propojených objektů je osvědčeným nástrojem soubor kontrolních seznamů, které jsou místně specifické a mají správně nakalibrované stupnice pro vyhodnocení rizik, přičemž výsledky těchto kontrolních seznamů se určeným a místně specifickým způsobem agregují,
- u složitých objektů se nejvíce osvědčily DSS, které zvažují jak propojitelnost aktiv, tak změny v čase a externí zdroje rizik.

5.1.3. Shrnutí obecných zásad pro práci s riziky

Na základě komplexní analýzy a kritického posouzení několika tisíc odborných prací a výsledků z praxe, jejichž výsledky jsou v pracích [1-7], je nutné při řešení problémů bezpečnosti kritických objektů použít systémový přístup (tj. zaměřit se na integrální riziko) a nejprve vybrat správný koncept práce s riziky (tj. kontext, v němž rizika sledujeme) a poté respektovat logický model práce s riziky. Klíčové koncepty inženýrství zaměřených na bezpečnost jsou:

1. Přístupy jsou založené na riziku - intenzita prací a dokumentace je přiměřená úrovni rizika.
2. Odborný přístup je založen na tom, že se zvažují jen kritické atributy kvality a kritické parametry procesu.
3. Řešení problémů se orientuje na kritické položky – sledují a řídí se kritické aspekty technických systémů zajišťujících konzistenci operací systémů.
4. Proověřené parametry kvality se objevují již v návrhu projektu.
5. Důraz na kvalitní inženýrské postupy – musí se prokazovat správnost zvolených postupů v daných podmínkách.
6. Zacílení na zvyšování bezpečnosti - neustále zlepšování procesů s využitím analýzy kořenových příčin poruch a selhání.

Snižování jakéhokoliv rizika je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků, apod., a proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné riziko snížit tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné. Tato míra rizika (určitá optimalizace) je většinou předmětem vrcholového řízení a výsledkem politického rozhodování, při kterém je z hlediska zajištění rozvoje nutné, aby se využily současné vědecké a technické poznatky a zohlednily ekonomické, sociální a další podmínky.

Rizika byla, jsou a budou a neustále se budou objevovat nová. Řízení a vypořádání rizik, které způsobují pohromy, vyžaduje rozměr a měření rizika, které berou v úvahu nejen fyzické škody, oběti a ekvivalent ekonomických ztrát, ale i sociální, organizační a institucionální faktory. Většina technik na určování rizika nereprezentuje holistický přístup a nerespektuje, že riziko je rozdělené na lokální, regionální i státní úroveň [5].

Při práci s riziky si je třeba uvědomit, že úkolem řízení rizika je najít optimální způsob, jak vyhodnocená rizika snížit na požadovanou společensky přijatelnou úroveň, případně je na této úrovni udržet. Základní principy při práci s riziky jsou:

- být proaktivní,
- domýšlet možné důsledky,
- správně určovat priority veřejného zájmu,
- myslet na zvládnutí problémů,
- zvažovat synergie,
- být ostražitý.

V případě, že sledované riziko není přijatelné, tak je třeba zvážit situaci a vybrat některou z dále uvedených činností [3,7]:

- vyhnutí se riziku (tj. nezahájit nebo nepokračovat v činnostech, které jsou zdrojem rizika, když to jde – u přírodních pohrom to nejde a mnohdy to nejde ani u technologií, které ještě nejsou plně odzkoušeny v praxi),
- odstranění zdrojů rizik (tj. zabránění vzniku pohrom, když to jde – u přírodních pohrom to nejde a u technologických procesů, např. těch, které pracují s nebezpečnými látkami, to také mnohdy nejde),
- snížení pravděpodobnosti výskytu rizika, tj. výskytu větších pohrom (např. snížením množství nebezpečných chemických látek v podnicích, když to jde – u přírodních pohrom to nejde),
- snížení závažnosti dopadů rizika (tj. příprava zmírňujících opatření jako jsou varovací systémy, systémy odezvy a obnovy),
- sdílení rizika (tj. rozdělení rizika mezi zúčastněné a pojišťovny),
- retence rizika.

Podle Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO) kvalifikované řízení rizik technického díla musí:

- být součástí systému řízení sledovaného technického díla.
- být součástí každého procesu rozhodování sledovaného technického díla,
- explicitně zvažovat nejistoty a neurčitosti v procesech a podmínkách sledovaného technického díla a jeho okolí,
- být systematické a strukturované,
- vycházet z nejlepších dostupných informací,
- být dynamické a vhodně reagovat na různé změny,
- být uzpůsobeno místním podmínkám a legislativním požadavkům,
- respektovat vliv člověka (lidský faktor) na technické dílo,
- mít schopnost neustálého zlepšování.

5.2. DSS pro řízení rizik technického díla při provozu

Při sestavování systému pro podporu rozhodování pro technická díla (složená i složitá typu SoS) založeného na hodnocení úrovně práce s riziky všeho druhu ve prospěch bezpečnosti technického díla při provozu je nutné vzít v úvahu, že kompetence a odpovědnosti, které uvolňují potřebné zdroje na opatření a činnosti na řízení a vypořádání rizik ve prospěch bezpečnosti závisí na úrovni organizační struktury. V práci [6] bylo ukázáno rozdělení odpovědností za řízení rizik technických děl ve prospěch bezpečnosti ve státě.

Organizační struktura technických děl je mechanismus, který slouží ke koordinaci a řízení provozu technických děl. Dle [273-275] představuje hierarchické uspořádání vztahů nadřízenosti a podřízenosti a řeší vzájemné pravomoci (kompetence), vazby a odpovědnost. Uvolnění velkých finančních a dalších prostředků na řízení a vypořádání rizik pochopitelně je jen na nejvyšší hierarchické úrovni. Složitá technická díla mají

několik hierarchických úrovní. Podle zkušeností z praxe [81] při tvorbě DSS předpokládáme organizační strukturu technického díla takto:

- vrcholový management,
- vyšší management – odpovídá za projekty (např. výsledek souboru několika výrobních linek),
- střední management – odpovídá za procesy (např. jedna výrobní linka),
- technický management – odpovídá provoz jednotlivých technických zařízení,
- personál (kritický a podpůrný) – odpovídá za technické činnosti.

Při sestavování DSS jsou brány v úvahu aspekty, které posuzují:

- způsob zvažování rizik a jejich zdrojů,
- dosaženou úroveň bezpečí při daném provedení technického díla,
- technickou úroveň zavedených opatření,
- materiálovou a energetickou náročnost,
- rychlost realizace opatření,
- nároky na personál,
- nároky na informační zajištění,
- nároky na finance,
- nároky na odpovědnost,
- a také nároky na řízení všech zúčastněných (tj. jak řízení technického díla, tak řízení území).

Na základě požadavků na práci s riziky technických děl, uvedenými v kapitole 2 a v odkazech, které jsou použity při jejím sestavení a vyhodnocení shromážděných dat o haváriích a selháních a s nimi souvisejícími poučeními citovanými v odstavci 4.3., je sestaven kontrolní seznam pro hodnocení rizik spojených s provozem technického díla, tabulka 36 s filozofií, čím vyšší riziko, tím nižší je bezpečnost technického díla, což znamená i nižší míra koexistence technického díla s okolím.

Pro aplikaci v praxi jsou ke kontrolnímu seznamu přiřazeny dvě stupnice: jedna v tabulce 37 pro posuzování vybraných kritérií při použití klasifikační stupnice (0-5) a konceptu „čím vyšší hodnota, tím je vyšší riziko [210], tj. je nižší koexistence technického díla s okolím“; a druhá stupnice pro vyhodnocení celého kontrolního seznamu založeného na principu, který byl zaveden do norem ČSN v 80. letech minulého století, tabulka 38.

Tabulka 36. Kontrolní seznam pro posuzování rizika spojeného s koexistencí navrhovaného technického díla a jeho okolí. Počet kritérií n = 302.

| Kritérium | Hodnocení | Pozn. |
|--|-----------|-------|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla chápe a realizuje odpovědnost za integrální bezpečnost technického díla ^{*)} . | | |

| | | |
|---|--|--|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady pohrom dle přístupu All-Hazard-Approach, které jsou možné v území a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady možných nadprojektových živelních pohrom v daném území a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady pádu letadla, požáru a výbuchu v okolí technického díla a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku vnější elektrické sítě a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku vnějších dodávek vody a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady ztráty komunikačního spojení se světem a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady poruchy dopravního spojení se světem; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady poruch v dodávkách materiálu; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady poruch v odběru zboží a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady změn orientace veřejné správy (ztráta podpory) a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nedostatku pracovních | | |

| | | |
|---|--|--|
| sil a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nedostatku kvalifikovaných pracovních sil a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výrazného zvýšení daní a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výrazné změny úrokových sazeb a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nepřidělení dotací a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady odbytové krize a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady rychlých a výrazných změn v cenové politice na trhu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nesolventnosti zákazníků a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady selhání smluv s dodavateli a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady selhání smluv s odběrateli a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady války a provádí ochranná opatření; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|---|--|--|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady boje o moc mezi politickými rivaly a provádí ochranná opatření; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady úmyslného poškozování good will a provádí ochranná opatření; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady teroristického fyzického útoku z okolí a provádí ochranná opatření; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady hackerského útoku z okolí a provádí ochranná opatření; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady útoků nátlakových skupin a provádí ochranná opatření; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady neoprávněného užívání duševního vlastnictví firmy a provádí ochranná opatření; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady špatné spolupráce s místní veřejnou správou a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady vnitřního požáru a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady vnitřního výbuchu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady kontaminace ovzduší na pracovištích a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady kontaminace pitné a užitkové vody na pracovištích a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|---|--|--|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady kontaminace zařízení a staveb na pracovištích a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku vnitřního rozvodu elektrické energie a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku vnitřního osvětlení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku vnitřního rozvodu pitné a užitkové vody a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku chladicího systému a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku větrání na pracovišti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku vnitřní komunikační sítě a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady poruchy rozvozu materiálu či polotovarů mezi pracovišti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady poruchy odvozu / odběru výrobků mezi pracovišti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku nouzového osvětlení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku nouzového | | |

| | | |
|--|--|--|
| komunikačního systému a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady výpadku nouzového hasícího zařízení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nepřijetí nápravných opatření v případě zjištění chyb v projektu či konstrukci technologického vybavení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nesledování skoro nehod a malých nehod a nevypracování poučení s cílem jim zabránit a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady neprovedení nápravných opatření (technických i organizačních) s cílem snížit výskyt skoro nehod a malých nehod a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nezavedení kvalitního monitoringu stavu kritických zařízení, kritických komponent a kritických systémů s cílem včas odhalit: poškození tlakových potrubí s chladícím médiem nebo užitkovou vodou nutnou pro provoz; poškození nebo netěsností ventilů u tlakových nádob, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady špatné údržby a provádí nápravu zjištěných nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady špatně provedených oprav technických zařízení a jejich propojení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady špatné reakce technických zařízení a jejich propojení na změnu provozních podmínek s cílem zajistit včasnou výměnu nebo modifikace strojů, zařízení, komponent či systémů, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|---|--|--|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady neexistence ochranných bariér pro: práci obsluhy (např. kryty na strojích s rotujícím zařízením či s řeznými noži; opatření pro práci ve výškách či pod vodou apod.); kritické činnosti (např. digestoře pro provádění kritických chemických reakcí); a nakládání s odpady (např. nádoby pro sběr zbytků olejů, tuhých odpadů apod.), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb v podporách provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nedostatku místa na pracovišti pro umístění výrobního materiálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady nedostatku místa na pracovišti pro umístění / skladování hotových produktů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chybějících záložních zdrojů energie pro zařízení, která musí pracovat v nepřetržitém provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chybějících záložních zdrojů chladiva pro zařízení, která musí pracovat v nepřetržitém provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku strategie, koncepce a provozních podmínek a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku systému řízení integrální bezpečnosti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku dlouhodobé strategie rozvoje a provádí nápravu | | |

| | | |
|---|--|--|
| nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku řešení konfliktů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku efektivity řízení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku vertikální i horizontální komunikace a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku řídicího stylu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku funkčnosti koordinace funkcí a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku řídicí schopnosti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku porozumění zákazníkům a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti předpokládat vývoj vnějšího prostředí a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku objektivitu hodnocení organizačních kompetencí a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení | | |

| | | |
|---|--|--|
| na úseku využití rozvojového potenciálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku angažovanosti top managementu ve prospěch technického díla a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku časových nároků provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku komunikační strategie s příslušnou veřejnou správou a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku komunikační strategie s podřízenými a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku dostatečnosti monitorování výsledků a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku dostatečného využití lidských zdrojů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku smluvního zajištění včasných dodávek materiálů a surovin či služeb a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku smluvního zajištění včasného odběru produktů nebo služeb a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti přizpůsobit se změnám obecně | | |

| | | |
|---|--|--|
| závazných předpisů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti přizpůsobit se změnám v systému daní a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti přizpůsobit se změnám v úrokových sazbách a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti přizpůsobit se změnám situace na trhu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti přizpůsobit se změnám podpory ze strany státu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti zajistit dostatečné množství kvalifikovaného personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku schopnosti zajistit finanční rezervy pro provoz při vnějších změnách a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zájmu o bezpečné technické dílo a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku úrovně potřebných technických znalostí a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku dokumentace pro bezpečný provoz a provádí | | |

| | | |
|---|--|--|
| nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku kvality standardů, norem a postupů pro řízení změn a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku dohledu a kontroly provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku stanovení odpovědností a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění informovanosti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění dostatečného systému odezvy na nouzové situace a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku stanovení požadavků na kvalifikovanost a dovednost obsluhy a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění kvalitního systému vzdělávání personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění pracovní disciplíny při práci v nebezpečných provozech a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění kvalitního technického řízení strojů, zařízení, komponent a systémů a provádí nápravu nedostatků; | | |

| | | |
|---|--|--|
| tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění kvalitního automatického řízení strojů, zařízení, komponent a systémů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku monitoringu provozu zacíleného na bezpečnost provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku systému provádění technických inspekcí a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku systému financování zacíleného na bezpečnost provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku finančních rezerv na obnovu strojů, zařízení, komponent a systémů po provozní havárii a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku finančních rezerv na obnovu strojů, zařízení, komponent a systémů po nadprojektové havárii a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zpracování poplachového plánu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zpracování potřebných nouzových (vnitřních) plánů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|---|--|--|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zpracování plánu kontinuity pro extrémní situace a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku rozmístění požární signalizace a hasících přístrojů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku ochrany proti organizačním haváriím (tj. není: strategická koncepce řízení technického díla v čase, kvalitní monitoring rizik a program na zvyšování bezpečnosti) a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku kvality provozních předpisů pro normální provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku kvality provozních předpisů pro abnormální provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku kvality provozních předpisů pro kritický provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku kvalitní přípravy výrobních procesů před jejich zahájením a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku kontroly strojů a zařízení před zahájením kritické výrobní operace a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku ověřování kvalifikace a dovednosti kritického | | |

| | | |
|--|--|--|
| personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku sestavení a ověření postupů pro kritické procesy a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku důkladné kontroly kvality výstupů z kritických procesů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku postupů pro účinnou odezvu na kritické podmínky a materiální, technické, finanční a personální rezervy na její provedení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku předpisy pro obsluhu při výskytu: vnějších pohrom (živelní pohromy, pád letadla, nepříznivé klimatické podmínky, přerušení zásobování technického díla elektřinou, vodou apod. od vnějších sítí; vnitřních pohrom (požár, výbuch, výpadek elektrické energie, výpadek dodávek vody či jiného chladiva, výpadek nouzového osvětlení, zatopení objektu, výpadek vnitřní komunikační sítě, požár, výbuch, výpadek informační sítě); technických poruch (neseřízené stroje; neseřízená zařízení; neseřízené komponenty; neseřízené systémy; použití špatných údajů při seřízení zařízení; porucha nebo selhání bezpečnostních pojistek, zařízení či systémů; poškození kritických zařízení, komponent či potrubí – např. tlakové nádoby, potrubí s chladivem; netěsné ventily; selhání blokovacích zařízení; poruchy svarů, kabelů, čerpadel, kompresorů, diesel generátorů; elektrický zkrat; nefunkčnost zařízení pro varování v případě nouze; vyřazení automatických hasicích přístrojů v případě nouze; zaseknutý pojistný ventil; nedostatečné chlazení; nedostatečná ochrana při práci s nebezpečnými látkami nebo ionizujícím zářením; nedostatečná úprava práce s nebezpečnými látkami či ionizujícím zářením; špatné kontakty na relé v řídicím systému; nevhodné kontejnery pro skladování nebo přesun nebezpečných látek; špatně provedená přeprava materiálů, polotovarů či výrobků; apod.); nejsou určeny odpovědnosti za výrobní operace a zásady vzájemné pomoci (kultura bezpečnosti), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku dostatečnosti ochrany prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při nadprojektové havárii a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění kvalitních pracovních podmínek pro lidi a kvalitní režimová opatření pro provozu strojů, zařízení, komponent a systémů zohledňující možnosti obslužného personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění dostatečné ochrany životů, zdraví a bezpečí obslužného personálu za všech možných podmínek a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění dostatečné ochrany životů, zdraví a bezpečí kontraktorů za všech možných podmínek a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění dostatečné ochrany životů, zdraví a bezpečí návštěvníků za všech možných podmínek a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění dostatečné ochrany strojů, zařízení, komponent a systémů technického zařízení před podvodným nebo nebezpečným jednáním lidí z obsluhy, personálu kontraktorů či skupiny návštěvníků a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění vytváření příznivé atmosféry na pracovišti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení | | |

| | | |
|---|--|--|
| na úseku zajištění prosazování zásad kultury bezpečnosti na pracovišti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku a finančních odměn a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění otevřené komunikace na všech úrovních řízení technického díla a mezi nimi o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění fyzické ochrany prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění kybernetické ochrany prioritních automatických strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění rezerv na dekontaminaci strojů, zařízení, komponent a systémů po ukončení provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění kvalitní spolupráce s veřejnou správou, jako je předávání podkladů pro vnější nouzové (havarijní) plány a vzájemné podpory zacílená na zvládnutí krizových situací a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění prověřování účinnosti organizačních opatření a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění kvalitní spolupráce s ostatními technickými díly, které jsou vzájemně provázané územně, výrobou, podobnou technologií aj. a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění správného vyhodnocování rizik a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké vrcholový management technického díla a řídicí dokumenty pro provoz zvažují dopady chyb vrcholového řízení na úseku zajištění ověřených předpisů pro: řízení přepravy, manipulace a skladování materiálů, výrobků a odpadů, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů (vyšší management) technického díla chápe a realizuje odpovědnost za bezpečnost projektů technického díla ^{*)} ; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku realizace účinného řízení bezpečnosti projektů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku realizace nedostatečného povědomí o rizicích a bezpečnosti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku realizace komunikace vertikální i horizontální a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku realizace řídicího stylu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady | | |

| | | |
|---|--|--|
| chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku realizace slabé angažovanosti vyššího managementu ve prospěch projektu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku monitoringu výsledků projektu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku využití lidských zdrojů a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku dohledu a kontroly nad projektem a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku stanovení odpovědností v projektu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku zajištění informovanosti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku odezvy na nouzové situace a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku řízení v oblasti technické, IT, organizace pro ovládání obsluhy, strojů, zařízení, komponent a systémů a nakládání s odpady, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady | | |

| | | |
|---|--|--|
| chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku odezvy na nouzové situace a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku monitoringu provozu zacíleného na bezpečnost zahrnující kvalitní výrobu či kvalitní obslužnost a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku provádění technických inspekcí a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku provozních předpisů pro normální provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku provozních předpisů pro abnormální provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku provozních předpisů pro kritický provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku údržby a kontroly její kvality a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku kvalitní přípravy kritických výrobních procesů před jejich zahájením a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku požadavku na kontrolu strojů a zařízení před zahájením kritické výrobní operace a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku ověřování kvalifikace a dovednost kritického personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku zajištění kvalitních pracovních podmínek lidí a kvalitních režimových opatření při provozu strojů, zařízení, komponent a systémů zohledňující možnosti obslužného personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku ochrany životů, zdraví a bezpečí obslužného personálu za všech podmínek v pracovním prostředí (ochranné pomůcky, úkryty, evakuace) a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku provozních předpisů pro kritický provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku vytváření příznivé atmosféry na pracovišti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku prosazování zásad kultury bezpečnosti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku, financí a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku otevřenosti komunikace na všech úrovních řízení technického díla a mezi nimi o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku fyzické ochrany prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku kybernetické ochrany prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku práce s riziky a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku manipulace a přepravy materiálů, meziproductů a výrobků, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku skladování a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady | | |

| | | |
|---|--|--|
| chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku řízení provozu provázaných systémů technických zařízení a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku řízení klíčových procesů (process safety management) a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku pracovních režimů u kritických zařízení, komponent a systémů (integrity management strategy) a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku stanovení bariér, limit a podmínek pro kritické procesy a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku stanovení reakcí na změny a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku zabránění práci / provozu mimo dovolené limity (znamající porušení provozních předpisů), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku strategie údržby kritických technických zařízení, jejich propojení a infrastruktur podporujících jejich provoz a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku plánů pro zvládnutí nouzových situací a provádí nápravu nedostatků; | | |

| | | |
|--|--|--|
| tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku správnosti informací o provozu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku zásobování materiálem a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku pořádku na pracovišti a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku vzdělávání personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku motivace kritického personálu a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku varovacího systému, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku vyznačení evakuačních tras, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku úkryty pro zaměstnance pro případ potřeby a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké management projektů technického díla (výrobních celků) a řídicí dokumenty pro realizaci projektů zvažují dopady chyb vyššího managementu (řízení projektů) na úseku odzkoušení způsobu přechodu činností z obvyklých zařízení, komponent či systémů na záložní, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů (střední management) technického díla chápe a realizuje odpovědnost za bezpečnost procesů technického díla ^{*)} ; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku řízení bezpečnosti procesů, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku nastavení pracovních režimů (zatížení personálu, zajištění požadované kvality výstupu), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku povědomí o bezpečnosti a povědomí o rizicích, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku komunikace vertikální i horizontální, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku řídicího stylu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku angažovanosti managementu procesu ve | | |

| | | |
|---|--|--|
| prospěch procesu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku monitorování výsledků, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku využití lidských zdrojů, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku dohledu a kontroly, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku stanovení odpovědnosti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku informovanosti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku odezvy na nouzové situace, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku řízení v oblasti technické, IT, organizace pro ovládání obsluhy, strojů, zařízení, komponent a systémů a nakládání s odpady, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku monitoringu provozu zacíleného na bezpečnost zahrnující kvalitní výrobu či kvalitní obslužnost, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku údržby a kontroly její kvality, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku provádění technických inspekcí, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku provozních předpisů pro normální provoz, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku provozních předpisů pro abnormální provoz, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku provozních předpisů pro kritický provoz, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku přípravy kritických výrobních procesů před jejich zahájením, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku přípravy kritických výrobních procesů před jejich zahájením, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|---|--|--|
| procesů) na úseku vyžadování kontroly strojů a zařízení před zahájením kritické výrobní operace, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku ověřování kvalifikace a dovednosti kritického personálu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku kvality pracovních podmínek lidí a kvality režimových opatření při provozu strojů, zařízení, komponent a systémů zohledňujících možnosti obslužného personálu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku ochrany životů, zdraví a bezpečí obslužného personálu za všech podmínek v pracovním prostředí (ochranné pomůcky, úkryty, evakuace), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku péče zaměřené na vytváření příznivé atmosféry na pracovišti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku prosazování zásad kultury bezpečnosti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku, financí, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci | | |

| | | |
|---|--|--|
| procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku otevřené komunikace na všech úrovních řízení technického díla a mezi nimi o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku fyzické ochrany prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku kybernetické ochrany prioritních strojů, zařízení, komponent a systémů při normálních, abnormálních a kritických podmínkách, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku práce s riziky, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku postupů pro manipulaci a přepravu materiálů, meziproductů a výrobků, , a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku postupů pro skladování, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku řízení provozu provázaných systémů technických zařízení, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) | | |

| | | |
|--|--|--|
| procesů) na úseku řízení klíčových procesů (postupy „process safety management“), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku pracovních režimů u kritických zařízení, komponent a systémů (postupy „integrity management strategy“), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku stanovení bariéry, limit a podmínek pro kritické procesy, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku stanovení reakcí na změny, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku zabránění práci/provozu mimo dovolené limity (prosazování kultury bezpečnosti, pravidla správného chování konání, vykonávání odpovědnosti, dodržování zásad vzájemné pomoci, provádění kalibrace a kontroly zdrojů před zahájením provozu), a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku plánů pro zvládnutí nouzových situací, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku správnosti údajů o provozu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku zásobování materiálem, a provádí nápravu | | |

| | | |
|--|--|--|
| nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku pořádku na pracovišti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku vzdělávání personálu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku motivace kritického personálu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku varovacího systému, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku vyznačení evakuačních tras, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku úkryty pro zaměstnance pro případ potřeby, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku odzkoušení způsobu přechodu činnosti z obvyklých zařízení, komponent či systémů na záložní, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku zajištění preventivní údržby kritických zařízení, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management procesů technického díla (výrobních linek, složených komponent) a řídicí dokumenty pro realizaci procesů zvažují dopady chyb středního managementu (řízení procesů) na úseku správnosti postupu (režimu) práce, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení (technický management) technického díla chápe a realizuje odpovědnost za bezpečnost konkrétních technických zařízení technického díla ^{*)} ; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku údržby a kontroly její kvality, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku řízení bezpečnosti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku správnosti pracovního režimu a nakládání s odpady, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku komunikace vertikální i horizontální, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku péče zaměřené na vytváření příznivé atmosféry na pracovišti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|---|--|--|
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku prosazování zásad kultury bezpečnosti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku posilování motivace obslužného personálu ke kvalitní práci a k bezpečnému chování pomocí zvláštní péče o pracovníky, výcviku, financí, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku zajištění otevřené komunikace o problémech výrobních, bezpečnostních a dalších, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku zajištění fyzické ochrany prioritních strojů a zařízení při normálních, abnormálních a kritických podmínkách, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku zajištění kybernetické ochrany prioritních strojů a zařízení při normálních, abnormálních a kritických podmínkách, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku práce s riziky, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku manipulace a přepravy materiálů, meziproductů a výrobků, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují | | |

| | | |
|--|--|--|
| dopady chyb technického managementu na úseku skladování materiálů, meziproductů a výrobků, nakládání s odpady, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku řízení bezpečnosti při provádění klíčových operací, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku dodržování pracovních režimů u kritických operací, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku dodržování bariér, limit a podmínek při kritických operacích, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku dodržování předepsaných reakcí na změny, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku zabraňování práci /provozu mimo dovolené limity, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku zvládnutí nouzových situací, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku dodržování požadavků BOZP, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují | | |

| | | |
|--|--|--|
| dopady chyb technického managementu na úseku správnosti údajů o provozu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku zásobování materiálem, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku pořádku na pracovišti, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku vzdělávání obsluhy, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku motivace kritického personálu, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku varovacího systému, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku vyznačení evakuačních tras, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku úkrytů pro zaměstnance pro případ potřeby, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku odzkoušení způsobu přechodu činnosti z obvyklých zařízení, komponent či systémů na záložní, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku dodržování pravidel preventivní údržby, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku navrženého postupu (režimu) práce, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku výcviku obsluhy technických zařízení, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku zajištění funkčnosti bariér a dodržování limit a podmínek při kritických operacích, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké management konkrétních technických zařízení a řídicí dokumenty pro ovládání technických zařízení zvažují dopady chyb technického managementu na úseku dodržování stanovených reakcí na změny, a provádí nápravu nedostatků; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké kritický personál provádějící konkrétní pracovní úkony v provozu technického díla chápe a realizuje odpovědnost za bezpečnost úkonů ^{*)} , tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké má kritický pracovník provádějící konkrétní pracovní úkony vzdělání; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké má kritický pracovník provádějící konkrétní pracovní úkony výcvik a dovednost; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké má kritický pracovník provádějící konkrétní pracovní úkony povědomí o rizicích a bezpečnosti; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké kritický pracovník provádějící konkrétní pracovní úkony dodržuje pravidla kultury bezpečnosti; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |

| | | |
|--|--|--|
| Míra, v jaké má kritický pracovník provádějící konkrétní pracovní úkony schopnost a motivaci dodržovat výrobní předpisy a pravidla správného nakládání s odpady; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké má kritický pracovník provádějící konkrétní pracovní úkony nekalý úmysl; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké pomocný personál provádějící podpůrné pracovní úkony v provozu technického díla chápe a realizuje odpovědnost za bezpečnost úkonů ^{*)} , tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké pomocný pracovník provádějící podpůrné pracovní úkony dodržuje pravidla kultury bezpečnosti; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké má pomocný pracovník provádějící podpůrné pracovní úkony motivaci provádět úkony bezpečně a správně nakládat s odpady; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké má pomocný pracovník provádějící podpůrné pracovní úkony odpovědnost provádět úkony bezpečně a správně nakládat s odpady; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké má pomocný pracovník provádějící podpůrné pracovní úkony nekalý úmysl; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu v daném případě. | | |
| Míra, v jaké hardware informačního systému technického díla podporujícího organizaci a provoz je zabezpečené proti dopadům pohrom dle přístupu All-Hazard-Approach, které jsou možné v technickém díle a okolním území, aby byl zajištěn bezpečný provoz technického díla. | | |
| Míra, v jaké software informačního systému technického díla podporujícího organizaci a provoz respektuje dopady pohrom dle přístupu All-Hazard-Approach, které jsou možné v technickém díle a okolním území, aby byl zajištěn bezpečný provoz technického díla. | | |
| Míra, v jaké kanály pro přenos informací technických i organizačních v technickém díle jsou zabezpečené proti dopadům pohrom dle přístupu All-Hazard-Approach, které jsou možné v technickém díle a okolním území, aby byl zajištěn bezpečný provoz technického díla. | | |
| Míra, v jaké je zajištěn přenos informací technických i organizačních v technickém díle při selhání informační infrastruktury. | | |

| | | |
|---|--|--|
| Míra, v jaké je zabráněno nakažení kritických informačních systémů technického díla červy, útokům hackerů apod.; tj. míra úrovně zajištění bezpečného provozu technického díla. | | |
| Míra, v jaké platná legislativa vyžaduje od provozovatele a vlastníka technického díla zajištění integrální bezpečnosti technického díla. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa zajišťuje kvalitu vzdělání o rizicích a bezpečnosti. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa provádí dozor nad integrální bezpečností technického díla. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa prosazuje u provozovatele opatření podporující integrální bezpečnost technického díla. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa monitoruje integrální bezpečnost technického díla. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa kontroluje dodržování požadavků BOZP. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa kontroluje dodržování požadavků ochrany životního prostředí. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa kontroluje dodržování požadavků ochrany spotřebitele. | | |
| Míra, v jaké veřejná správa spolupracuje s provozovatelem technického díla při zajišťování bezpečnosti v kritických situacích. | | |

**) Pozn.: integrální bezpečnost technického díla je míra, v jaké technické dílo ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí; bezpečnost projektů technického díla je míra, v jaké projekt ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí; bezpečnost procesu je míra, v jaké proces ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí; bezpečnost konkrétního technického zařízení je míra, v jaké technické zařízení ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí; bezpečnost úkonu je míra, v jaké úkon ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí.*

Tabulka 37. Hodnotová stupnice pro určení míry rizika, které provozované technické dílo znamená pro své okolí; navržena analogicky ke stupnicím uvedeným a popsáným v práci [5]; p – roční pojištění, ABT – roční rozpočet území.

| Oblast | Míra rizika | |
|----------|-------------|---|
| | Klasifikace | Komentář |
| Sociální | 0 | Havárií či selháním technického díla je postiženo do 50 lidí |
| | 1 | Havárií či selháním technického díla je postiženo 50-500 lidí |

| | | |
|------------------------|---|--|
| | 2 | Havárií či selháním technického díla je postiženo 500-5000 lidí |
| | 3 | Havárií či selháním technického díla je postiženo 5000–50 000 lidí |
| | 4 | Havárií či selháním technického díla je postiženo 50 000– 500 000 lidí |
| | 5 | Havárií či selháním technického díla je postiženo nad 500 000 lidí |
| Technická a ekonomická | 0 | Havárie či selhání technického díla způsobí škody do 0.5 p |
| | 1 | Havárie či selhání technického díla způsobí škody rovné p |
| | 2 | Havárie či selhání technického díla způsobí škody větší než p a menší než 0.05 ABT |
| | 3 | Havárie či selhání technického díla způsobí škody mezi 0.05 ABT–0.075 ABT |
| | 4 | Havárie či selhání technického díla způsobí škody mezi 0.75 ABT–0.1 ABT |
| | 5 | Havárie technického díla způsobí škody větší než 0.1 ABT |
| Životní prostředí | 0 | Havárie či selhání technického díla způsobí malé poškození životního prostředí |
| | 1 | Havárie technického díla způsobí poškození životního prostředí, které vyrovná příroda během času |
| | 2 | Havárie či selhání technického díla způsobí mírné poškození neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací |
| | 3 | Havárie či selhání technického díla způsobí střední poškození neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací |
| | 4 | Havárie či selhání technického díla způsobí nevratné poškození neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací |
| | 5 | Havárie či selhání technického díla způsobí devastace krajiny, neobnovitelných zdrojů přírody a přírodních rezervací |

Tabulka 38. Hodnotová stupnice pro určení míry koexistence navrhovaného technického díla a jeho okolí; N = pětinasobku počtu kritérií v tabulce 36, tj. N = 1510.

| Míra rizika koexistence technického díla a okolí | Hodnoty v % N |
|--|---------------|
| Extrémně vysoká – 5 | Více než 95 % |

| | |
|------------------|--------------|
| Velmi vysoká – 4 | 70–95 % |
| Vysoká – 3 | 45–70 % |
| Střední - 2 | 25–45 % |
| Nízká – 1 | 5–25 % |
| Zanedbatelná – 0 | Méně než 5 % |

Hodnocení konkrétního případu, tj. hodnocení souboru očekávaných variant provozu dle tabulky 36 musí dělat tým specialistů z různých odborů nezávisle; v praxi se osvědčil tým [71,80,276], který je složený z:

- pracovníka veřejné správy odpovědného za bezpečnost území,
- pracovníka veřejné správy odpovědného za dozor nad provozem technických děl,
- pracovníka technického díla, odpovědného za řízení rizik
- pracovníka odborné instituce pro posuzování bezpečnosti technických děl – např. z technické inspekce,
- pracovníka Integrovaného záchranného systému odpovědného za odezvu na havárie a selhání technických děl.

Výsledná hodnota u každého kritéria je medián, přičemž v případě velkého rozptýlu hodnot u některého kritéria je třeba, aby pracovník veřejné správy odpovědný za bezpečnost území zajistil další šetření, na kterém každý hodnotitel sdělí zdůvodnění svého hodnocení v předmětném případě a na základě panelové diskuse nebo brainstormingu se určí výsledné hodnocení.

Na základě moderního přístupu, který jsme použili již v pracích [32,33,67] a v souladu s pracemi [277-280] zvažujeme v daných souvislostech tolerovatelné riziko vyjádřené principem ALARP (as low as reasonable possible) [3,5,7,247], tj. případ, kdy dané technické dílo má přínosy a zároveň jsou s ním spojené dopady (ztráty, škody a újmy na chráněných aktivech), které technické dílo i jeho okolí zvládnou pomocí **soustavného řízení rizik zacíleného na bezpečnost**. Hranici tolerance (tj. rozhraní mezi tolerovatelným a nepřijatelným rizikem) určujeme jako kvantitativní vlastnost [46], kterou používají např. OSN a Swiss Re [3], a to hranice nepřijatelnosti je desetina užité hodnoty technického díla.

Na základě uvedeného požadavku v souladu s pracemi [281-288] při použití integrovaného přístupu a dalších předpokladů, které jsou uvedeny výše, dostaneme podmínku pro nejvyšší možné roční ztráty technického díla způsobené realizací rizik **RZTD** ve tvaru

$$RZTD < 0.1 \sum_{i=1}^n \frac{k_i HTD}{5 T}, \quad (1)$$

kde **HTD** je užitná hodnota technického díla, **k_i** jsou výsledná hodnocení zdrojů rizik v tabulce 36, **n** je počet zdrojů rizik v tabulce 36 (tj. v daném případě n = 302) a **T** je životnost technického díla. Jestliže podmínka daná rovnicí (1) není splněna, tak riziko není tolerovatelné, tj. není zajištěna koexistence a provoz technického díla by měl být změněn, tj. měla by být vyžádána buď nová varianta, anebo další opatření vedoucí ke

snížení rizik, a poté další posouzení návrhu. Při splnění požadavku daného rovnicí (1) lze pokračovat v hodnocení.

Při rozhodování o provozu technického díla z pohledu požadavku na zajištění koexistence je nutné, aby technické dílo nebylo ztrátové pro území při provozu. Proto další podmínku pro posouzení míry koexistence dostaneme při vyhodnocení přínosů technického díla dle tabulky 39 s pomocí tabulek 40 a 41.

Tabulka 39. Kontrolní seznam pro posuzování přínosu technického díla pro okolí. Počet kritérií $n = 10$.

| Kritérium | Hodnocení | Pozn. |
|---|-----------|-------|
| Realizované technické dílo zvýší vzdělanost populace v území. | | |
| Realizované technické dílo zvýší možnost zaměstnání populace v území. | | |
| Realizované technické dílo zvýší úroveň služeb v území. | | |
| Realizované technické dílo zvýší veřejné blaho v území. | | |
| Realizované technické dílo přispěje k rozvoji základních infrastruktur v území. | | |
| Realizované technické dílo zvýší prestiž území. | | |
| Realizované technické dílo přispěje ke kulturnímu rozvoji území. | | |
| Realizované technické dílo zlepší situaci v sociální oblasti v území (dle pomocné tabulky 40). | | |
| Realizované technické dílo zlepší situaci v oblasti technické a ekonomické v území (dle pomocné tabulky 40). | | |
| Realizované technické dílo zlepší situaci v oblasti ochrany životního prostředí a veřejného blaha v území (dle pomocné tabulky 40). | | |

Tabulka 40. Hodnotová stupnice pro určení míry přínosu, který navrhované technické dílo znamená pro své okolí; navržena analogicky ke stupnicím uvedeným v práci [5]; *ABT* – roční rozpočet území.

| Oblast | Míra přínosu | |
|----------|--------------|---|
| | Klasifikace | Komentář |
| Sociální | 0 | Technické dílo prospěje méně než 50 lidem. |
| | 1 | Technické dílo prospěje 50-500 lidem. |
| | 2 | Technické dílo prospěje 500-5000 lidem. |
| | 3 | Technické dílo prospěje 5000–50 000 lidem. |
| | 4 | Technické dílo prospěje 50 000–500 000 lidem. |
| | 5 | Technické dílo prospěje více než 500 000 lidem. |

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Technická a ekonomická | 0 | Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.005 ABT. |
| | 1 | Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.005-0.01 ABT. |
| | 2 | Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.01-0.025 ABT. |
| | 3 | Technické dílo přinese do rozpočtu území 0.026-0.05 ABT. |
| | 4 | Technické dílo přinese do rozpočtu území až 0.05-0.075 ABT. |
| | 5 | Technické dílo přinese do rozpočtu území více než 0.075 ABT. |
| Životní prostředí a veřejné blaho | 0 | Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou menší než 500 Kč ročně |
| | 1 | Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 500–5000 Kč ročně |
| | 2 | Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 5000–50 000 Kč ročně |
| | 3 | Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 50 000–500 000 Kč ročně |
| | 4 | Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou 500 000–5 000 000 Kč ročně |
| | 5 | Technické dílo přispěje na ochranu životního prostředí a zvýšení veřejného blaha částkou větší než 5 000 000 Kč ročně |

Tabulka 41. Hodnotová stupnice pro určení míry přínosu navrhovaného technického díla pro jeho okolí; N je číslo rovné pětinásobku počtu kritérií v tabulce 39, tj. N = 50.

| Míra přínosu technického díla pro okolí | Hodnoty v % N |
|---|---------------|
| Extrémně vysoká – 5 | Více než 95 % |
| Velmi vysoká – 4 | 70–95 % |
| Vysoká – 3 | 45–70 % |
| Střední - 2 | 25–45 % |
| Nízká – 1 | 5–25 % |
| Zanedbatelná – 0 | Méně než 5 % |

Na základě zkušeností z praxe a poznatků i příkladů v práci [289] při použití integrovaného přístupu a předpokladu, že všechny přínosy uvedené v tabulce 39 mají stejnou pravděpodobnost výskytu, dostaneme vztah pro stanovení očekávaného ročního výnosu technického díla **PRZTD** ve tvaru

$$PRZTD = 0.7 \sum_{i=1}^n \frac{k_i CPTD}{5 T}, \quad (2)$$

ve kterém **CPTD** je celkový užitný výnos technického díla po dobu životnosti, k_i jsou jednotlivá hodnocení v tabulce 39, n je počet zdrojů přínosů v tabulce 39 (tj. v daném případě $n = 10$) a T je životnost technického díla. Očekávaný roční čistý výnos technického díla **RPTD** pro území určíme dle vztahu

$$RPTD = PRZTD - A - RPNTD, \quad (3)$$

kde **A** je anuita a **RPNTD** jsou očekávané provozní náklady technického díla. Podkladem pro rozhodnutí je výsledek rozdílu **R** mezi dovolenými maximálními ročními ztrátami technického díla, způsobenými realizací, rizik a očekávanými čistými ročními výnosy, tj.

$$R = RZTD - RPTD. \quad (4)$$

Při posouzení jsou použity hranice přijatelnosti či nepřijatelnosti rizika, které používají např. OSN a Swiss Re [3], a to výše ročního pojistného za chráněná aktiva v území (**PRTD**) a desetina ročního rozpočtu území (**ABT**), který zajišťuje rozvoj v území. Podle tohoto pravidla v praxi porovnáme tři veličiny: rozdíl mezi ročními ztrátami technického díla způsobené realizací rizik a očekávaným ročním čistým výnosem technického díla (**R**), roční pojistné technického díla (**PRTD**) a roční rozpočet území (**ABT**). Na základě výsledků skórování se určí kategorie, do které patří v daném případě riziko spojené s technickým dílem podle metodiky popsané v kapitole metody takto:

R < PRTD, tak riziko technického díla je pro území přijatelné,

PRTD < R < 0.1 ABT, tak riziko technického díla je pro území podmíněně přijatelné (tolerovatelné),

R > 0.1 ABT, tak riziko technického díla je pro území nepřijatelné.

V prvním případě (výnosy jsou větší než ztráty) výhody spojené s technickým dílem převážily nevýhody, tj. očekávané ztráty, a lze technické dílo provozovat s ohledem na koexistenci technického díla a jeho okolí.

V případě druhém je nutno požadovat další preventivní opatření v řízení technického díla vedoucí ke snížení rizika a zajistit opatření zmírňující, reaktivní a obnovovací [4,5] v rámci soustavného cíleného řízení rizika zacíleného na zajištění bezpečného technického díla a koexistenci technického díla s okolím.

V posledním případě, tj. u nepřijatelného rizika, je třeba důkladná úvaha o závěru – v úvahu připadá buď vyhnutí se riziku, tj. zastavení provozu technického díla, anebo vyžádání dalších preventivních a zmírňujících opatření vedoucích ke zvýšení bezpečnosti technického díla (nutno vyžadovat aplikaci: vyšších znalostí; lepší technické vybavení; vyšší náklady na ochranné systémy; zajištění vyšší připravenosti lidských zdrojů apod.) [4-6] a poté provedení nového posouzení koexistence.

5.3. Poznámka

Jak ukazují práce [3,4,6,7] integrální riziko s ohledem na vazby a toky v systému a jeho okolí a na dynamický vývoj světa je dané vztahem

$$R(H) = \left[\sum_{i=1}^n A_i(H) Z_i(H) + \sum_{i=1}^n \int_0^T \int_S F(H, A_i, P_i, O, t) dS dt \right] \cdot \tau^{-1}, \quad (5)$$

ve kterém H je ohrožení spojené s danou pohromou v místě objektu; A_i jsou hodnoty sledovaných aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$; Z_i jsou zranitelnosti aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$; F je ztrátová funkce; P_i jsou pravděpodobnosti výskytu poškození aktiv pro $i = 1, 2, \dots, n$ – jde o podmíněné pravděpodobnosti; O zranitelnost ochranných opatření; S velikost sledovaného objektu; t je čas měřený od vzniku škodlivého jevu; T je čas, po který vznikají ztráty; a τ je perioda opakování pohromy.

Vztah (5) je složitější, než je použitý vztah (1). V praxi ho nelze použít, protože dosud neznáme tvar ztrátové funkce. Z dosavadního poznání vyplývá, že předmětná funkce je proměnná jak s místem, tak s časem; v dostupné literatuře nebyl nalezen obecný tvar a publikované prostorové modely jsou platné jen pro konkrétní případy, na jejichž základě byly sestaveny. Dostupné modely obvykle ukazují vysoké ztráty v místech, ve kterých je mnoho lidí a v místech, ve kterých vzniknou velké ekonomické škody.

Nejjednodušší způsob pro odhad ztrát je sestavit situační plán území / anebo technického díla a jeho okolí [10,145] a podle rozložení aktiv a jejich zranitelnosti odhadnout očekávané ztráty [3]; např. osvědčený vzorec pro stanovení počtu poškozených osob je

$$N = S \cdot h \cdot f \quad (6)$$

ve kterém S je zasažené území v ha, h je hustota zalidnění daná počtem osob na ha, f je korelační faktor, když je obydlena jen část území. Tabulka 42 ukazuje příklad

stupnice, převzatý z práce [3], kterou používá FEMA při hodnocení ztrát na dalších aktivech.

Tabulka 42. Pomocná stupnice pro posouzení přijatelnosti rizika na základě dopadů pohromy.

| Nemoc – úraz | Ztráta na majetku / zařízení | Čas potřebný na nápravu dopadů | Ekonomická ztráta zařízení [\$] | Environmentální dopad |
|---|--|---------------------------------------|--|---|
| Úmrtí nebo totální trvalá nezpůsobilost | Ztráta systému, podstatné poškození nemovitostí | > 4 měsíce | > 1 milión | Dlouhodobé poškození životního prostředí (5 roků a více), nebo potřeba více než 1 mil. \$ pro nápravu (nebo pokutu) |
| Trvalá částečná nezpůsobilost ; dočasná úplná nezpůsobilost (nad 3 měsíce) | Podstatné poškození systému; významné poškození nemovitostí | 2 týdny až 4 měsíce | 250 tis. – 1 mil. | Střednědobé poškození životního prostředí (1-5 roků), nebo potřeba 250 tis.- 1 mil. \$ pro nápravu (nebo pokutu) |
| Menší úraz; Ztráta pracovní směny; Odškodné za úraz nebo nemoc | Menší poškození systému; menší poškození nemovitostí | 1 den až 2 týdny | 1–250 tis. | Krátkodobé poškození životního prostředí (< 1 rok), nebo potřeba 1 tis. - 250 tis. \$ pro nápravu (nebo pokutu) |
| První pomoc nebo menší lékařské ošetření | Menší defekty systému | < 1 den | < 1 tis. | Nepatrné poškození životního prostředí, lehce napravitelné, vyžadující < 1 tis. \$ pro nápravu (nebo pokutu). |

Uvedeným způsobem se vyhodnotí i přídatné ztráty způsobné domino efekty, které matematické modely neodhalí.

6. PLÁN ŘÍZENÍ RIZIK ZACÍLENÝ NA ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI TECHNICKÝCH DĚL PŘI PROVOZU

Z důvodu dynamického vývoje světa dochází v technickém díle i jeho okolí ke změnám. Jelikož změny jsou často divergentní, tak dochází ke konfliktům (obrázek 2). Další skutečností je, že znalosti, schopnosti a možnosti lidské společnosti dovolí při tvorbě technických děl vypořádat jen část rizik; zbylou část, a to zvláště rizika závažná (prioritní podle TQM [136]), musí být řízena a vypořádávána v čase jejich realizace. Z důvodu zamezení velkým ztrátám, škodám a újmám je třeba, aby správa technického díla i správa okolního území byly dobře připravené po všech stránkách na provedení účinné odezvy a aby dobře spolupracovaly při odezvě, tj. je třeba předem dohodnout způsob řešení očekávaných konfliktů, aby při odezvě nedošlo k prodlení. Nástrojem pro splnění uvedených požadavků je plán řízení rizik [7,122].

Jelikož technické dílo i jeho okolí jsou provázané, tak předmětný plán řízení rizik se musí týkat jak přípravy na zvládnutí rizik bezprostředně spojených s technickým dílem, tak i rizik spojených s propojením technické dílo – území a opačně. Proto je sestavovaný plán provázán s:

- bezpečnostním (strategickým) plánem technického díla,
- bezpečnostním (strategickým) plánem pro rozvoj území,
- plánem na zvyšování bezpečnosti technického díla v čase,
- vnitřním nouzovým plánem,
- vnějším nouzovým plánem,
- plánem kontinuity technického díla při kritických podmínkách,
- krizovým plánem území,
- a plánem obnovy; v ČR se zásadami pro provádění obnovy, protože legislativa plán obnovy zatím neukládá.

Aby plán řízení rizik plnil svoji roli, musí být sestaven na základě kvalitních dat zpracovaných odborníky pomocí kvalitních metod a musí mít oporu v legislativě, která zajistí správně rozdělené kompetence a vynutí plnění odpovědnosti, a tím přispěje k budování kultury bezpečnosti ve společnosti.

Plán řízení rizik pomáhá řešit konflikty, protože v případě, že dojde k očekávanému střetu zájmů, lze předem:

- dohodnout cíle řešení problému vyvolaného realizací rizika,
- stanovit příslušné odpovědnosti,
- kodifikovat postupy pro reakci na problém.

Plán řízení rizik obsahuje čtyři základní položky, a to:

- oblast příčin rizika ze všech oblastí (technická, organizační, vnitřní příčiny, vnější příčiny, kybernetická apod.),

- popis příčin rizika,
- pravděpodobnost výskytu a ocenění dopadů rizika,
- opatření pro zmírnění rizika a odpovědnosti za jejich provedení.

Při sestavování plánu pro řízení rizik je zvažován typ řízení TQM [136] a jeho principy. Předmětný typ řízení je základem norem ISO, které v České republice jsou závazné jen za přesně stanovených úprav legislativou.

V souladu se správným řízením, které je založené na TQM a prosazováno EU (jeho charakteristika a zásady jsou uvedeny v práci [1], jsou ve veřejné správě zvažovány odpovědnosti u dále uvedených funkcí:

- předseda parlamentu ČR - *zkratka* PPČR,
- ministr sektoru, do kterého spadá technické dílo (průmysl, energetika, zdravotnictví, zemědělství, doprava, komunikace apod.),
- kraj – předseda krajského úřadu – *zkratka* PKU,
- hejtman u krizových situací – *zkratka* HK,
- starosta obce – *zkratka* SO,
- odpovědný pracovník veřejné správy za bezpečnost území – *zkratka* OBU,
- odpovědný pracovník veřejné správy za rozvoj území – *zkratka* ORU,
- odpovědný autorizovaný inspektor (TIČR, ČIŽP, SÚJB, Státní úřad pro bezpečnost práce apod.) – *zkratka* - OAI,
- odpovědný zástupce civilní ochrany (v ČR Integrovaného záchranného systému) – *zkratka* IZS.

Při řešení rizik v technickém díle je podobně jako v odstavci 5.2

- statutární zástupce vrcholového managementu – *zkratka* SVM,
- vyšší management – projekty: vedoucí projektu – *zkratka* VMP,
- střední management – procesy: vedoucí procesu – *zkratka* SMP,
- technický management – provoz technického zařízení – *zkratka* TMZ,
- personál (kritický a podpůrný) – technické činnosti – *zkratka* PK.

Na základě shromážděných dat (údaje o příčinách havárií a selhání technických děl při provozu, a příslušná poučení) v kapitole 4, znalostí popsaných v kapitole 2 a v kapitole 5, je sestaven plán řízení prioritních rizik pro oblast provozu technického díla, tabulka 43. Jeho cílem je připravit řešení prioritních rizik předem, a to na úrovni existujících znalostí a zkušeností ve světě (ČR nemá dosud k dispozici dostatečně propracovanou legislativu a jiné nástroje pro práci s riziky). Jsou zvažovány dvě oblasti:

- zdroje rizik v území, které mají potenciál způsobit havárii či selhání technického díla,
- zdroje rizik uvnitř technického díla které mají potenciál způsobit havárii či selhání technického díla, přičemž zvláštní pozornost je věnována rizikům, která mohou poškodit okolí technického díla (protože zde je nutná spolupráce technického díla a veřejné správy z důvodu ochrany veřejných aktiv).

Z uvedených skutečností je zřejmé, že plán je místně specifický. Z pohledu odpovědností je nutno rozlišovat dva případy, a to řízení rizik v oblastech:

- propojení veřejné správy a managementu technického díla,
- management technického díla.

Tabulka 43. Plán řízení rizik pro zajištění koexistence technického díla s okolím při provozu. Použité zkratky odpovědných osob jsou uvedeny za tabulkou^{*)}; ORP – obec s rozšířenou působností. Plán kontinuity používaný u technického díla je plán řízení bezpečnosti technického díla, ve kterém je uveden způsob řešení problémů, které mohou vážně narušit konkurenceschopnost technického díla; podrobnější vysvětlení následuje za tabulkou.

| Oblast rizika | Popis rizika | Pravděpodobnost výskytu Dopady | Opatření na zmírnění rizika |
|--|---|---|---|
| PROPOJENÍ VEŘEJNÉ SPRÁVY A MANAGEMENTU TECHNICKÉHO DÍLA | | | |
| <i>Zdroje rizik v území</i> | | | |
| Nadprojektové živelní pohromy | Ztráty, škody a újmy na veřejných aktivech i na aktivech technického díla – důsledkem může být i havárie technického díla, která zhorší situaci v území | Pravděpodobnost: malá Dopady: velké | Opatření v území: Krizový plán kraje a ORP Provede: PKU a SO Odpovědnost: HK Opatření v technickém díle: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP |
| Rozsáhlý požár v území v okolí technického díla | Požár může postihnout technické dílo a vyvolat havárii | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Krizový plán ORP Provede: SO Odpovědnost: SO Opatření v technickém díle: Plán kontinuity Provede: |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | | SVM Odpovědnost: VMP |
| Pád letadla do okolí technického díla | Případný požár či výbuch může postihnout technické dílo a vyvolat havárii | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Krizový plán ORP Provede: SO Odpovědnost: SO Opatření v technickém díle: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP |
| Selhání kritických infrastruktur v území | V případě, že nebudou vnitřní zdroje, tak vyvolá selhání až havárii technického díla. V případě vnitřních zdrojů bude muset technické dílo přejít do nouzového režimu. | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Krizový plán kraje a ORP Provede: PKU, SO Odpovědnost: HK, SO Opatření v technickém díle: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP |
| Nedostatečná technická vzdělanost | V důsledku nekvalitního technického vzdělávání cíleného na kvalitní provoz technických děl, které zohledňuje nejen normy, ale i možná rizika dochází k problémům při provozu či k haváriím | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Změna systému vzdělávání a navýšení rozpočtu pro školství Provede: Ministr školství Odpovědnost: PPČR |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | doprovázenými enormními výdaji z veřejného rozpočtu, narušení bezpečí občanů a stability státu, což následně vede ke snížení životní úrovně, ekonomické nestabilitě apod. | | |
| Nedostatek kvalifikovaných pracovních sil pro technické dílo | Technickému dílu chybí kvalifikované pracovní síly, a tudíž nemůže úkoly a služby, což vede k nespokojenosti a ke ztrátám ve státním rozpočtu | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Změna systému vzdělávání a navýšení rozpočtu pro školství Provede: Ministr školství Odpovědnost: PPČR |
| Nedostatek pracovních sil pro technické dílo | Technickému dílu chybí pracovní síly, a tudíž nemůže úkoly a služby, což vede k nespokojenosti a ke ztrátám ve státním rozpočtu | Pravděpodobnost: střední Dopady: střední | Opatření: Nábor pracovníků v zahraničí Provede: Předseda vlády Odpovědnost: PPČR |
| Nedostatečná politická kultura (projevy boje o moc mezi politickými rivaly) | Prostředí pro technické dílo není příznivé, protože není jistá podpora jeho činnosti | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Zavedení jasných pravidel a kultury bezpečnosti do veřejné sféry Provede: Předseda vlády Odpovědnost: PPČR |
| Nátlakové skupiny | Prostředí pro technické dílo není příznivé, je poškozováno good will a neustále je třeba provádět protiakce s cílem vyvrátit nepravdy | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Zavedení jasných pravidel a kultury bezpečnosti do veřejné sféry Provede: Předseda vlády Odpovědnost: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | PPČR |
| Teroristické útoky | Vzniknou velké ztráty technickému dílu i území (materiální i finanční) | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Účinná bezpečnostní koncepce a ochrana ČR Provede: Předseda vlády, HK, SO Odpovědnost: PPČR |
| Hackerské útoky | Vzniknou velké ztráty technickému dílu i území (materiální i finanční) | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Účinná bezpečnostní koncepce a ochrana ČR Provede: Předseda vlády, HK, SO Odpovědnost: PPČR |
| Korupce | Vzniknou velké ztráty technickému dílu i území (materiální, finanční, sociální). Dojde ke ztrátě důvěry občanů ve stát. | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Zavedení jasných pravidel a kultury bezpečnosti do veřejné sféry Provede: Předseda vlády, HK a SO Odpovědnost: PPČR |
| Podmínky pro bezpečný provoz technického díla (daně, úroky apod.) | Vzniknou velké ztráty technickému dílu i území (materiální i finanční) | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Stabilní strategie rozvoje a financování Provede: Předseda vlády Odpovědnost: PPČR |
| Chybná či nedostatečná technická legislativa | V důsledku chybné či nedostatečné legislativy (např. nepřesně | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: upravit zákony spojené s technickými díly a se vzděláváním |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | stanovené požadavky na provoz technického díla s ohledem na zajištění koexistence technického díla s okolím při provozu; při haváriích stát má enormní výdaje z veřejného rozpočtu, dochází k narušení bezpečí občanů a stability státu | | Provede: předseda vlády ministři sektorů, do kterých náleží technická díla ministr školství Provede: předseda vlády Odpovědnost: PPČR |
| Dohled nad bezpečným provozem technického díla | V důsledku nedostatečné nebo špatně využívané kompetence orgánu veřejné správy při dozoru nad bezpečným provozem technických děl dochází k haváriím doprovázenými enormními výdaji z veřejného rozpočtu a k narušení bezpečí občanů | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: upravit zákony pro provoz technických děl, zákon o krajích a zákon o obcích zajistit pravidelný odborný dohled Provede: předseda vlády PKU, SO Odpovědnost: PPČR |
| Špatná spolupráce a managementem technického díla | Ztráty a škody vzniknou jistě za krizových situací – během normálních podmínek sice budou menší, ale neprospějí ani jednomu z účastníků | Pravděpodobnost: střední Dopady: střední až velké | Opatření: Využít všechny možnosti a zákonné nástroje k nápravě Provede: SO Odpovědnost: SO + SVM |
| Válka | V důsledku výskytu dojde k nedostatku financí, | Pravděpodobnost: malá Dopady: velké | Opatření: ve spolupráci s veřejnou správou provést ochranná |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>personálu, změně podpory státu apod., což povede k narušení provozu technického díla, což způsobí vícenáklady, a sociální problémy (nezaměstnanost a narušení bezpečí), či dokonce újmy na životním prostředí a tím i problémy veřejné správě (náklady na sociální dávky, boj proti kriminalitě apod.)</p> | | <p>opatření a zjistit přijatelný provoz technického díla</p> <p>Provede: Vlastník technického díla a SVM</p> <p>Odpovědnost: SVM</p> |
|--|---|--|--|

Zdroje rizik v technickém díle

| | | | |
|--|---|---|--|
| Nedodržování požadavků BOZP | Časté pracovní úrazy. Vysoká nemocnost. Nespokojenost pracovníků. | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | <p>Opatření: Respektovat požadavky platné legislativy</p> <p>Provede: Vlastník technického díla a SVM</p> <p>Odpovědnost: SVM</p> |
| Znečišťování životního prostředí (nad povolené limity) | Pokuty od veřejné správy. Škody na good will | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | <p>Opatření: Respektovat požadavky platné legislativy</p> <p>Provede: Vlastník technického díla a SVM</p> <p>Odpovědnost: SVM</p> |
| Neplnění finančních závazků vůči veřejné správě | Pokuty od veřejné správy. Škody na good will | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | <p>Opatření: Respektovat požadavky platné legislativy</p> <p>Provede:</p> |

| | | | |
|--|---|---|---|
| | | | Vlastník technického díla a SVM Odpovědnost: SVM |
| Zadluženost technického díla | Škody na good will Neplnění závazků Bankrot | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Změnit koncepci a aplikovat účinná nápravná opatření dle platné legislativy Provede: Vlastník technického díla a SVM Odpovědnost: SVM |
| Chybné nakládání s odpady | Pokuty od veřejné správy. Škody na good will | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Respektovat požadavky platné legislativy Provede: Vlastník technického díla a SVM Odpovědnost: SVM |
| Technické dílo nedodržuje požadavky technické legislativy | Pokuty od veřejné správy. Škody na good will | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Respektovat požadavky platné legislativy Provede: Vlastník technického díla a SVM Odpovědnost: SVM |
| Není možno zpracovat vnější nouzový plán pro případ nadprojektové havárie technického díla | Postihy od veřejné správy. Škody na good will | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Respektovat požadavky platné legislativy Provede: Vlastník technického díla a SVM Odpovědnost: SVM |
| Není možno zpracovat krizový plán pro případ | Postihy od veřejné správy. | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: |

| | | | |
|---|--|---|--|
| extrémní havárie technického díla | Škody na good will | | Respektovat požadavky platné legislativy Provede: Vlastník technického díla a SVM Odpovědnost: SVM |
| Technické dílo nevytváří fond na odstranění zařízení technického díla a vyčištění území po skončení provozu | Možno očekávat finanční problémy spojené s odstavením technického díla z provozu | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Respektovat morální odpovědnost vůči území a jeho obyvatelům Provede: Vlastník technického díla a SVM Odpovědnost: SVM |
| MANAGEMENT TECHNICKÉHO DÍLA | | | |
| <i>Zdroje rizik v území</i> | | | |
| Výskyt živelní pohromy větší než projektové | Přerušeni provozu, selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Pád letadla na technické dílo nebo do jeho těsného okolí | Přerušeni provozu, selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: Malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Požár či výbuch v okolí větší než projektové | Přerušeni provozu, selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: Malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |

| | | | |
|---|--|---|--|
| Selhání vnějších kritických infrastruktur | Přerušení provozu, selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: Malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Ztráta podpory veřejné správy | Přerušení provozu, selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: Malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Nedostatek kvalifikovaných pracovních sil | Nedostatečný provoz až selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Poruchy v dodávkách materiálu pro výrobu | Nedostatečný výkon až selhání výroby, tj. očekávaných výrobků či služeb | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Odbytová krize | Neprodejnost výrobků či služeb, tj. ekonomické ztráty | Pravděpodobnost: malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Změny na trhu | Ekonomické ztráty technického díla. Snižování počtu pracovníků. Sociální problémy. | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Nesolventnost zákazníka | Ekonomické ztráty až zadluženost technického díla. | Pravděpodobnost: střední Dopady: | Opatření: Plán kontinuity Provede: |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | velké | SVM Odpovědnost: SVM |
| Hackerský útok | Nedostatečný provoz až selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Plán odezvy Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Úmyslné poškození goodwill | Ekonomické ztráty technického díla. | Pravděpodobnost: střední Dopady: velká | Opatření: Plán kontinuity Plán odezvy Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Teroristický fyzický útok | Přerušení provozu, selhání či havárie technického díla. Ekonomické ztráty technického díla. | Pravděpodobnost: malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Plán odezvy Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Útok nátlakových skupin | Ztráta konkurenceschopnosti a ekonomické ztráty technického díla. | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Plán odezvy Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Neoprávněné užívání duševního vlastnictví firmy provozující technické dílo | Ztráta konkurenceschopnosti a ekonomické ztráty technického díla. | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Plán odezvy Provede: SVM Odpovědnost: SVM |
| Zdroje rizik v technickém díle | | | |
| Zastaralé technické vybavení | Malý výkon, nebezpečí | Pravděpodobnost: střední | Opatření: Plán kontinuity |

| | | | |
|--|---|---|---|
| | selhání či havárie technického díla | Dopady: velké | Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Kritická technická zařízení a komponenty jsou opotřebené | Malý či přerušovaný výkon, velké nebezpečí selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Nejsou fondy na údržbu, opravy a modernizaci zařízení | Malý či přerušovaný výkon, velké nebezpečí selhání či havárie technického díla | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Požár | Ztráty a škody, přerušovaný výkon technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výbuch | Ztráty a škody, přerušovaný výkon technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Kontaminace ovzduší | Ztráty a škody. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |

| | | | |
|---|--|---|---|
| Kontaminace pitné a užitkové vody | Ztráty a škody. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Kontaminace zařízení a stavebních částí | Ztráty a škody. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výpadek vnitřního rozvodu elektrické energie | Ztráty a škody. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výpadek osvětlení | Ztráty a škody. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výpadek větrání či klimatizace | Ztráty a škody. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výpadek vnitřního rozvodu pitné a užitkové vody | Ztráty a škody. Kvůli přerušenému | Pravděpodobnost: střední Dopady: | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | velké | Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výpadek chladicího systému | Ztráty a škody. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výpadek komunikační sítě | Ztráty a škody. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Výpadek nouzového osvětlení | Ztráty a škody. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Nouzový plán (plán odezvy) Provede: SVM Odpovědnost: VMP ve spolupráci s SMP, TMZ, PK |
| Chyby v hardware informačního systému podporujícího řízení technického díla | Havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za informační systém Odpovědnost: SVM |
| Chyby v software informačního systému podporujícího řízení technického díla | Havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za informační systém Odpovědnost: |

| | | | |
|--|---|---|---|
| | nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | | SVM |
| Chyby v přenosových kanálech technického díla | Havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za informační systém Odpovědnost: SVM |
| Výpadek nouzového komunikačního systému | Havárie či selhání technického díla a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za informační systém Odpovědnost: SVM |
| Výpadek hasicího zařízení | Přerušení výkonu. Havárie či selhání technického díla a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za nouzové řízení Odpovědnost: SVM |
| Výpadek kritických zařízení / komponent / procesů / projektů (výrobních linek) | Přerušení výkonu. Havárie či selhání technického díla a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za příslušný projekt a proces Odpovědnost: SVM |

| | | | |
|-----------------------|--|---|---|
| | závazků vůči třetí straně, sankce | | |
| Projektová havárie | Za jistých podmínek může dojít k selhání ochranných opatření, které povedou k havárii či selhání. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: střední | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za nouzové řízení Odpovědnost: SVM |
| Nadprojektová havárie | Dojde k selhání ochranných opatření, které povedou k těžké havárii či selhání. Dojde k poškození okolí technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce, ztráta konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za nouzové řízení Odpovědnost: SVM |
| Extrémní havárie | Selhání ochranných opatření, které povedou k těžké havárii či selhání. Dojde k poškození okolí technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce, zánik díla | Pravděpodobnost: malá Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za nouzové řízení Odpovědnost: SVM |

| | | | |
|--|--|---|--|
| Nedostatečná údržba | Časté přerušení výkonu. Havárie či selhání technického díla a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: velká Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za nouzové řízení Odpovědnost: SVM |
| Špatná reakce technických zařízení na změnu podmínek | Časté přerušení výkonu. Nebezpečí vzniku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SMP odpovědný za výrobní proces Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby na úseku BOZP | Zranění až úmrtí obsluhy. Přerušení provozu. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SMP odpovědný za výrobní proces Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby na úseku podmínek pro práci kontraktorů | Zranění až úmrtí pracovníků kontraktora. Přerušení provozu. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, sankce | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: SMP odpovědný za výrobní proces Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | straně, nebezpečí sankcí | | |
| Neúčinný systém řízení bezpečnosti | Časté přerušení výkonu. Havárie či selhání technického díla a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za bezpečnost technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Insider | Časté přerušení výkonu. Havárie či selhání technického díla a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za bezpečnost technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby vrcholového managementu na úseku strategie, koncepce, dohledu a kontroly | Časté přerušení výkonu. Havárie či selhání technického díla a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za bezpečnost technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby vrcholového managementu na úseku provozu, údržby a oprav | Časté přerušení výkonu. Havárie či selhání technického díla | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| technických zařízení | a jejich dopady na aktiva. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | | VMP odpovědný za bezpečnost technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby vrcholového managementu na úseku odezvy na nouzové situace a její připravenosti | Velké přerušení výkonu po havárii či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za nouzové řízení Odpovědnost: SVM |
| Chyby vrcholového managementu na úseku provádění technických inspekcí | Častá či velká přerušení výkonu po havárii či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za příslušný projekt Odpovědnost: SVM |
| Chyby vrcholového managementu na úseku zajištění finančních rezerv na obnovu technických zařízení | Dlouhé přerušení výkonu technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za finance technického díla Odpovědnost: SVM |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>Chybné provozní předpisy pro normální provoz</p> | <p>Častá přerušení výkonu až možnost vzniku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: SMP odpovědný za příslušný výrobní proces technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s VMP, který spravuje projekt, do kterého patří příslušný výrobní proces</p> |
| <p>Chybné provozní předpisy pro abnormální provoz</p> | <p>Častá přerušení výkonu až možnost vzniku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: SMP odpovědný za příslušný výrobní proces technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s VMP, který spravuje projekt, do kterého patří příslušný výrobní proces</p> |
| <p>Chybné provozní předpisy pro kritický provoz</p> | <p>Přerušení výkonu, vznik havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: SMP odpovědný za příslušný výrobní proces technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s VMP, který spravuje projekt, do kterého patří příslušný výrobní proces</p> |
| <p>Nedostatky ve vzdělání kritického personálu</p> | <p>Přerušení výkonu, vznik havárie či selhání technického díla.</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady:</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede:</p> |

| | | | |
|---|--|---|--|
| | Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | velké | TMZ odpovědný za provoz příslušného technického zařízení Odpovědnost: SVM ve spolupráci s VMP, který spravuje projekt, do kterého patří příslušný výrobní proces, a s SMP, který spravuje proces, do kterého patří příslušné technické zařízení |
| Chybné ověření kvalifikace kritického personálu | Přerušování výkonu, vznik havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za personál technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s VMP odpovědným za personál technického díla |
| Chyby v pracovním režimu | Přetížení obsluhy, častá přerušování výkonu, vznik havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za příslušný projekt technického díla Odpovědnost: SVM |
| Nedostatečná kultura bezpečnosti | Přetížení obsluhy, nespolečné, častá přerušování výkonu, vznik havárie či selhání technického díla. | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý VMP na svém úseku Odpovědnost: SVM |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | | |
| Nedostatečná motivace klíčových pracovníků | Nespolupráce, častá přerušení výkonu, vznik havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý VMP na svém úseku Odpovědnost: SVM |
| Chyby vrcholového managementu v práci s riziky spojenými s technickými zařízeními, výrobou, přepravou materiálu a výrobků | Častá přerušení výkonu, časté skoro nehody, vznik havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý VMP na svém úseku Odpovědnost: SVM |
| Chyby vyššího managementu na úseku řízení projektů (strategie, koncepce, dohled a kontrola) | Častá přerušení výkonu, časté skoro nehody, vznik havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý VMP na svém úseku Odpovědnost: SVM |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | konkurence- schopnosti | | |
| Chyby vyššího managementu na úseku provozu, údržby a oprav technických zařízení | Častá přerušení výkonu, časté skoro nehody, vznik havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý VMP na svém úseku Odpovědnost: SVM |
| Chyby vyššího managementu na úseku odezvy na nouzové situace a její připravenosti | Dlouhé přerušení výkonu v důsledku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity / plán odezvy Provede: VMP odpovědný za odezvu technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s provozními VMP |
| Chyby vyššího managementu na úseku provádění technických inspekcí | Častá přerušení výkonu v důsledku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za příslušný projekt technického díla Odpovědnost: SVM |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>Chyby vyššího managementu na úseku kultury bezpečnosti</p> | <p>Častá přerušení výkonu v důsledku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP na svých úsecích Odpovědnost: SVM</p> |
| <p>Chyby vyššího managementu na úseku péče o BOZP</p> | <p>Častá zranění osob či úmrtí, a tím častá přerušení výkonu technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a poškození good will</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP na svých úsecích Odpovědnost: SVM</p> |
| <p>Chyby vyššího managementu na úseku vzdělávání klíčového personálu</p> | <p>Častá přerušení výkonu v důsledku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: VMP odpovědný za personál technického díla Odpovědnost: SVM</p> |
| <p>Chyby vyššího managementu na úseku motivace klíčového personálu</p> | <p>Nedostatečný a často přerušovaný výkon, mnoho</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady:</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede:</p> |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>skoro nehod až výskyt havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti</p> | <p>velké</p> | <p>VMP odpovědný za personál technického díla ve spolupráci s VMP odpovědnými za provoz Odpovědnost: SVM</p> |
| <p>Chyby vyššího managementu na úseku pracovního režimu klíčového personálu</p> | <p>Nedostatečný a často přerušovaný výkon, mnoho skoro nehod až výskyt havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: každý VMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM</p> |
| <p>Chyby vyššího managementu v práci s riziky spojenými s technickými zařízeními, výrobou, přepravou materiálu a výrobků</p> | <p>Nedostatečný a často přerušovaný výkon, mnoho skoro nehod až výskyt havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: každý VMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM</p> |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | konkurence- schopnosti | | |
| Chyby středního managementu na úseku provozu, údržby a oprav technických zařízení | Nedostatečný a často přerušovaný výkon, mnoho skoro nehod až výskyt havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby středního managementu na úseku odezvy na nouzové situace a její připravenosti | Dlouho přerušovaný výkon po havárii či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP a s VMP pro nouzové řízení |
| Chyby středního managementu na úseku provádění technických inspekcí | Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |

| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>Chyby středního managementu na úseku kultury bezpečnosti</p> | <p>Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušovanému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP</p> |
| <p>Chyby středního managementu na úseku péče o BOZP</p> | <p>Častá zranění až úmrtí osob. Přerušovaný výkon vede k nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP</p> |
| <p>Chyby středního managementu na úseku vzdělávání klíčového personálu</p> | <p>Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušovanému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP</p> |
| <p>Chyby středního managementu na úseku motivace klíčového personálu</p> | <p>Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušovanému výkonu technického díla,</p> | <p>Pravděpodobnost: střední Dopady: velké</p> | <p>Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost:</p> |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | | SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby středního managementu na úseku pracovního režimu klíčového personálu | Přetížení obsluhy, nespokojenost personálu. Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby středního managementu v práci s riziky spojenými s technickými zařízeními, výrobou, přepravou materiálu a výrobků | Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý SMP odpovědný za provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |
| Chyby technického managementu na úseku údržby, oprav a provozuschopnosti technických zařízení | Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: každý TMZ Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | | |
| Chyby technického managementu na úseku odezvy na nouzové situace a její připravenosti | Dlouho přerušovaný výkon po havárii či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity / plán odezvy Provede: TMZ pod vedením VMP odpovědným za odezvu technického díla Odpovědnost: SVM ve spolupráci s VMP a SMP odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby technického managementu na úseku provádění technických inspekcí | Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: TMZ Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP a SMP odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby technického managementu na úseku kultury bezpečnosti | Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: TMZ Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP a SMP odpovědnými za provoz technického díla |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | konkurence- schopnosti | | |
| Chyby technického managementu na úseku péče o BOZP | Zranění až úmrtí obsluhy. Přerušeni provozu. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: TMZ odpovědný za technické zařízení a jeho provoz Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušným VMP a SMP |
| Chyby technického managementu na úseku vzdělávání klíčového personálu | Často přerušný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: TMZ Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP a SMP odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby technického managementu na úseku motivace klíčového personálu | Nespolupráce a často přerušný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurence- schopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: TMZ Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP a SMP odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby technického managementu na úseku pracovního | Přetížení obsluhy a často přerušný výkon v důsledku poruch až havárií | Pravděpodobnost: střední Dopady: | Opatření: Plán kontinuity Provede: |

| | | | |
|---|---|---|--|
| režimu klíčového personálu | či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | velké | TMZ Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP a SMP odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby technického managementu v práci s riziky spojenými s technickými zařízeními, výrobou, přepravou materiálu a výrobků | Často přerušený výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: TMZ Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP a SMP odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby personálu při provádění pracovních úkonů, údržby a oprav technických zařízení (nedodržení pravidel) | Často přerušený výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušenému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: PK Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP, SMP a TMZ odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby personálu při provádění úkonů spojených se zvládnutím nouzové situace a její připraveností | Dlouho přerušený výkon v důsledku havárie či selhání technického díla. Kvůli přerušenému | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: PK ve spolupráci s VMP pro nouzové řízení |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | | Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP, SMP a TMZ odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby personálu na úseku kultury bezpečnosti | Nespolupráce a často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty konkurenceschopnosti | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: PK Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP, SMP a TMZ odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby personálu při dodržování požadavků BOZP | Zranění až úmrtí obsluhy. Přerušování provozu. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: PK Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP, SMP a TMZ odpovědnými za provoz technického díla |
| Chyby personálu ve spojení s riziky spojenými s technickými zařízeními, výrobou, přepravou materiálu a výrobků | Často přerušovaný výkon v důsledku poruch až havárií či selhání technického díla. Kvůli přerušnému výkonu technického díla, nesplnění závazků vůči třetí straně, nebezpečí sankcí a ztráty | Pravděpodobnost: střední Dopady: velké | Opatření: Plán kontinuity Provede: PK Odpovědnost: SVM ve spolupráci s příslušnými VMP, SMP a TMZ odpovědnými za provoz technického díla |

| | | | |
|--|---------------------------|--|--|
| | konkurence- schopnosti | | |
|--|---------------------------|--|--|

^{*)} **Použité zkratky:** PPČR - předseda parlamentu ČR; PKU – předseda krajského úřadu; HK - hejtman kraje; SO - starosta obce; OBU -odpovědný pracovník veřejné správy za bezpečnost území; ORU - odpovědný pracovník veřejné správy za rozvoj území; OAI - odpovědný autorizovaný inspektor; IZS - odpovědný zástupce civilní ochrany; SVM - statutární zástupce vrcholového managementu technického díla; VMP - vedoucí projektu technického díla; SMP – vedoucí procesu technického díla; TMZ – osoba odpovědná za provoz technického zařízení; PK – obsluha technického zařízení.

Plán kontinuity používaný u technického díla je strategický plán řízení bezpečnosti a rozvoje technického díla zakotvený v SMS. Plán vychází ze způsobu řízení integrální bezpečnosti (odstavec 1.3.4.5 vpředu); představ na obrázcích 16 a 19; a zásadního požadavku managementu, že akty řízení musí být provázané na všech úrovních řízení. V plánu jsou uvedeny nejen údaje důležité pro provoz technického díla, ale i způsob řešení problémů, které mohou vážně narušit chod a konkurenceschopnost technického díla. V souladu s pracemi [4,5,162,164,241] plán kontinuity technického díla obsahuje:

- způsob řešení rizik, které mají zdroj mimo technické dílo a postihnou vážně technické dílo s příslušnými odpovědnostmi a postupy při řešení konfliktů mezi veřejným zájmem a zájmem technického díla,
- postupy pro zajištění bezpečného technického díla po dobu plánované životnosti tak, aby technické dílo dodávalo kvalitní výrobky či služby, bylo konkurenceschopné a neohrožovalo sebe a své okolí,
- z důvodu dynamického vývoje technického díla i okolí, které nejsou nutně synergické, reakce na změnu podmínek, a to včetně opatření nouzového a krizového řízení, která jsou podrobně rozpracována a po všech stránkách zajištěna pro všechny úrovně řízení technického díla,
- u kritických technických děl, která jsou životně důležitá pro zajištění základních funkcí státu (příloha 1), je navíc plán krizové připravenosti, který obsahuje opatření a jejich zajištění pro podporu státu (a u vybraných technických děl i EU) při zvládnutí kritických situací.

Aby plán řízení rizik v tabulce 43 byl realizovatelný a efektivní v České republice, je třeba upravit legislativu, a to především v deklaraci odpovědností a zvýšit všeobecné povědomí o rizicích a vzdělanost v oblasti práce s riziky.

7. ZÁVĚR

Technická zařízení a technická díla jsou výsledkem umu celých generací lidí. Každá ze zmíněných entit se skládá z řady částí, které jsou propojené a vytváří struktury objektové nebo síťové. Zvláštní pozornost v současné době mají velká technická díla, která zajišťují kvalitní základní služby pro lidi [2,4]. Mají formu socio-kyber-technickou [2,4-6]. Řada z nich zajišťuje plnění základních funkcí státu, a proto se s nimi spojuje slovo kritické. Inženýrské systémy od nejjednodušších až po velmi složité plní dennodenní potřeby a požadavky občanů, a proto vyžadují cílenou antropogenní péči.

Technická zařízení a technická díla náleží do správy různých sektorů a jsou konstrukcí a povahou velmi rozmanitá. Proto kritéria a opatření pro řízení a vypořádání jejich rizik jsou sektorově závislá, i když mají stejný cíl, a to bezpečné technické zařízení či bezpečné technické dílo. Z důvodu velké rozmanitosti jsou výše uváděné postupy řízení a vypořádání rizik dosti obecné, a jen příklady ukazují specifika oborů.

Na základě poznatků shrnutých v pracích [4,6] každý inženýrský systém je charakterizován strukturou, hardwarem, procedurami, prostředím, toky informací, organizací a rozhraním mezi těmito komponentami. Základním prvkem bezpečného provozu technických děl a technických zařízení v oblasti technických řešení je aplikace bezpečných (tj. spolehlivých, funkčních a neohrožujících sebe a své okolí) technických prvků, jejich kvalifikované propojení a provozní režim dovolující bezpečný (tj. spolehlivý a bezporuchový) provoz, včasná a řádná údržba, zálohování prioritních částí technických zařízení či děl, využití různých principů zálohování a promyšlené rozmístění záloh v území.

Aspekty důležité pro provoz technických zařízení i celých technických děl jsou však velmi rozmanité, především jde o aspekty:

- znalostní a technické, které předurčují kapacitní možnosti technických děl a technických zařízení,
- organizační a právní záležitosti, které umožňují provoz technických děl a technických zařízení na určité úrovni bezpečnosti v území a v čase,
- finanční, personální, sociální a politické na národní a mezinárodní úrovni.

V inženýrských disciplínách pracujících s riziky a používaných ve vyspělých zemích, se ve spojení se zajištěním bezpečného provozu technických děl a technických zařízení ustálila jistá terminologie, která je v předchozích kapitolách systematicky používána. Pro připomenutí: riziko je chápáno jako míra normovaných škod, ztrát a újm na chráněných aktivech sledovaných v daném kontextu; bezpečnost znamená soubor antropogenních opatření a činností, kterými je zajištěno, že sledovaná položka je bezpečná (tj. položka ani při svých kritických situacích neohrožuje ani sebe, ani veřejná aktiva ve svém okolí). Cíle souboru antropogenních opatření a činností v praxi jsou: bezpečné zařízení; bezpečná komponenta; bezpečný provoz; bezpečné technické dílo apod. Úrovně souboru opatření a činností jsou různé a závisí na znalostech a možnostech řídicího subjektu, a také na legislativě, kterou stát vymáhá bezpečný provoz technických zařízení a technických děl.

Fenomény současné doby jsou rizika a bezpečnost. Nejde o komplementární pojmy, protože bezpečnost lze zajistit také organizačními opatřeními založenými na znalostech a výcviku lidí, a to tak, aniž bychom snížili riziko; komplementární veličinou k bezpečnosti je veličina kritičnost; v některých českých předpisech je pojem

nebezpečnost (např. zákon č. 224/2015 Sb.). Další skutečností, kterou je třeba ve sledovaných souvislostech respektovat je rozlišení cílů různých sousloví spojených se slovem bezpečnost, např.: integrální (celková) bezpečnost; bezpečnost komponent; bezpečnost jednotlivých technických zařízení; bezpečnost výrobních celků; bezpečnost výrobních linek; bezpečnost procesů (procesní bezpečnost); bezpečnost osob při práci; bezpečnost výrobků; bezpečnost služeb; apod.

Na základě poznatků v současné praxi existuje několik způsobů řízení rizik, které jsou založené na systémovém pojetí a na proaktivním přístupu a mají oporu v zákonech, normách a standardech. Odlišují se cílem řízení; jde o cíle: zajištění spolehlivého systému; zajištění zabezpečeného systému; a zajištění bezpečného systému. Podle souboru zvažovaných rizik a stanovených cílů řízení je řízení rizik u technických děl zacílené na:

- **spolehlivé technické dílo**, tj. technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek,
- **zabezpečené technické dílo**, tj. technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek, a přitom je ochráněno proti všem vnitřním a vnějším pohromám, včetně lidského faktoru,
- **bezpečné technické dílo**, tj. technické dílo, které bezchybně plní stanovené úkoly po stanovenou dobu za určitých podmínek, je ochráněno proti všem vnitřním a vnějším pohromám, včetně lidského faktoru, a ani při svých kritických podmínkách neohrozí sebe a své okolí.

I když se pro uvedené cíle zmíněné koncepty při práci s riziky používají stejné metody, postupy a techniky, tak jejich výsledky jsou často konfliktní, jak ukazují výsledky v praxi [6], a proto je důležité respektovat, že v současné době je kladen důraz na bezpečná technická zařízení, bezpečné postupy, bezpečné procesy, bezpečná technická díla a bezpečný svět, což určuje cíl práce s riziky. Navíc při práci s riziky je třeba respektovat specifika různých technických oborů a skutečnost, že prostředky a opatření provedená v jednom oboru mohou mít nepříjemné dopady na technické dílo vždy, anebo jen za určitých podmínek, a proto je nutná spolupráce odborníků všech oborů, které jsou spojeny s daným technickým dílem.

Snižování jakéhokoliv rizika je spojeno se zvyšováním nákladů, s nedostatkem znalostí, technických prostředků apod. Proto se v praxi hledá hranice, na kterou je únosné riziko snížit tak, aby vynaložené náklady byly ještě rozumné. Tato míra rizika (určitá optimalizace) je většinou předmětem vrcholového řízení a výsledkem politického rozhodování, při kterém je z hlediska zajištění trvalého rozvoje nutné, aby se využily současné vědecké a technické poznatky a zohlednily ekonomické, sociální a další podmínky. Proto je potřeba mít správnou a integrální bezpečnost podporující legislativu, která respektuje veřejný zájem, a aplikovat takový systém řízení, ve kterém jsou provázané všechny úrovně řízení.

Z pohledu bezpečí a rozvoje lidí, pro které je nutná koexistence technických děl s okolím po celou dobu životnosti, je třeba u technických zařízení, technických provozů a technických děl upřednostnit řízení bezpečnosti, které v sobě zahrnuje řízení spolehlivosti, protože na základě analýzy havárií je bezpečnost nadřazená spolehlivosti.

Pro bezpečnost technických zařízení a technických děl musí provozovatel technických zařízení a technických děl zajišťovat tři cíle z hlediska veřejného zájmu. Prvním cílem je zajistit provozní spolehlivost (dependability) technického zařízení i technického díla,

protože tím sledovaná položka zabezpečuje služby a výrobky, ke kterým je vybudována. Druhým cílem je zajistit integrální (systémovou) bezpečnost sledované položky, tj. ochrana předmětné položky před pohromami všeho druhu (vnitřními i vnějšími, a to včetně lidského faktoru). Třetím cílem je zajistit, aby technické zařízení či technické dílo ani při svých kritických podmínkách neohrožovalo sebe a své okolí, tj. ostatní veřejná aktiva, tj. je nutno zvážit systémovou podstatu měnící se v čase různým způsobem.

Poznatky získané studiem havárií a selhání technických děl ukazují, že při prevenci havárií a selhání je třeba se vyvarovat:

- velkých chyb v prevenci rizik (např. podcenění velikosti externích zdrojů rizik či zdrojů organizačních havárií),
- výskytu drobných chyb, jejichž realizace v krátkém časovém intervalu je nebezpečná, ačkoliv dopady samostatných jednotlivých chyb jsou zvládnutelné připravenými opatřeními odezvy.

Za tímto účelem je vyvinut a pro praxi doporučen nástroj "Systém pro podporu rozhodování", který respektuje současné znalosti o bezpečnosti technických děl a poučení z minulých havárií a selhání technických děl, jejichž příčiny byly spojeny s jejich provozem.

Vzhledem k dynamickému vývoji světa, stárnutí a opotřebením částí technických děl a omezeným lidským znalostem, zdrojům a možnostem, management technického díla i veřejná správa se musí připravit na budoucí realizace rizik. Za tímto účelem je vyvinut a pro praxi doporučen "Plán řízení rizik", který respektuje současné znalosti o odezvě technických děl na havárie a poučení z minulých odezev na havárie a selhání technických děl, jejichž příčiny byly spojeny s jejich provozem. Jde o nástroj, který musí být místně specifický, aby byl účinný a efektivní.

Příklady z praxe shromážděné v pracích [2,4-6,13-33,81] ukazují, že bezpečnost v řadě případů nevyžaduje vysokou spolehlivost (např. vlak za nepříznivých podmínek nesmí s ohledem na možné ztráty lidských životů a materiální škody při případné havárii upřednostnit spolehlivost před bezpečností, tj. snažit se včas dojet do stanice, a přitom ohrozit životy a zdraví lidí). Jelikož se v současné době budují autonomní systémy řízení technických děl, tak se ukazuje jako velmi důležité sestavení pořadí kritérií, dle kterých bude autonomní systém rozhodovat s ohledem na bezpečí a zdraví lidí.

Závěrem je třeba uvést, že z výše uvedených poznatků a zkušeností vyplývá, že při práci s riziky při provozu technických děl je nutné odlišit úlohy podle:

1. **Cíle, který závisí na:**

- charakteru a vlastnostech technického díla,
- charakteru a vlastnostech prostředí, ve kterém technické dílo je provozováno,
- režimu, v jakém technické dílo pracuje,
- požadavcích na výsledky řízení rizik technického díla (bezpečnost integrální, bezpečnost integrovaná, bezpečnost projektů, bezpečnost procesů, bezpečnost jednotlivých zařízení, bezpečnost a ochrana zdraví při práci apod.),
- a na tom, zda se požaduje řešení krátkodobé, střednědobé nebo strategické.

2. **Úkolu a požadavku na jeho věrohodnost:**

- identifikace rizik,
- analýza rizik,
- hodnocení rizik,
- posouzení rizik,
- vypořádání rizik,
- monitoring rizik.

3. **Objektu sledování:**

- technické zařízení,
- technická komponenta,
- výrobní linka,
- technický proces,
- soubor procesů v technickém díle,
- celé technické dílo,
- celé technické dílo a jeho okolí.

Aby byly získány správné výsledky při práci s riziky hospodárně, je třeba u každé úlohy vybrat správný koncept (lineární model, stromový model, síťový model, nestrukturovaný model), mít správná data a umět data správně zpracovat. Velmi důležitá je správná volba konceptu, protože existující koncepty řešení a s nimi spojené nástroje, metody a techniky inženýrských disciplín pracujících s riziky:

- mají různé nároky na data a jejich přesnost,
- mají různé nároky na čas potřebný k získání výsledku,
- mají různé nároky na znalosti pro jejich aplikaci,
- mají různé nároky na finance,
- navíc ani nedávají stejné výsledky.

Důraz na dobrou práci s riziky je v normě ČSN ISO 31000 Management rizik – principy a směrnice. Protože zdrojů, sil a prostředků na bezpečnost, tj. na řízení rizik, není nikdy dostatek, je třeba z důvodů hospodárnosti postupovat následovně:

- rizika určovat jen pomocí dat a metod, které zajistí kvalitní podklady pro rozhodování o vypořádání rizik na příslušné úrovni řízení,
- na strategické úrovni řízení a inženýrského vypořádání rizik je nutné řešit rizika technických děl tak, že je chápeme jako SoS - jde o zajištění dlouhodobé existence a rozvoje technického díla i jeho okolí,
- na taktické a funkční úrovni řízení a inženýrského vypořádání rizik je nutné řešit rizika technických děl způsobem zaměřeným na bezpečný systém,
- na technické a funkční úrovni řízení a inženýrského vypořádání rizik lze řešit rizika technických děl způsobem zaměřeným na zabezpečený systém, **jen tehdy, když** výskyt možných škod v okolí systému je málo pravděpodobný anebo škody jsou přijatelné (např. manipulace s nádrží s vysoce nebezpečnou látkou již do předmětné kategorie nepatří).

Analýza současné situace ukazuje, že umíme systematicky zvládnout řadu nežádoucích procesů, tj. poruch a selhání, které dokážeme předem odhalit. Někdy se však vyskytne vzájemné propletení řady zdánlivě nesouvisajících faktorů a v důsledku nelinearit v systému vznikají velmi atypické havárie. Proto nyní připouštíme, že složitá technická díla jsou z různých důvodů čas od času v nestabilním stavu a vznikají organizační havárie, kaskády selhání bez zjevné příčiny, neobvyklé jevy apod., tj. připouštíme nejistoty náhodné i epistemické (znalostní) v jejich chování. Z důvodu zajištění koexistence technického díla s okolím po celou dobu životnosti musíme připravovat řešení odezvy pro možné případy, ve kterých se realizují rizika z příčin, které nelze odhalit pravděpodobnostními přístupy, a pro tyto zásahy budovat náhradní zdroje vody a energie, specifické systémy odezvy a specifický výcvik inženýrů a záchranářů.

Novelizace mezinárodní normy ISO 9000, vydaná v ČR v r. 2016, vyžaduje analýzu rizik v souvislosti se zajišťováním kvality procesů a produktů ve firmách, které usilují o certifikaci či re-certifikaci systému řízení kvality. Předmětná norma odkazuje ČSN EN 31010 Management rizik - Techniky posuzování rizik atd. Proto je třeba do české praxe zavést poznatky, nástroje a doporučení uvedené v předchozích kapitolách.

Studie havárií a selhání ukazují, že důležitým faktorem je správné rozdělení odpovědností a jejich správná realizace na jednotlivých úrovních řízení. Za bezpečnost technických děl jsou rovněž odpovědní politici a veřejná správa, jenž vytvářejí podmínky pro lidi a provoz technických děl a vykonávají dozor nad technickými díly, jejich výrobky či službami. Kvalitní práce s riziky zacílená na bezpečnost jakékoliv entity vyžaduje znalosti, prostředky, finance a vykonávání odpovědností, a proto parlament a vláda musí vytvořit jak podmínky a pravidla pro její správné provádění (legislativa, kvalitní technické vzdělání), tak nástroje pro její vynucení.

LITERATURA

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05103-0. Praha: ČVUT 2012, 318p.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. ISBN 978-80-01-04841-2. Praha: ČVUT 2011, 405p.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [5] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05245-7. Praha: ČVUT 2013, 223p.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN 978-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p.
<http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p.
<http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [8] KHAMINWA, A. N. Coexistence. Beyond Intractability. In: *Conflict Information Consortium Workshop*. Boulder: University of Colorado 2003
<http://www.beyondintractability.org/essay/coexistence>
- [9] PROCHÁZKOVÁ, D. *Ochrana osob a majetku*. ISBN 978-80-01-04843-6. Praha: ČVUT 2011, 301p.
- [10] PROCHÁZKOVÁ, D. *Krizové řízení pro technické obory*. ISBN 978-80-01-05292-1. Praha: ČVUT 2013, 303p.
- [11] PROCHÁZKOVÁ, D. *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí*. ISBN 978-80-01-05479-6. Praha: ČVUT 2014, 234p.
- [12] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. *Integrovaná bezpečnost zajišťuje optimální rozvoj životního prostředí*. ISBN 978-80-01-05480-2. Praha: ČVUT 2014, 224p.
- [13] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., PATÁKOVÁ, H., PROCHÁZKA, Z., STRYMPLOVÁ, V. *Kritické vyhodnocení přepravy nebezpečných látek po pozemních komunikacích v ČR*. ISBN 978-80-01-05599-1. Praha: ČVUT 2014, 150p.
- [14] PROCHÁZKOVÁ, D. ET AL. *Risk of Processes and Their Management*. ISBN 978-80-01-06144-2; e- ISBN 978-80-01-06186-2. Praha: ČVUT 2017, 295p.
- [15] BRIŠ, R., GUEDES SOARES, C. & MARTORELL, S. (eds). *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications*. ISBN 978-0-415-55509-8. London: CRC Press 2009, 2362p.
- [16] ALE, B., PAPAOGLOU, I., ZIO, E. (eds). *Reliability, Risk and Safety*. ISBN 978-0-415-60427-7. London: Taylor & Francis Group 2010, 2448p.

- [17] BÉRENGUER, C., GRALL, A., GUEDES SOARES, C. (eds). *Advances in Safety, Reliability and Risk Management*. ISBN 978-0-415-68379-1. London: Taylor & Francis Group 2011, 3035p.
- [18] IAPSAM (eds). *Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. International. 11th 2012. (and Annual European Safety and Reliability Conference)*. ISBN: 978-1-62276-436-5. Helsinki: IPSAM & ESRA 2012, 6889p.
- [19] STEENBERGEN, R., VAN GELDER, P., MIRAGLIA, S., TON VROUWENVELDER, A. (eds). *Safety Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon*. ISBN 978-1-138-00123-7. London: Taylor & Francis Group 2013, 3387p.
- [20] NOWAKOWSKI, T., MLYŃCZAK, M., JODEJKO-PIETRUCZUK, A., WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, S. (eds) *Safety and Reliability: Methodology and Application*. ISBN 978-1-138-02681-0. London: Taylor & Francis Group 2014, 2453p.
- [21] PODOFILLINI, L., SUDRET, B., STOJADINOVIC, B., ZIO, E., KRÖGER, W. (eds). *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems: ESREL 2015*. ISBN 978-1-138-02879-1. London: CRC Press, 4560p.
- [22] WALLS, L., REVIE, M., BEDFORD, T. (eds). *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice: Proceedings of ESREL 2016*. ISBN 978-1-315-37498-7. London: CRC Press, 2942p.
- [23] CEPIN, M., BRIS, R. *Safety and Reliability – Theory and Applications*. ISBN: 978-1-138-62937-0. London: Taylor & Francis Group 2017, 3627p.
- [24] HAUGEN, S., VINNEM, J., E., BARROS, A., KONGSVIK, T., VAN GULIJK, C. (eds). *Safe Societies in a Changing World*. ISBN: 978-0-8153-8682-7 (Handbook). London: Taylor & Francis Group 2018, 3234p.; ISBN: 978-1-351-17466-4 (eBook); <https://www.ntnu.edu/esrel2018>.
- [25] BEER, M., ZIO, E. (eds). *Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL)*. ISBN 978-981-11-2724-3. Singapore: ESRA 2019, Research Publishing 2019, 4315p., e:enquiries@rpsonline.com.sg
- [26] PROCHÁZKOVÁ, D. (ed.). *Selected Risks of Business Processes*. ISBN:978-80-01-05831-2 Praha: ČVUT 2015, 190 p.
- [27] PROCHÁZKOVÁ, D. (ed.). *Rizika podnikových procesů 2015*. ISBN: 978-80-7414-967-2. Ústí nad Labem: Universita Jana Evangelisty Purkyně 2015, 212 p.
- [28] PROCHÁZKOVÁ, D. (ed.). *Rizika podnikových a územních procesů a poznatky pro krizové řízení*. ISBN: 978-80-01-06033-9. Praha: ČVUT, 2016, 507p.
- [29] PROCHÁZKOVÁ, D. (ed.). *Risk and Business and Territorial Processes*. ISBN: 978-80-7561-021-8. Ústí nad Labem: UJEP 2016, 204p.
- [30] PROCHÁZKOVÁ, D. (ed.). *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN:978-80-01-06351-4. Praha: ČVUT 2017, 297p. <http://hdl.handle.net/10467/73522>
- [31] PROCHÁZKOVÁ, D. (ed.). *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06515-0. Praha: ČVUT 2018, 481p. <http://hdl.handle.net/10467/79042>

- [32] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., ŘÍHA, J., BERAN, V., PROCHÁZKA, Z. *Řízení rizik procesů spojených se specifikací a umístěním technického díla do území*. ISBN: 978-80-01-06467-2. Praha: ČVUT 2018, 134p., <http://hdl.handle.net/10467/78522>
- [33] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., LUKAVSKÝ, J., BERAN, V., ŠINDLEROVÁ, V. *Řízení rizik procesů spojených se zhotovením technického díla a jeho uvedením do provozu*. ISBN 978-80-01-06609. Praha: ČVUT 2019, 207p. <http://hdl.handle.net/10467/8446634>
- [34] PROCHÁZKOVÁ, D. Šetření podstaty stížností a konfliktů týkajících se technických řešení. *Kontrola MSK ČR 1992*. MSK ČR Praha, 95p.
- [35] SAGAN, S. *The Limits of Safety*. Princeton: Princeton University 1993.
- [36] www.idnes.cz
- [37] PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, Z. Zdroje rizik a opatření pro zvýšení bezpečnosti mostů. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06515-0. Praha: ČVUT 2018, pp. 208-225. <http://hdl.handle.net/10467/79042>
- [38] PROCHAZKA, J., PROCHAZKOVA, D., PROCHAZKA, Z. Measures for Bridges Safety Management Improvement. In: *Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL)*. ISBN: 978-981-11-2724-3. Singapore: ESRA 2019, Research Publishing 2019, pp. 3350-3357, doi:10.3850/978-981-11-2724-3_0098-cd, e:enquiries@rpsonline.com.sg
- [39] KOEPKE, G., YOUNG, W., LADBURY, J., CODER, J. Complexities of Testing Interference and Coexistence of Wireless Systems in Critical Infrastructure. *NIST Technical Note 1885*. <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.TN.1885>
- [40] LADBURY, J. M., KOEPKE, G. H., CAMELL, D. G. Evaluation of the NASA Langley Research Center Mode-Stirred Chamber Facility. *National Institute of Technology Technical Note 1508*, January 1999.
- [41] IEC. *IEC 61000-4-3 ed3.2, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and Measurement Techniques - Radiated, Radio - Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test*. http://webstore.iec.ch/Webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/43958
- [42] IYER, A., ROSENBERG, C., KARNIK, A. What is the Right Model for Wireless Channel Interference? *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 8 (2006), 5.
- [43] MA, R., MENG, W., CHEN, H., HUANG, Y. Coexistence of Smart Utility Networks and WLAN/ZigBee in Smart Grid. *IEEE Third International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, IEEE 2012, pp. 510-520.
- [44] IEEE. *IEEE Std 1900.2TM - 2008, IEEE Recommended Practice for the Analysis of In-Band and Adjacent Band Interference and Coexistence between Radio Systems*. *IEEE Third International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, IEEE 2012.

- [45] OECD. Machine-to-Machine Communications: Connecting Billions of Devices. *OECD Digital Economy Papers*, No. 192. Paris: OECD 2012. <http://dx.doi.org/10.1787/5k9gsh2gp043-en>
- [46] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [47] US PMI. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Washington: US Project Management Institute 2004.
- [48] ŘEPA, J. *Podnikové procesy – procesní řízení a modelování*. ISBN 80-2471281-4. GRADA Publishing, a.s. 2004, 264p.
- [49] DONNELLY, J. H., GIBSON, J. L., IVANCEVICH, J. M. *Management*. Praha: Grada Publishing 1997.
- [50] VYSKOČIL, V. K. ET AL. *Facility Management a Public Private Partnership*. ISBN 978-80-86946-34-4. Praha: Kamil Mařík – Professional Publishing 2007, 262p.
- [51] LACINA, K. *Regionální rozvoj a veřejná správa*. ISBN 978-80-86754-74-1. Praha: VŠFS 2007, 70p.
- [52] PROCHÁZKA, T. Spolupráce veřejného a soukromého sektoru. *Diplomová práce*. Praha: VŠFS 2008, 107p.
- [53] NENADÁL, J. *TQM. Role ekonomiky jakosti v koncepci TQM*. 1999, [www: http://fmmi10.vsb.cz/639/qmag/mj03-cz.htm](http://fmmi10.vsb.cz/639/qmag/mj03-cz.htm).
- [54] COASE, R. H. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3 (1960), pp. 1-44.
- [55] OLŠOVÁ, P. Reforma VS : Management veřejné správy. *Deník veřejné správy*. (2005), 1, pp. 1-5. <http://denik.obce.cz/go/clanek.asp?id=6169357>
- [56] PROCHÁZKOVÁ, D. Analýza havárie jaderné elektrárny Fukushima a první poučení. In: *Požární ochrana 2011*. ISBN: 978-80-7385-102-6. Ostrava: SPBI 2011, pp. 288-291
- [57] ANDERSON, R. *Security Engineering- A Guide to Building Dependable Distributed Systems*. ISBN 978-0-470-068552-6. J. Willey, 2008, 1001p.
- [58] ROLAND, H. E., MORIARITY, B. *System Safety Engineering and Management*. ISBN 0-471-6186-0. J. Willey, 1990, 321p.
- [59] IAEA. *Safety Guides and Technical Documents*. Vienna : IAEA 1954 – 2019.
- [60] BARALDI SESSO, D., VISMARI, L. F., CAMARGO, J. B. jr. An Approach to Assess the Safety of Automatic Dependent Surveillance Systems Considering Aspects of Integrity In Positional Data Based on Computational Simulation. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 305-313.
- [61] BORGES, HICKEY, C. Balancing Safety and Performance through QRA and RAM Analyses. In: *Safety and Reliability: Methodology and Applications*. ISBN: 978-1-138-02681-0. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 445-452.
- [62] ISO. *ISO 55000:2014, Asset management - Overview, Principles and Terminology*. Geneva: ISO 2014.

- [63] GALASSI, T. *A Starting Point for Workplace Safety*. U.S. Department of Labor Blog. OSHA 2016, <https://blog.dol.gov/2016/10/18/top-10-osha-citations-of-2016-a-starting-point-for-workplace-safety/>.
- [64] CORDARO, T. *Top Ten Violations*. OSHA 2016. <http://www.oshalawblog.com/2016/10/articles/oshas-2016-top-ten-violations/>.
- [65] UNISDR. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction 2015. <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>
- [66] MUNICHRE. *NatCatService 2017*. <http://natcatservice.munichre.com>
- [67] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., ŘÍHA, J., BERAN, V., PROCHÁZKA, Z. *Řízení rizik spojených s ukončením provozu technického díla a s předáním území do dalšího užívání*. ISBN 978-80-01-06527-3. Praha: ČVUT 2018, 114p. <http://hdl.handle.net/10467/79182>
- [68] RODSETH, H., SCHJOLBERG, P. *Reliability-Based Cyber Plant. Safe Societies in a Changing World*. ISBN: 978-0-8153-8682-7 (Handbook). London: Taylor & Francis Group 2018, pp. 3085-3091.
- [69] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. *Data a metodika jejich zpracování pro potřeby inženýrských disciplín*. ISBN: 978-80-01-05792-6. Praha: ČVUT 2015, 186p.
- [70] WSH. *Code of Practice on Workplace Safety and Health Risk Management*. London: Workplace Safety 2011. www.wshc.sg.
- [71] OTA. *Public Law 92-484*. www.princeton.edu
- [72] HEZOUČKÝ, F. Nedostatky bezpečnostních úvah při řízení, symptomy, příklady a ozdravení. *Bezpečnost jaderných zařízení 11-12/2006*, <http://www.dukovany.cz/provozni-kultura-jaderne-bezpecnosti.html>
- [73] HOLLNAGEL, E. *FRAM: the Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-Technical Systems*. Ashgate Publishing, Ltd. 2012.
- [74] STEIN, W., HAMMERLI, B., POHL, H., POSCH, R. (eds). *Critical Infrastructure Protection – Status and Perspectives. Workshop on CIP*, Frankfurt am Main 2003, www.informatik2003.de
- [75] LEVESON, N. A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety science* 42 (2004), 4, pp. 237–270.
- [76] LUNDBLAD, K., ET AL. 2008. FRAM as a Risk Assessment Method for Nuclear Fuel Transportation. *International Conference Working on Safety*, 2008.
- [77] HOLLNAGEL, E. Risk + barriers = safety? *Safety Science* 46 (2008), pp. 221–229.
- [78] RAUSAND, M. *Reliability of Safety-Critical Systems: Theory and Applications*. John Wiley & Sons 2014, 289p.
- [79] ZIO, E. Some Challenges and Opportunities in Reliability Engineering. *IEEE Transactions on Reliability*, 65(2016), 4, pp. 1769–1782.
- [80] ČTK. *Železniční neštěstí v Bavorsku 16. 2. 2016*. www.ctk.cz

- [81] PROCHÁZKOVÁ, D. *Archiv pohrom, havárií, selhání a práce s riziky*. Praha: ČVUT 2019.
- [82] <http://wordnet.princeton.edu>
- [83] www.psepc-gppcc.gc.ca/Keeping-Canada-safe
- [84] ICTPAC. *A Guide to Highway Vulnerability Assessment for Critical Asset Identification and Protection*. National Cooperative Highway Research Program Project 20-07/Task 151B. Science Applications. Vienna: International Corporation–Transportation Policy and Analysis Center 2002.
- [85] MCCARTHY, J. J., CANZIANI, F. O., LEARY, N. A., DOKKEN, D. J., WHITE, K. S. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. ISBN 0 521 01500 6. New York: Cambridge University Press York 2001, 1010p.
- [86] PROCHÁZKOVÁ, D. Metody pro hodnocení zranitelnosti. In: *Výzkum nových principů a metod v rámci opatření ochrany obyvatelstva aj. Studie rizik územního celku*. Zpráva pro FBI Ostrava. Praha 2008, 50p.
- [87] PROCHÁZKOVÁ, D., BUMBA, J., SLUKA, V., ŠESTÁK, B. *Nebezpečné chemické látky a chemické přípravky a průmyslové nehody*. ISBN 978-80-7251-275-1. Praha: PA ČR 2008, 420p.
- [88] LUKAVSKÝ, J. Analýza rizik při utěšňování tlakových zařízení. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN
- [89] www.google.com
- [90] LUKAVSKÝ, J. *Archiv*. Praha: ČVUT, FS 2019.
- [91] BDR. *TRBS 2141 Teil 2: Gefährdung durch Dampf und Druck – Schädigung der drucktragenden Wandung*, BauA 2009/8
- [92] BDR. *TRBS 2141 Teil 3: Gefährdungen durch Dampf und Druck bei Freisetzung von Medien*, BauA 2009/9
- [93] BDR. *TRBS 2141 Teil 1: Versagen der drucktragenden Wandung durch Abweichen von zulässigen Betriebsparameteren*, BAuA 2008/3.
- [94] JIROTA, F. *Pojistné ventily tlakových nádob - možný zdroj nehodových událostí - praktické zkušenosti*. Rozhovor 30. 5. 2018. Ústí nad Labem: OIP.
- [95] HUDSON, P., HUDSON, T. *Possibility Space: Understanding Risk*. <https://www.ntnu.edu/esrel2018>
- [96] HAMALAINEN, P., TAKALA, J., SAARELA, K. L. Global estimates of occupational accidents. *Safety Science*, 44 (2006), pp. 137–156.
- [97] HEINRICH, H. W. *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*. New York, NY, US: McGraw-Hill 1931.
- [98] LEES, F. P. *Loss Prevention in the Process Industry, Volumes 1-3*. Oxford: Butterworth-Heinemann 2001.
- [99] PERROW, CH. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton: Princeton University Press 1999.
- [100] PAUL SCHERRER INSTITUTE. *Database ENSAD*. Zuerich: Paul Scherrer Institute 2019.

- [101] BURGHER, P., HIRSCHBERG, S. A Comparative Analysis of Accident Risks in Fossil, Hydro, and Nuclear Energy Chains. *Human and Ecological Risk Assessment*. 14(2008), 5, pp: 947-973.
- [102] BURGHER, P., ECKLE, P., HIRSCHBERG, S. Comparative Risk Assessment of Severe Accidents in the Energy Sector Based on the ENSAD database: 20 years of Experience. In: *Safety Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon*. ISBN 978-1-138-00123-7. London: Taylor & Francis Group 2013.
- [103] BIRD, F. E. , GERMAIN, G. L. *Damage Control*. New York: American Management Associations, Inc. 1966.
- [104] MATOUŠKOVÁ, I. *Rozhodování v situacích ohrožení*. In: *Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*. ISBN 978-80-8070-846-7. Žilina: FŠI 2008, pp. 533-540.
- [105] THON, R. *Cybersecurity – the Human Factor*. www.nsm.strat.no
- [106] BYRES, E. *White Paper Tofino Security—Version 1.1 May 2012. Using ANSI/ISA-99 Standards to Improve Control System Security*.
- [107] NIST. *Community Resilience Planning Guide for Buildings and Infrastructure Systems - Volume I*. NIST 2015. <https://www.nist.gov/el/resilience/community-resilience-planning-guide>.
- [108] PIRIOU, P. Y., FAURE, J. M., LESAGE, J. J. Control-in-the-Loop Model Based Safety Analysis. In: *Safety and Reliability: Methodology and Application*. ISBN 978-1-138-02681-0. London: CRC Press 2014.
- [109] www.automa.cz
- [110] AFROUSS, A., PORTELLI, A., GUARNIERI, F. What Can We Learn about “Engineering Thinking in Extreme Situations” from the Testimony by the Fukushima. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 103-110.
- [111] PROCHÁZKOVÁ, D. Conference TIEMS. 112. 7 (2008), 5, pp. 56-57.
- [112] PEMA. *Hazard Mitigation Planning - An On-Line Introduction. Part III: Hazard Vulnerability Analysis (HVA)*. Pennsylvania Emergency Management Agency 2002. Web: http://sites.state.pa.us/PA_Exec/PEMA/programs/mitigation
- [113] GOVERNMENT. *Disaster Control and Crisis Management in the Netherlands*. Hague: Government 2000, 56p.
- [114] GUSTIN, J. F. *Disaster & Recovery Planning: a Guide for Facility Managers*. ISBN 0-88173-323-7(FP), 0-13-009289-4 (PH). Lilburn: The Fairmont Press, Inc. 2002, 304p.
- [115] BRISSAUD, F., TURCINOVIC, D. Functional Safety for Safety-Related Systems: 10 Common Mistakes. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 1159-1166.
- [116] ISO. *IEC 61508. Functional Safety of Electrical / Electronic / Programmable Electronic Safety-Related Systems*. Geneva: International electrotechnical commission 2010. Geneva: ISO 2011.

- [117] ISO. IEC 61511. *Functional safety - Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 1: Framework, Definitions, System, Hardware And Software Requirements*. Geneva: ISO 2011.
- [118] SCHENKELBERG, F. Introduction to Reliability Engineering Management. *Inspectioning Journal*, 21 (2015), 1.
- [119] ASQ. *Reliability Engineer Certification Offered by the American Society for Quality (ASQ). ASQ Certified Reliability Engineer (CRE)*.
- [120] COMAH. *Safety Report Assessment Manual: COMAH*. London: UK- HID CD2 London 2018, 570 p.
- [121] ASCE. *Global Blueprints for Change – Summaries of the Recommendations for Theme A „Living with the Potential for Natural and Environmental Disasters“, Summaries of the Recommendations for Theme B „Building to Withstand the Disaster Agents of Natural and Environmental Hazards“, Summaries of the Recommendations for Theme C „Learning from and Sharing the Knowledge Gained from Natural and Environmental Disasters*. Washington: ASCE 2001, 8956p.
- [122] IRM. *A Risk Practitioners Guide to ISO 31000: 2018*. London: IRM 2018. www.theirm.org.
- [123] ISO. ISO 16090-1:2016, *Machine Tools Safety - Machining Centres, Milling Machines, Transfer Machines—Part 1: Safety requirements*. Berlin: Beuth Verlag GmbH 2016.
- [124] ISO. ISO 12100. *Safety of Machinery—General Principles for Design—Risk Assessment and Risk Reduction*. Berlin: Beuth Verlag GmbH 2010.
- [125] MALKIN, A. M., WINDER, C. Applying the Safe Place, Safe Person, Safe Systems framework: Case study findings across multiple industry sectors. In: *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications*. ISBN 978-0-415-55509-8, CRC Press / Balkema, Leiden 2009, 697-704, CD ROM ISBN 978-0-203-85975-9.
- [126] PAPAZOGLU, I. A., ET AL. *Occupational Risk Management for Contact with Moving Parts of Machines*. In: *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications*. ISBN 978-0-415-228 5509-8. Leiden: CRC Press / Balkema, 2009, pp. 713-720.
- [127] BRAGATTO, P. A. ET AL. The Impact of the Occupational Safety Control Programs on the Overall Safety Level in an Industrial Cluster. In: *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications*. ISBN 978-0-415-55509-8. Leiden: CRC Press / Balkema 2009, pp. 745-752.
- [128] Kolektiv autorů ČMKOS a ASO: *Bezpečnost práce – nedílná součást života*. ISBN 978-80-90391-79-6. ČMKOS Praha 2008, 172p. www.cmkos.cz
- [129] WALKER, T. Resilience Management in Social-Ecological System. *Conservation Ecology*, 6(2002),1, <http://www.consecol.org>
- [130] NEEFJES, K. *Environments and Livelihoods - Strategies for Sustainability. Development Guidelines*. Oxford: Oxfam Publication 2000.
- [131] BS. *BS 8901:2009 Specification for a sustainability management system for events*. London: British Standards Institution 2009.

- [132] <http://www.centerforsustainablecities.com>
- [133] PROCHÁZKOVÁ, D. Rozhodování o udržitelnosti krajiny a lidských sídel. In: *Ochrana obyvatel 2008*. ISBN 978-80-7385-034-0. Ostrava: VŠB 2008, pp. 301-309
- [134] ASME. *All-Hazard- Risk and Resilience*. Washington, D.C.: ASME ITI, LLC; 2009.
- [135] GIMENEZ, R., LABAKA, L., HERNANTES, J. Enhancing Organizational Resilience through Virtual Communities of Practice. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN 978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 151-158
- [136] ZAIRI, M. *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1991.
- [137] US. *Presidential Policy Directive 21*. Washington: US government 2013.
- [138] AVEN, T. On Some Recent Definitions and Analysis Frameworks for Risk, Vulnerability, and Resilience. *Risk Analysis*, 31(2011), 4, pp. 515-522.
- [139] AYYUB, B. M. Systems Resilience for Multihazard Environments: Definition, Metrics, and Valuation for Decision Making. *Risk Analysis*, 34 (2014), 2, pp. 340-355
- [140] LUIJIF, E. Empirical Findings. CI Disruptions, Dependencies and Common Cause Events. *CIPRNet Project 2017*. Brussels: EU 2017.
- [141] HOSSEINI, S., BARKER, K., RAMIREZ-MARQUEZ, J. *Reliability Engineering & System Safety*. Elsevier 2017, p. 43. www.elsevier.com
- [142] EU. *Darwin Project* (Deliverable D1.1. Consolidation of resilience concepts and practices for crisis management; Deliverable D1.3. Practitioner and academic requirements for resilience management guidelines; Deliverable D2.1. Generic Resilience Management Guidelines; Deliverable D2.2. Generic Resilience Management Guidelines Adapted to Healthcare Domain; Deliverable D2.3. Generic Resilience Management Guidelines Adapted to Air Traffic Management Domain). <http://www.h2020darwin.eu/project-deliverables>
- [143] BSI. *PAS 56:2003 Guide to Business Continuity Management*. ISBN 0580413705. London: British Standards Institution 2003, 54p.
- [144] SHARP, J. *Jak postupovat při řízení kontinuity činností*. ISBN 978-80-254-3992-0. Praha: Risk Analysis Consultants, 2009, p. 117.
- [145] GIBB, F., BUCHANAN, S. A Framework for Business Continuity Management. *International Journal of Information Management*, 26 (2006), pp. 128-141.
- [146] TAMMINEEDI, R. L. Business Continuity Management: A Standards-Based Approach. *Information Security Journal: A Global Perspective*, 19 (2010), pp 36–50
- [147] TORABI, S. A., REZAEI SOUFI, H., SAHEBJAMNIA, N. A New Framework for Business Impact Analysis in Business Continuity Management (with a Case Study). *Safety Science*, 68 (2014), pp. 309–323.

- [148] HOSSEINI, S., BARKER, K., RAMIREZ-MARQUEZ, J. A Review of Definitions and Measures of System Resilience. In: *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 145 (2016), pp. 47–61.
- [149] ISO. *ISO/IEC 27000. Guidelines for Information Security Management Systems Auditing*. Geneve: ISO 2007.
- [150] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metodika pro odhad nákladů na obnovu majetku v územích postižených živelní nebo jinou pohromou*. ISBN 978-80-86634-98-2. Ostrava: SPBI SPEKTRUM XI 2007, 251p.
- [151] SMITH, D., SIMPSON, K. *Safety Critical Systems Handbook – A Straightforward Guide to Functional Safety, IEC 61508 and Related Standards*. ISBN 978-0-08-096781-3. Geneve: ISO 2010. 270p.
- [152] RAMUHALLI, P., HENAGER C. H., GRIFFIN, J. W., MEYER, R. M., COBLE, J. B., PITMAN, S.G., BOND, L. J. *Material Aging and Degradation Detection and Remaining Life Assessment for Plant Life Management*. IAEA-CN-194-1P28. www.inis.iaea.org
- [153] BOND, L. J., ET AL. Damage Assessment Technologies for Prognostics and Proactive Management of Materials Degradation (PMMD). *Nuclear Technology*, 173 (2011) 46, pp 99-152.
- [154] HEZOUČKÝ, F., ŠTĚCH, S. *Základy teorie normálních a abnormálních provozních režimů energetických bloků s tlakovodními reaktory*. ISBN 978-80-261-0548-0. Plzeň: ZČU 2015, 199p.
- [155] ROPOHL, G. *Philosophy of Socio-Technical Systems*. In: *Society for Philosophy and Technology*, 4 (1999), No 3.
- [156] EPSTEIN, W. Not Losing to the Rain: What I Learned when I Learned about Onagawa. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 365-371.
- [157] FALCK, A., FLAGE, R., AVEN, T. Risk Assessment of Oil and Gas Facilities during Operational Phase. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 373-380.
- [158] KOZINE, I., ANDERSEN, H. B. Integration of Resilience Capabilities for Critical Infrastructures into the Emergency Management Set-up. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN 978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp.171-176.
- [159] RÖWEKAMP, M., TÜRSCHMANN, M., BERG, H-P., WERNER, W., WERNER, A. First Applications of the OECD FIRE Database within Fire PSA for Nuclear Power Plants in Germany. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 573-580.
- [160] OLDE KEIZER, M. C. A., TEUNTER, R. H. Clustering Condition-Based Maintenance for a Multi-unit System with Aperiodic Inspections. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 983-981.
- [161] NILSEN, T., SYVERTSEN, R. A. RCM and Barrier Modelling—Application of Barrier Analysis to Railway Rolling Stock Maintenance Optimization. In: *Safety*

- and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 1039-1045
- [162] OECD. *Guiding Principles on Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. Paris: OECD 2003, 192 p.
- [163] GEYSEN, W. The Acceptance of Systemic Thinking in Various Fields of Technology and Consequences on Respective Safety Philosophies. In: *Safety of Modern Systems. Congress Documentaion Saarbruecken 2001*. ISBN 3-8249-0659-7. Cologne: TÜV- Verlag GmbH, 2001, pp. 19-27.
- [164] OECD. *Guidance on Safety Performance Indicators. Guidance for Industry, Public Authorities and Communities for developing SPI Programmes related to Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. Paris: OECD 2002, 191 p.
- [165] BALLINGER, R. G. *Materials Issue*. Massachusetts: MIT 2017.
- [166] KREINDL, M., ŠMÍD, R. *Technická diagnostika*. ISBN 80-7300-158-6. Praha: BEN 20006, 466p.
- [167] GAJDOŠ, L. ET AL. *Spolehlivost plynovodních potrubí*. ISBN 80-01-02143-2. Praha: ČVUT 2000, 217p.
- [168] CHEVILEND, R. *Inzhenernaya nadezhnost i rasthet na dolgovecznost*. Moskva: Energia 1966, 232p.
- [169] MBA, D. U., RAO, R. B. K. N.: *Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management*. ISBN 1-871315-91-3. Granfield: University Press 2006, 649p.
- [170] KOPEC, B. ET AL. *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí*. ISBN 978-80-7204-591-4. Brno: CERM, s.r.o. 2008, 571p.
- [171] RAMUHALLI, P., HENAGER C. H., GRIFFIN, J. W., MEYER, R. M., COBLE, J. B., PITMAN, S.G., BOND, L. J. *Material Aging and Degradation Detection and Remaining Life Assessment for Plant Life Management*. IAEA-CN-194-1P28. www.inis.iaea.org
- [172] BOND, L. J., ET AL. Damage Assessment Technologies for Prognostics and Proactive Management of Materials Degradation (PMMD). *Nuclear Technology*, 173 (2011) 46, pp 99-152.
- [173] ČSNDT. *Defektoskopie 2017*. ISBN: 978-80-214-5554-2. Brno: VUT 2017, 357p.
- [174] SVOBODA, V. *Vznik a rozvoj defektů a jejich příspěvek k riziku*. Archiv. Praha: Preditest s.r.o.
- [175] PREDITEST. *Archiv*. Praha: Preditest s.r.o. 2019.
- [176] API. *RP 581, Risk-Based Inspection Technology, Section 7 Pressured Relief Devices*. American Petroleum Institute (API) Recommended Practice 581, 2008.
- [177] IAEA. *The Fukushima Daiichi Accident*. Technical Volume 5/5. ISBN 978-92-0-107015-9. Vienna: IAEA 2015, 218p.
- [178] MARTÍNEZ, A., LARA, G., PASCUAL, R., LOPEZ, E. Optimal Failure-Finding Intervals for Heat Shields in a Gas Turbine Combustion Chamber Using a Multi-

- Criteria Approach. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 137(2015), 7..
- [179] STRAUB, D., FABER, M. H. Risk-Based Inspection Planning for Structural Systems. *Structural Safety*, 27 (2005), 4, pp. 335-355. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2005.04.001>
- [180] LUQUE, J., STRAUB, D. Risk-Based Optimal Inspections Strategies for Structural Systems Using Dynamic Bayesian Networks. *Structural Safety*, 76 (2019), 1, pp. 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2018.08.002>.
- [181] OSHA US. *Regulation 1910.119*. Inspectioneering LLC, Siemens Process Safety Texas. <https://www.osha.gov>
- [182] SOBRAL, J., FERREIRA, L. A. Development of a New Approach to Establish Inspection Frequency in a RBI Assessment. In: *Reliability, Risk and Safety. Back to the Future*. Taylor & Francis Group, London 2010, ISBN 978-0-415-60427-7, pp 1446-1452.
- [183] CAMPBELL, J. D. Outsourcing in Maintenance Management: A Valid Alternative to Self-Provision. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1 (2008), 3, pp 18–24.
- [184] GARG, A., DESHMUKH, S. G. Maintenance Management: Literature Review and Directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 12 (2006), 3, pp 205–238.
- [185] FERREIRA, R. J. P. , CAVALCANTE, C. A. V. , ALMEIDA, A. T. Multicriteria Approaches for Maintenance Policies Selection. In: *Reliability, Risk and Safety. Back to the Future*. London: Taylor & Francis Group 2010, ISBN 978-0-415-60427-7, pp. 1416-1423.
- [186] MOUBRAY, J. *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial New York: Press Inc. 1997.
- [187] BÖRCSÖK, J. *Elektronische Sicherheitssysteme, Hardwarekonzepte, Modelle und Berechnungen*. Mannheim: Hüthig GmbH & Co.KG 2003
- [188] www.baua.de
- [189] STADER, S. A. Ergonomic Evaluation of Aircraft Wing Recovering Tasks in General Aviation Maintenance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 57th Annual Meeting*, 57(2013), 1, pp. 1249–1253.
- [190] DE ALMEIDA, A. T., CAVALCANTE, C. A.V., ALENCAR, M. H., FERREIRA, R. J. P., DE ALMEIDA-FILHO, A. T. & GARCEZ, T. V. *Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis*. Springer 2015.
- [191] LEE, H., CHA, J. H. New Stochastic Models for Preventive Maintenance and Maintenance Optimization. *European Journal of Operational Research* 255(2016), 1, pp. 80–90.
- [192] BERRADE, M. D, SCARF, P. A., CAVALCANTE, C. A. V., DWIGHT, R. A. 2013. Imperfect Inspection and Replacement of a System with a Defective State: a Cost and Reliability Analysis. *Reliability Engineering and System Safety* 120 (2013), 1, pp. 80–87.

- [193] XIA, T., JIN, X., XI, L., NI, J. Production-Driven Opportunistic Maintenance for Batch Production Based on MAM–APB Scheduling. *European Journal of Operational Research*, 240 (2015), 3, pp. 781–790.
- [194] ZHENG, Z., ZHOU, W., ZHENG, Y., WU, Y. Optimal Maintenance Policy for a System with Preventive Repair and Two Types of Failures. *Computers & Industrial Engineering* 98 (2016), pp. 102–112.
- [195] WANG, W., SCARF, P. A., SMITH, M. On the Application of a Model of Condition Based Maintenance. *Journal of the Operational Research Society* 51(2000), 11, pp. 1218–1227.
- [196] RABIEI, E., DROGUETT, E. L., MODARRES, M. A Prognostics Approach Based on the Evolution of Damage Precursors Using Dynamic Bayesian Networks. *Advances in Mechanical Engineering*, 8(20160), 9. doi: 10.1177/1687814016666747
- [197] JARDINE, A. K. S., TSANG, A. H. C. *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications*. London: CRC Press 2013.
- [198] EU. *Common Safety Methods on Risk Assessment*. Brussels. Směrnice Evropského parlamentu a rady 798; 2016. Úřední věstník Evropské unie L138/122.
- [199] EMA. *Australian Emergency Manual Disaster Recovery*. Sydney: Emergency Management Australia 1996, 166p.
- [200] MOSLEH, A. *Ask An Expert*. <https://www.ntnu.edu/esrel2018>
- [201] NHS. General Workplace Health and Safety Risk Assessments. *Trust Standard Procedure 2014. Version 01*. <http://www.torbaycaretrust.nhs.uk>. 2014
- [202] ERCAN, P. MERT, B. Occupational Health and Safety in Food Seasoning Sector. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. ISBN:978-1-315-64841-5. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 3245-3251.
- [203] EU. *Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on Machinery, and Amending Directive 95/16/EC*.
- [204] www.mzp.cz
- [205] SKLET, S. Safety Barriers: Definition, Classification, and Performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 19(2006), 5, pp. 494–506.
- [206] US EPA. PHA Techniques in Chemical Emergency Prevention & Planning. *Newsletter* 2008, No. 8, pp. 3-6.
- [207] <https://www.theiet.com>
- [208] www.iacipp.net
- [209] PROCHÁZKOVÁ, D. Případová studie a metodika pro její sestavení. In: *Manažerstvo životného prostredia 2006*. ISBN 80-89281-02-08. Žilina: Strix et VeV 2006, pp. 507-534. <http://mazp2006.emap.sk>
- [210] KEENEY, R. L, RAIFFA, H. *Decision with Multiple Objectives*. Cambridge: Cambridge University Press 1976, 1993, 569p.
- [211] MATĚJÁK, A. Výbuch bojleru v Lounech – 6 mrtvých. In: *Informační servis Českého sdružení pro technická zařízení 2002*. www.cstz.cz

- [212] BROTÁNEK, M. *Příklady zdrojů havárií technických zařízení*. Rozhovor 30. 4. 2019. Praha: OIP 2019.
- [213] JIROTA, F. *Poznatky ze šetření závažných havárií*. Rozhovor 20. 11. 2018. Ústí nad Labem: OIP 2018.
- [214] <https://www.iata.org>
- [215] www.airdisaster.com
- [216] PRAŽAN, M. Identifikace závažných rizik v letovém provozu a návrh jejich vypořádání. *Diplomová práce*. Praha: ČVUT Archiv 2016, 82p.
- [217] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. Causes of accidents in Civilian Aircraft Operation and Tools for Management of Selected Risks. In: *Safety and Reliability – Theory and Applications*. ISBN 978-1-138-62937-0. London: Taylor & Francis Group 2017, pp. 3057-3066.
- [218] DRÁŽNÍ INSPEKCE ČR. *Archiv*. <http://www.dicr.cz>
- [219] www.google./railway.com
- [220] www.railway-technology.com
- [221] www.revolvy.com
- [222] www.isdo.org
- [223] <https://ebtrialattorneys.com/rail-accidents>
- [224] <http://specialcollection.dot.library.dot.gov/Home>
- [225] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., KERTIS, T. Domains of Railway Traffic in the Czech Republic, which Need the Safety Improvement. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*. ISSN 2336-5382, 11 (2017), pp. 53-62. doi:10.14311/APP.201711.53
- [226] PROCHÁZKA, Z., PROCHÁZKOVÁ, D. Příčiny pohrom s přítomností radioaktivních látek. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06351-4. Praha: ČVUT 2017, pp. 94-119, <http://hdl.handle.net/10467/73522>
- [227] <https://iaea.org>
- [228] PROCHÁZKA, Z., PROCHÁZKOVÁ, D. Výsledky studia chemických havárií zaměřené na dioxin. In: *Ochrana obyvatelstva 2014*. ISBN: 978-80-7385-142-2, ISSN: 1803-7372. Ostrava: SPBI 2014, pp. 177-181.
- [229] PROCHÁZKOVÁ, D. Příčiny nehod a havárií a způsoby řízení bezpečnosti technologických systémů s ohledem na dopady havárií. In: *Manažérstvo životného prostredia 2013*. ISBN 978-80-89281-90-9. Žilina: Strix, pp. 151-157
- [230] PROCHÁZKA, Z., PROCHÁZKOVÁ, D. Výsledky analýzy havárií s kyselinou dusičnou v České republice. In: *Požární ochrana 2014*. ISBN:978-80-7385-148-4. Ostrava: SPBI, pp. 277-281
- [231] DAVID, J., PROCHÁZKOVÁ, D. Dopady silného zemětřesení na Nuselský most a jeho okolí. In: *Rizika podnikových a územních procesů a poznatky pro krizové řízení*. ISBN: 978-80-01-06033-9. Praha: ČVUT 2016, pp. 21-33

- [232] KRÁKORA, J., PROCHÁZKOVÁ, D. Dopady výpadku elektrické energie na metro. In: *Rizika podnikových a územních procesů a poznatky pro krizové řízení*. ISBN: 978-80-01-06033-9. Praha: ČVUT 2016, pp. 83-90.
- [233] PRAŽAN, M., PROCHÁZKOVÁ, D. Vybrané letecké nehody a jejich dopady. In: *Rizika podnikových a územních procesů a poznatky pro krizové řízení*. ISBN: 978-80-01-06033-9. Praha: ČVUT 2016, pp. 110-121.
- [234] PROCHÁZKA, Z., PROCHÁZKOVÁ, D., BOROVIČKA, D. Dopady vybraných jaderných havárií a testů. In: *Rizika podnikových a územních procesů a poznatky pro krizové řízení*. ISBN: 978-80-01-06033-9. Praha: ČVUT 2016, pp. 122-163.
- [235] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKA, Z. Výsledky hodnocení technologických havárií s přítomností nebezpečných látek. In: *Rizika podnikových a územních procesů a poznatky pro krizové řízení*. ISBN: 978-80-01-06033-9. Praha: ČVUT 2016, pp. 457-473.
- [236] KERTIS, T., PROCHÁZKOVÁ, D. Assets of Model Metro Station and Their Criticality. IRICoN 2016. ISBN: 978-80-01-06022-3. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*. ISSN 2336-5382. 5 (2016), pp. 29-37.
- [237] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKA, Z. Kritičnost a rizika mostů z pohledu zajištění bezpečnosti kritické infrastruktury. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06351-4. Praha: ČVUT 2017, pp. 120-143, <http://hdl.handle.net/10467/73522>
- [238] PROCHÁZKOVÁ, D., KERTIS, T., PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKA, Z. Železnice - jejich rizika a nástroje pro řízení bezpečnosti. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06515-0. Praha: ČVUT 2018, pp. 128-169. <http://hdl.handle.net/10467/79042>
- [239] EM-DAT. *The OFDA/CRED International Disaster Database – 230* www.emdat.net – Université catholique de Louvain – Brussels – Belgium. www.emdat.be
- [240] <https://www.nasa.gov>
- [241] www.oecd.org
- [242] <https://www.wano.org>
- [243] www.un.org/
- [244] <https://www.swissre.com>
- [245] <https://munichre.com>
- [246] KERTIS, T., PROCHÁZKOVÁ, D. Informační výkon a kybernetické příčiny dopravních nehod. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06351-4. Praha: ČVUT 2017, pp. 44-59, <http://hdl.handle.net/10467/73522>
- [247] EU. *Land Use Planning Guidelines in the Context of Article 12 of the SEVESO II DIRECTIVE 96/82/EC as Amended by DIRECTIVE 105/2003/EC*. Brussels: Joint Research Centre 2006.
- [248] DRIGO, E. S., ÁVILA FILHO, S., SOUSA, C. R. O. Operator Discourse Analysis as a Tool for Risk Management. In: *Safety and Reliability of Complex*

- Systems*. ISBN:978-1-138-02879-1. London: Taylor & Francis Group 2015, pp. 2869-2876.
- [249] SPERSTAD, I. B., KIEL, E. S., SINTEF, E. Energy Research, Trondheim, Norway. In: *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practices*. ISBN: 978-1-138-02997-2. London: CRC Pres / Balkema
- [250] KJOLLE, G., KILE-SATSENE, D. *Statnett, Arsstatistikk 2017 - 1–22kV*. www.statnett.no
- [251] MANNAN, S. *Perspectives on Ocean Energy Safety*. <https://www.ntnu.edu/esrel2018>
- [252] SLEZÁK, M. Prevádzka JE A-1 a ukončenie prevádzky JE A-1. *Bezpečnosť jadrovej energie*. 15 (2007), 7-8, pp. 209-215.
- [253] UN. *Human Development Report*. New York: UN 1994, www.un.org.
- [254] PROCHÁZKOVÁ, D. *Dekontaminace po jaderných haváriích Černobyl a Fukushima*. Zpráva pro fy DEKONTA. Brno: VUT 2018, 105p.
- [255] NEA. *Decommissioning Nuclear Power Plants*. Paris:NEA 2016, 8p.
- [256] APOSTOLAKIS, G. *Traditional Regulatory Approach*. Washington: US NRC 2017.
- [257] APOSTOLAKIS, G. *Multi-Unit and Multi-Module Issues*. Washington: US NRC 2017.
- [258] LANDAHL, S. *Optimizing Plant Operations: Managing Risk*. Warrenville: Exelon Generation 2017.
- [259] LUM, H., REAGAN, J. A. Interactive Highway Safety Design Design Model: accident Predictive Module. *Public Roads Magazine*. <http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/95winter/p95wi14.cfm>
- [260] www.piarc.org; <http://piarc.transportation.org>
- [261] www.ctk.cz
- [262] <https://google.cz>
- [263] PROCHÁZKOVÁ, D., PROCHÁZKA, J. *Místní šetření dopadů havárie v Unipetrolu (rozhovory s členy IZS, PČR, členové jednotek PO, zaměstnanci a občany veřejnost)*. 2015-2018
- [264] <http://www.technicka-zarizeni.cz/suip-ulozil-za-havarii-z-roku-2015-pokutu-12-milionu-korun/#more-3500>
- [265] www.aquaterm.cz/akumulatory-pary/
- [266] OUHRABKA, L. *O bezpečnostních opatřeních proti výbuchům akumulátorů páry*. Rozhovor 8. 8. 2019. Ústí n/Labem: OIP 2019.
- [267] MAŠTOVSKÝ, O. *Hydromechanika*. Praha: SNTL 1956, 271p.
- [268] <https://www.idnes.cz/.../v-tovarne-vybuchl-kotel-na-miste-zemrela-zena-pak-muz-v-n...>
- [269] LELKA, M., KRAUS, A., JÁNSKÝ, P. *Exploze v Rudniku*. *IZS, IX* (2010), 8, pp. 8-9.

- [270] JANOVSÝ, B., ŠVIHOVSKÝ, J. BLEVE- výbuch expandujících par vroucí kapaliny. Pardubice: Fakulta chemicko-technologická, Ústav energetických materiálů. *Tlak* 2011.
- [271] OIP. *Závěry šetření havárie 4. 1. 2010 v Rudniku*. Hradec Králové: OIP 2010.
- [272] <https://www.novinky.cz/zahranicni/svet/clanek/zprava-o-spadlem-indoneskem-boeingu-chyby-byly-v-konstrukci-v-udrzbe-i-u-posadky-40301291>
- [273] VEBER, J. a kol. *Management*. ISBN 807261-029-5. Praha: Management Press 2001. 700p.
- [274] BĚLOHLÁVEK, F, KOŠŤAN, P., ŠULEŘ, O. *Management*. ISBN 80-251-0396-X. Brno: Computer Press 2006. 724p.
- [275] DĚDINA, J. *Management a organizační chování*. Praha: Grada 2005.
- [276] PROCHÁZKOVÁ, D. Nástroj pro sestavení podkladů pro řízení bezpečnosti. In: *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2011*. ISBN 978-80-248-2424-6. Ostrava: VŠB 2011, pp. 157-169.
- [277] ISO/IEC. GUIDE 51:2014E. *Safety Aspects – Guidelines for Their Inclusion in Standards*. Geneva: ISO 2014, 15p.
- [278] BOWLES, D. S. *L.1- How Safe Is Safe Enough? Acceptable and Tolerable Risk*. Utah: IDSRM 2008.
- [279] ALE, B. Tolerable or Acceptable. A Comparison of Risk Regulation in the United Kingdom and in the Netherlands. *Risk Analysis*, 25 (2005),2, pp. 231-242.
- [280] BOULDER, F., SLAVIN, D., RAGNAR, E. *The Tolerability of Risk: A New Framework for Risk Management*. ISBN 978-1-84407-398-6. London: Taylor & Francis 2007, 160p.
- [281] GAYLORD, E., GAYLORD, C. *Structural Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill Book Co 1979.
- [282] TATUM, C., B. Innovation on Construction Project.: A Process View. *Project management Journal*, 18 (1987), 5, pp. 57-67.
- [283] BERMAN, O., KRASS, D., MENEZES, M. B. C. Locating Facilities in the Presence of Disruption and Incomplete Information. *Decision Sciences*. 40 (2009), 4, pp. 845-868.
- [284] BEN-GAL I., KATZ R. AND BUKCHIN J. Robust Eco-Design: A New Application for Quality Engineering. *IIE Transactions*, 40 (2015), 10, pp. 907-918.
- [285] CHAPMAN, J. Design for Durability. *Design Issues*, 25 (2009), 4, pp. 29-35.
- [286] FEMA. *Risk Management Series: Design Guide For Improving Critical Facility*. New York: FEMA 2007, 152p.
- [287] PORTNY, S. R. *Project Management for Dummies*. ISBN 978-0-470-24789-1 Indianapolis: Wiley Publishing 2007, 366p.
- [288] PRICE, B. *Active Directory: optimální postupy a řešení problémů*. ISBN 80-251-0602-0. Brno: CP Books 2005. 381p.

[289] BRUCE, J. F. *Investment Performance Measurement*. ISBN 0-471-26849-9.
New York: Wiley 2003, 748p.

Sbírka zákonů ČR

PŘÍLOHA 1 - ŘÍZENÍ RIZIK KRITICKÉ INFRASTRUKTURY

Významným technickým dílem jsou infrastruktury, obrázek 1. Jejich architektura je síťová a historicky se vyvíjela z velké části živelně, tj. podle momentálních potřeb lidské společnosti v daném místě. Jelikož pojetí bezpečného prostoru se teprve systematicky ve světě vytváří od r. 1994 [1], kdy OSN změnila cíl bezpečnosti, kterou vytváří lidská společnost svými opatřeními a činnostmi, a orientovala ho na člověka a ne na státy, jako tomu bylo v předešlých staletích.



Obr. 1. Vybrané objekty kritické infrastruktury; sestaveno dle obrázků [2].

Veřejným zájmem se stala veřejná aktiva: životy, zdraví a bezpečí lidí; majetek a veřejné blaho; životní prostředí; infrastruktury a technologie [3]. Pojem kritická infrastruktura se poprvé vyskytl v direktivě presidenta USA pana Clintona z r. 1998 [4] a později do této kategorie byly přiřazeny i technologie [5]). Tím se rozšířil soubor chráněných aktiv pro oblast integrální bezpečnosti [3,6]. První velká zkouška přístupů založených na této filosofii v oblasti kybernetických systémů byla akce Y2K na přelomu druhého a třetího tisíciletí [6,7].

1. Charakteristika prostředí, ve kterém se nachází kritická infrastruktura

Svět (tj. naše planeta a její okolí) a lidská společnost se vyvíjí, a proto se mění i podmínky, ve kterých lidé žijí. Na jedné straně civilizační vymoženosti usnadňují život lidí a na druhé straně ho velmi ničí. Technická síla člověka je bohužel dnes tak velká, že dokáže zahubit lidstvo, jestliže se lidstvo nebude rozumně chovat a korigovat své činnosti. Lidé svou činností a chováním produkují jak neúmyslné pohromy, kterými jsou například znečištění složek životního prostředí, indukovaná zemětřesení, tak i úmyslné pohromy (terorismus, kriminalita, války).

Při úmyslných škodlivých jevech dochází ke zneužití techniky, které v historii mělo vždy velmi těžké dopady na společnost, a to nejen fyzické, ale i psychické, což dokumentují události 6.8. 1945 v Hirošimě, 11. září 2001 v New Yorku, 11. března 2004 v Madridu, 3. září 2004 v Beslanu atd.

Explozivně rostoucí hustota světové populace, zvyšování rizika plynoucího z růstu zranitelnosti lidských staveb a technologií a koncentrace lidí v nich, velké místní koncentrace lidí (kulturní akce, sportovní utkání, politicky orientované akce aj.), existenčně závislé napojení stále větších skupin obyvatel na zdrojové jednotky charakterizované rostoucím jednotkovým výkonem (elektrárny, vodovody, dopravní systémy), blesková finanční a ekonomická propojení institucí v globalizovaném světě a s nimi spojené převody ohromných finančních prostředků, extrémní a rostoucí potenciál a dosah zbraní, rostoucí tvrdost extrémních skupin populace i jejich internacionalizace a mimořádně rychlé šíření teroru a násilí mezi kontinenty, škodlivé dopady plynoucí ze selhání technologií i lidského činitele, potenciál endogenních a exogenních přírodních sil působících na stále hustěji osídlené oblasti a další rizikové faktory ohrožují více než dříve lokálně i globálně lidskou společnost v soudobé civilizaci i životní prostředí.

Nově vzniklé situaci se tudíž v zájmu udržitelného rozvoje lidstva musí přizpůsobit i historicky vzniklé systémy ochrany životů i zdraví lidí. Úkolem vlád zemí je zajistit rozvoj své země a bezpečnost občanů. Zajištění rozvoje znamená zajištění zdravé populace, zdravého životního prostředí a spolehlivě fungující technickou, kybernetickou, organizační a servisní infrastrukturu, která zabezpečí naplnění potřeb lidí (v Evropské Unii se v těchto souvislostech často používá pojem „veřejné blaho - welfare“).

Pro bezpečnou technickou, kybernetickou a organizační (obslužnou) infrastrukturu je nezbytná energie, voda, surovinová základna, vazby a toky v systému lidské společnosti, znalosti a zkušenosti. Úkolem vlád je provádět takové zásahy, kterými se uvedené požadavky naplní dlouhodobě, protože ze zkušeností i z teorie řízení vyplývá, že krátkodobá řešení jsou možná jen pro přechodná období, ale v žádném případě nemohou zajistit dlouhodobě udržitelný rozvoj.

Základní funkcí státu je zajistit trvalý rozvoj lidské společnosti, což není možné bez zajištění bezpečného prostoru, ve kterém žije lidská společnost. Proto současným nejvyšším cílem významných mezinárodních organizací (např. OSN, OECD, EU), vlád, veřejné správy (správní úřady, regionální a místní úřady) je vytvořit bezpečný prostor pro 21. století, např. [8-11]. Uvedený cíl jmenované instituce nemohou zajistit bez participace právnických a fyzických osob a bez účasti občanů [3-11].

Evropská Unie odstartovala obsáhlý výzkumný program zaměřený na vybudování bezpečného prostoru v Evropě. Po událostech v Madridu v r. 2004 byl zahájen přípravný program PASR (Preparatory Action on Security Research) na léta 2004-06. a od r. 2007 program „Research for Secure Europe“, který se opírá o řízení bezpečnosti v komplexním pojetí, tj. o integrální bezpečnost ve smyslu [1]. Ve stejném směru zaměřené programy v EU stále pokračují [6,7].

2. Historický vývoj

V souvislosti s ochranou lidí byla od dob, kdy se války staly cíleným nástrojem států, vždy prováděna také ochrana a obrana specifických zařízení, technologií a infrastruktur, které byly důležité pro podporu armád a byla prováděna opatření pro přežití lidí ve státě / území, např. zásoby vody a jídla, úkryty. Boj civilistů proti armádám cizích států na jejich území se proto soustřeďoval právě na tyto objekty s cílem potenciál cizích armád oslabit.

Zkušenosti získané během druhé světové války vedly k tomu, že během studené války se v rámci obrany států prováděla opatření, která zajišťovala funkčnost specifických zařízení, technologií a infrastruktur a vytvářela sklady důležitých komodit, které byly považovány za důležité z hlediska obrany, funkčnosti armády a jejich podpůrných výkonných složek a pro přežití lidí. Na území České republiky šlo o budování a ochranu materiálně-technické základny státu.

Euforie na konci studené války vedla ke snížení důrazu na otázky ochrany a obrany lidí. Přišly však velké živelní pohromy, velké technologické havárie a teroristické útoky, které ukázaly, že bez dostatečného množství funkčních zařízení, technologií a infrastruktur, zásob a technicko-materiálních rezerv všeho druhu nelze zvládnout vzniklé dopady, tj. zajistit podmínky obyvatel pro přežití, stabilizovat situaci v území, zajistit obnovu a nastartovat další rozvoj.

Pro odstranění výše uvedené slabiny byly do praxe v USA zavedeny funkce pro podporu zvládnutí nouzové situace (Emergency Support Functions), jejichž zajištění bylo prováděno jak v rámci nouzového plánování, tak v rámci krizového plánování. Tj. staly se součástí nouzových plánů obcí a regionů a krizových plánů států a federací [8-12].

Na teritoriu České republiky se snížení důrazu na otázky ochrany a obrany lidí výrazně projeвило v devadesátých letech minulého století. Povodně na Moravě v r. 1997 s vysokým počtem lidských obětí, velkými materiálními ztrátami a závažnými problémy při odezvě donutily vládu přijmout pragmatická opatření a začít budovat systém pro zvládnutí dopadů živelních pohrom, havárií a jiných škodlivých událostí. Velkým pokrokem bylo přijetí krizových zákonů v r. 2000, které znamenalo počátek budování Integrovaného záchranného systému ČR (IZS). Správnost a životaschopnost tohoto

rozhodnutí ukázalo zvládnutí extrémních povodní v Čechách v r. 2002 a dalších událostí.

Analýzy odezvy na povodně v letech 1997 a 1998 a analýzy zahraniční literatury týkající se odezvy na živelní a jiné pohromy [13-19], zvláště pak opatření technických, organizačních a právních po útoku 11. září 2001 v New Yorku (USA) [20] vedl ke zpracování materiálu pro potřeby ochrany kritické infrastruktury v ČR [6,7]. Provedená analýza podmínek v ČR ukázala, že bez zajištění funkčnosti základní kritické infrastruktury v krizových situacích nejsou funkční systémy a služby infrastruktury nezbytné pro pokrytí základních životních potřeb a naopak. Oba výše zmíněné prvky se vzájemně doplňují a podmiňují. Proto do kritické infrastruktury bylo zařazeno devět položek, které jsou průřezové ve většině vyspělých zemích. První materiál, který vznikl především pragmaticky ještě před důkladnou analýzou situace v ČR, byl předložen Bezpečnostní radě státu (BRS) dne 30.7.2002 a byl přijat [21], což bylo ještě před extrémními povodněmi v Čechách. Tím se nastartovala ochrana kritické infrastruktury v ČR a její zařazení mezi chráněná aktiva. Výpadky energie při velkých povodních jen zdůraznily nutnost ochrany kritické infrastruktury a staly se motorem pro další rozvoj v dané oblasti [6,7].

3. Charakteristika kritické infrastruktury a jejího zajištění

Kritická infrastruktura jsou fyzické, kybernetické a organizační (obslužné) systémy, které jsou nutné pro zajištění ochrany životů a zdraví lidí a majetku, minimálního chodu ekonomiky a správy státu [6]. Jsou to systémy, které jsou součástmi (subsystémy) lidského systému, který zahrnuje lidskou společnost a životní prostředí. Subsystémy kritické infrastruktury a jejich počet nejsou dosud ustálené, v jedné zemi (např. USA, Austrálie, Holandsko) lze identifikovat změny ve složení i počtu v čase.

Širší česká praxe a legislativa pojem „kritická infrastruktura“ zná od novelizace zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení na konci roku 2010. Byla diagnostikována situace a postupně se připravují řešení.

Velmi mnoho teoretických prací, o které se opírají současné koncepce a přístupy pro zajištění spolehlivé funkce zařízení a sítí kritické infrastruktury, bylo provedeno v USA. V r. 1998 byla v USA zřízena Komise, která během dvou let zpracovala strategický materiál, ze kterého vyplývají základní přístupy ke kritické infrastruktuře, a zvláště k energetice [19]. Po 11. září 2001 byly hlavní úkoly v oblasti kritické infrastruktury stanoveny takto:

- systematicky provádět analýzy zranitelnosti kritické infrastruktury vůči možným pohromám i útokům,
- zapojit do systému zajištění spolehlivé funkce kritické infrastruktury právnické i fyzické osoby i občany,
- zpracovat plán na odstranění největších zranitelností kritické infrastruktury,
- zajistit systém detekce pohrom a útoků (včetně jejich možných scénářů) na kritickou infrastrukturu,
- zajistit plán a realizaci odezvy (její možné scénáře, prostředky pro její provedení) pro dopady pohrom a útoků na kritickou infrastrukturu,

- připravit plán obnovy kritické infrastruktury,
- zajistit uvědomění a výchovu obyvatel v problematice kritické infrastruktury,
- zajistit výzkum a vývoj problémů spojených s kritickou infrastrukturou,
- zajistit zpravodajské analýzy spojené s kritickou infrastrukturou,
- zajistit mezinárodní spolupráci v řešení problémů spojených s kritickou infrastrukturou,
- zjistit legislativní a finanční požadavky a zajistit jejich naplnění.

Role vrcholných úřadů v USA v nouzovém plánování a krizovém řízení byla stanovena nařízením presidenta [19,20]. President zřídil Výbor specialistů, který přímo úkoluje agenturu FEMA, a od 1. 1. 2003 je v činnosti speciální ministerstvo (Homeland Security Office), které má na starost bezpečnost, a zahrnuje agenturu FEMA. Postupy propracované v USA určily vývoj v Kanadě, UK a dalších zemích, tj. i v EU a v ČR.

Na základě dokumentů přijatých Bezpečnostní radou a vládou České republiky v r. 2002 jsou do kritické infrastruktury zařazeny následující položky: systém dodávky energií, především elektřiny; systém dodávky vody; kanalizační systém; přepravní síť; komunikační a informační systémy; bankovní a finanční sektor; nouzové služby (policie, hasičská záchranná služba, zdravotnictví); základní služby (zásobování potravinami, likvidace odpadu, sociální služby, pohřební služby), průmysl a zemědělství; státní správa a samospráva. To znamená, že do kritické infrastruktury patří vybraná technická infrastruktura území a vybraná obslužná infrastruktura (tj. služby). Jak již bylo dříve řečeno každá položka kritické infrastruktury tvoří sama o sobě subsystém. Subsystémy kritické infrastruktury zvažované v ČR jsou zvažované v mnoha zemích, ve kterých se již věnuje péče kritické infrastruktuře [6,7].

3.1. Zabezpečení spolehlivé funkce kritické infrastruktury

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že pro to, aby stát mohl plnit svoji prioritní funkci, tj. zabezpečit ochranu chráněných aktiv (životy a zdraví lidí, majetek, životní prostředí, existence lidské společnosti, tj. státu) kvůli níž v době antiky vznikl, musí mít fungující kritickou infrastrukturu. To znamená, že za normálních, abnormálních i kritických podmínek musí být v provozu základní prvky, vazby a toky systému kritické infrastruktury, které vytvářejí schopnost státu dosáhnout za každé situace stability a nastartovat další rozvoj.

Pro zabezpečení spolehlivé funkce kritické infrastruktury je důležitá spolehlivá funkce jednotlivých subsystémů i celého systému. Na základě systémového chápání chování systému není jen souborem chování subsystémů, ale je určeno i vazbami a toky napříč subsystémy, a proto v dalších odstavcích budeme sledovat dva aspekty, a to subsystémy kritické infrastruktury odděleně a poté celý systém.

3.2. Postup pro zajištění spolehlivé funkce systému kritické infrastruktury i jeho subsystémů

Každý subsystém se skládá z prvků, vazeb a toků, z nichž některé tvoří kritická místa, která způsobují, že subsystém a následně i celý systém neplní funkci, ke které je určen, anebo k tomu významně přispívá. Tj. jejich zranitelnost přispívá výrazně ke zranitelnosti subsystému i celého systému. Na základě principů z oboru „řízení

bezpečnosti“ v pojetí, které se používá ve světě při zajištění bezpečnosti technologických celků, např. [7,22-25], a při respektování zásad strategického řízení se pro zabezpečení subsystémů i celého systému kritické infrastruktury musí použít následující postup:

1. Vymezení minimálních cílů, které musí subsystém zajistit za každé situace, tj. za normálních, abnormálních i kritických podmínek.
2. Vymezení dopadů ztráty funkčnosti subsystému na stát a jeho jednotlivé chráněné zájmy.
3. Vymezení minimálního rozsahu subsystému (tj. minimální prvky, vazby a toky), který zajistí minimální cíle. *(Lze také použít terminologii „prioritní části systému“ a v rámci opatření pro zajištění funkčnosti systému tyto části zálohovat či dokonce dle konkrétní potřeby instalovat dva až tři nezávislé zálohované stejné části).*
4. Stanovení prvků, vazeb a toků v subsystému, které jsou důležité pro provoz (správnou – očekávanou funkci) subsystému. To znamená vymezit kritické části subsystému, jejichž zranitelnost významně ovlivní zranitelnost celého systému.
5. Provedení hodnocení zranitelnosti subsystému takto:
 - z hlediska funkčnosti systému sledovat riziko rovné ztrátě funkčnosti,
 - vzít v úvahu ztrátu funkčnosti subsystému při výskytu dále uvedených pohrom:
 - a) technologické havárie (tzv. vnitřní), tj. poruchy a selhání kritických prvků, vazeb a toků v systému. Je nutno zvážit vady materiálu, stárnutí, nedostatečnou údržbu apod.,
 - b) chyby nebo selhání řídicího systému,
 - c) lidské chyby,
 - d) přírodní pohromy nebo technologické havárie (tzv. vnější) jiného systému,
 - e) teroristický útok, kriminální čin nebo válka,
 - pro každou pohromu vyhodnotit dopady na chráněná aktiva, velikost ohrožení a četnost jejího výskytu;
 - pro každou pohromu stanovit zranitelnosti jednotlivých kritických částí systému. Klasifikaci zranitelnosti provést pomocí multikriteriálního hodnocení, které dovoluje zvážit vliv nesouměřitelných a nekvantifikovatelných kritérií. Doporučuje se použít více expertů a souboru otázek, které byly zpracovány pro zajištění bezpečnosti technologických celků,
 - pro každou pohromu stanovit celkovou zranitelnost subsystému jako součet zranitelností jednotlivých kritických částí systému,
 - pro každou pohromu stanovit závislost mezi celkovou zranitelností systémů a zranitelnostmi dílčích částí,
 - pro každou pohromu z grafu určit kritické části, které přispívají nejvíce ke zranitelnosti systému,
 - pro každou pohromu na základě dat ze speciálních zkušenostních databází určit pravděpodobnosti výskytu ztráty funkčnosti systému na základě příspěvků jednotlivých kritických částí subsystému,
 - pro každou pohromu vytipovat preventivní opatření na snížení zranitelností.

6. Pro všechna nepřijatelná rizika stanovit soubor preventivních opatření na snížení zranitelnosti subsystému a zajistit připravenost na zmírnění a zvládnutí dopadů pohrom, které vzniknou v důsledku zranitelností, které nebylo možno snížit.
7. Instalovat monitoring pro sledování kritických částí subsystému. Stanovit scénáře pohrom. Stanovit scénáře odezvy pro očekávané scénáře výše uvedených pohrom a postupy pro případ výskytu extrémních pohrom.
8. Stanovit opatření pro umístování, projektování, výstavbu, provoz a vyřazení z provozu kritických částí subsystému.
9. Vytípaná opatření promítnout do právních předpisů.
10. Provést odhad nároků preventivních a zmírňujících opatření v oblastech finanční, technické, lidských zdrojů a organizační.
11. Vyhodnotit realizovatelnost jednotlivých opatření v závislosti na možnostech státu a na mezinárodních podmínkách.
12. Stanovit harmonogram aplikace opatření ve variantním provedení (varianty závisí na vnitřních i vnějších podmínkách).
13. Stanovit systém QA pro realizaci harmonogramu.
14. Stanovit harmonogram kontrol, jejichž cílem bude dosáhnout žádoucích cílů a případně, že projektová opatření nebudou mít projektované výsledky, zajistit nápravná opatření, aby cíl nebyl ohrožen.
15. Zahájit a provést realizaci opatření.

3.3. Současný stav a problémy zajištění spolehlivé funkce subsystémů kritické infrastruktury

Jednotlivé subsystémy kritické infrastruktury prodělaly určitý historický vývoj, a proto jejich spolehlivé funkce a malé dopady na lidi a životní prostředí jsou zajištěny právními předpisy, technickými normami a standardy. V mnoha případech jsou v praxi vžitě postupy označované jako dobrá praxe v té či oné oblasti. Jisté problémy jsou dosud u kybernetické infrastruktury, kde se standardy a normy teprve tvoří, jak dokládají aktivity EU, NATO, G8 a dalších [6,7].

Z teorie systémů je zřejmé, že komplexní systém zahrnující lidskou společnost, životní prostředí a kritickou infrastrukturu je funkční a spolehlivý jen tehdy, když jsou spolehlivé a funkční jeho subsystémy a když vazby a toky mezi nimi a dokonce i ty napříč mezi jednotlivými zařízeními a sítěmi subsystémů jsou žádoucí, tj. takové, které nevedou k pohromám, jež mají nepřijatelné dopady na chráněné zájmy, anebo vedou k úplné nebo částečné desintegraci systému.

Jak již bylo řečeno výše, zajištění funkčnosti subsystémů kritické infrastruktury je více či méně vytvořeno historickým vývojem lidské společnosti. Současným problémem ochrany kritické infrastruktury jsou tudíž vnitřní závislosti napříč subsystémy kritické infrastruktury. Předmětné vnitřní závislosti se vyskytují na několika úrovních, a to fyzické, kybernetické a organizační. Jinými slovy vznikají v důsledku finančních toků, energetických toků, informačních toků a toků vyvolaných usměrněnou činností managementu.

Příklady pohrom s dopady na lidi vyvolaných „nesprávně“ usměrněnými finančními toky je mnoho; sociologové a ekonomové analyzují z předmětného systémového

pohledu hospodářské krize, a to historické i současné (např. státní bankrot v Argentině v r. 2002). Příklady pohrom vyvolaných usměrněnou činností managementu (zhroutil státních zřízení, politické zvraty, propojení či rozdělení elektrických a jiných sítí aj.) jsou předmětem četných studií spojených s politickou přestavbou různých částí světa, s dopady globalizace a desintegrace na životy a zdraví lidí i celých států. Masivní dopady desinformací (tj. usměrněného soustavného toku účelově zaměřených až nesprávných informací) jsou dobře známé z druhé světové války.

Každá kritická infrastruktura se skládá z několika odlišných položek, které jsou podstatné pro její funkčnost; důležité jsou objekty a sítě, které tvoří liniové struktury v území. Kritická infrastruktura v území je taková infrastruktura, která je velmi důležitá pro chod území a zároveň je velmi zranitelná od očekávaných pohrom v daném území. Výběr se provádí na základě speciálních matematických metod, např. metod multikriteriální analýzy či metod operační analýzy založených na hledání kritické cesty [7].

Metody multikriteriální analýzy používají nejčastěji matice kritičnosti, tj. matice, která porovnává zranitelnost infrastruktury vůči očekávaným pohromám v území a důležitost infrastruktury pro dané území, obrázek 2.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| Z5 | | | | | |
| Z4 | | | | | |
| Z3 | | | | | |
| Z2 | | | | | |
| Z1 | | | | | |
| | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 |

Matice kritičnosti infrastruktury a technologií v území.

(zranitelnost vs. důležitost; zásadní parametr je čas)

Obr. 2. Matice kritičnosti infrastruktury a technologií v území, tj. zranitelnost vs. důležitost infrastruktury v území.

Obrázek 2 ukazuje příklad matice kritičnosti pro objekty, technologie či infrastruktury. Jinými slovy matice kritičnosti je rozhodovací matice, kde na vodorovné ose je důležitost sledované položky pro území z hlediska jeho funkčnosti a na svislé ose je zranitelnost sledované položky vůči pohromám, které jsou v daném území možné.

Zranitelnost infrastruktury v daném území určuje velikost a četnost selhání infrastruktury (tj. infrastruktura přestane fungovat nebo bude fungovat nesprávně) v území a čase. Lze ji měřit např. normovaným souhrnným rizikem od všech očekávaných živelních a jiných pohrom v daném území a od výpadků infrastruktury, ke kterým dojde v důsledku vnitřních problémů infrastruktury samotné. Při hodnocení dopadů selhání infrastruktury (tj. ztrát, škod a újm na chráněných aktivech) je třeba zohlednit dobu trvání vzniklé nouzové situace, která zahrnuje jak dobu nutnou pro obnovu funkčnosti infrastruktury, kdy vznikají přímé škody i dobu, kdy se vyrovnávají

nepřímé škody způsobené kauzálním řetězcem dopadů, vyvolaných selháním infrastruktury v území [6,7]. Důležitost infrastruktury pro území lze např. ocenit velikostí potřeb, které pokrývá infrastruktura v daném území.

Jestliže použijeme na obou osách matice na obrázku 1 kategorie 0 – 5 (1 – 4 či podobně), slovně vyjádřené zanedbatelný, velmi malý až velmi vysoký, kde vyšší číslo označuje vyšší zranitelnost / důležitost, tak vysoká kritičnost je u objektů v pravém horním rohu takto vytvořené matice (tj. zranitelnost 4 – 5 a důležitost pro území 4 – 5), tj. jinými slovy tyto objekty / prvky / sítě aj. jsou objekty kritické infrastruktury v daném území [6,7].

Slovo „kritičnost“ převzaté z jaderných technologií se používá k vyjádření míry, v jaké daná položka v průběhu reálného času ohrozí nebo může ohrozit život v území. Z hlediska řízení bezpečnosti (a také krizového řízení, které je integrální a podstatnou součástí řízení bezpečnosti) území interpretace matice znamená:

- u položek (objekty / technologie / infrastruktury), které jsou v oblasti červené lze očekávat iniciaci kritických situací, které mohou vést až k nutnosti vyhlásit krizovou situaci. Zpravidla se v odborné literatuře (viz seznam v [25,26]) doporučuje pro tyto položky zpracovávat plány kontinuity (tj. plány na přežití kritické situace) i plány krizové,
- u položek, které se nacházejí mezi vyznačenými přímkami, je třeba připravit odezvu na zvládnutí nouzové situace, a to jak na úrovni správce položky, tak na úrovni příslušných vnějších výkonných složek státu,
- u položek, které leží mimo obě popsané oblasti, je situace v současné době na základě požadované úrovně bezpečnosti v pořádku. Je však třeba čas od času provést hodnocení, zda nedošlo ke změně míry kritičnosti (nebo jen krátce kritičnosti u dané položky).

Z analytických dat v odborných materiálech prezentovaných na konferenci v Nice 2006 [28] také vyplývá, že kritičnost infrastruktury v území se musí posuzovat v území o určité rozloze, která odpovídá obslužnosti od dané infrastruktury (tato rozloha je jiná v hustě osídleném území a jiná v řídko osídleném území). Zatímco zranitelnost konkrétního objektu kritické infrastruktury od možných pohrom nezávisí na rozměrech či tvaru referenčního území, není tomu tak u důležitosti konkrétního objektu kritické infrastruktury. Důležitost objektu závisí na rozměru území, např. to, co má vysokou důležitost u malého území, nemusí mít vysokou důležitost v regionálním měřítku nebo dokonce státním měřítku a obráceně. Zde se totiž projevuje schopnost objektu kritické infrastruktury obsloužit určité území alespoň přiměřeně s určitými nouzovými opatřeními a také odlišná schopnost přežití v územích různě velkých a s různými podmínkami, což však je místně specifické. Cílem každého území je pak stabilita a rozvoj na základě vlastních zdrojů. Proto při řešení nápravných opatření pro případ selhání kritické infrastruktury je třeba zvažovat i místně specifické vnitřní vazby jdoucí napříč kritickou infrastrukturou.

Informační technologie (IT) změnily prostředí kritické infrastruktury, dochází k propojování různých sektorů mezi sebou, a tím i různých států navzájem. Produktovody a komunikace překračují hranice, elektrické soustavy jsou propojeny, finanční a telekomunikační systémy jsou vzájemně provázané, řízení letového provozu jsou také navzájem propojená.

Dálková řízení technologických celků, přenos dat a internetová spojení mají pro lidskou společnost bezesporu velký přínos na jedné straně, ale na druhé straně jejich

nesprávná funkce spojená selháním či lidským úmyslem může iniciovat či odstartovat pohromy s rozsáhlými dopady. Je prokázáno, že vážná porucha některého sektoru může mít vážné dopady na jiný stát a na celá společenství států. Proto právě na jejich výzkum se zaměřuje odborná sféra.

Dosud není zcela ohodnocen význam toků elektrické energie. Po zkušenostech s velkými výpadky elektrické energie v posledních letech a po teoretických analýzách dopadů dlouhodobých výpadků elektrické energie na chráněné zájmy [28] se zdá, že toky elektrické energie hrají nebo mohou hrát ještě větší roli než toky informací (zařízení IT bez elektrické energie nepracuje nebo pracuje chybně či nedostatečně).

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že vazby a toky napříč subsystemy kritické infrastruktury jsou dosud velkou neznámou a přitom hrají zcela zásadní roli při zajištění spolehlivé funkce kritické infrastruktury. Je proto potřeba poznat zákonitosti a při plánování, projektování, výstavbě a provozování kritické infrastruktury nepoužívat jednoduché představy a jednoduchá hodnocení, ale vždy hodnotit celek v širokých souvislostech.

Při zajištění spolehlivé funkce kritické infrastruktury musí příslušný management dodržovat dále uvedené zásady [7]:

- činnosti zaměřovat vždy na podstatné aspekty,
- cíl řízení stanovovat tak, aby zajišťoval udržitelný rozvoj a aby byl prozíravý, tj. sledovat rovnováhu mezi ekonomikou, životním prostředím a sociální oblastí, přičemž primární pozornost vždy soustředit na snižování zranitelnosti,
- pozornost vždy věnovat tomu, co je nejzranitelnější,
- zvládání nouzových situací zaměřit na potřeby a priority, přičemž základní prioritou je ochrana lidí a ochrana kritických zdrojů a systémů, na nichž závisí existence komunity,
- podporovat kulturu bezpečnosti a programy pro prevenci,
- zajištění připravenosti na zvládnutí nouzových situací zahrnovat do programu rozvoje území,
- občané mají právo na spravedlivou pomoc (asistenční službu) a pomoc se musí poskytovat spravedlivě a konzistentně bez ohledu na ekonomické a sociální okolnosti a územní lokalizaci,
- občané patří do systému odezvy na pohromy nejen jako potenciální oběti, ale i jako aktivní prvky odezvy,
- zajišťovat, aby občané věděli, co jsou nouzové plány a plány odezvy na pohromy a co přinášejí, jaká je jejich odpovědnost, jak mohou napomoci v prevenci pohrom, jak by měli reagovat, a proč, při vzniku nouzové situace apod.,
- systém nouzového řízení musí být transparentní i pro občany a musí být přizpůsoben místním podmínkám,
- systém nouzového řízení musí mít legitimitu, musí být udržitelný a přijatelný a musí být založen na systémovém přístupu,
- ochrana kritické infrastruktury je věcí státního i privátního sektoru. Dokud se nepodaří najít účinné mechanismy řízení, je nutno používat nástroj spolupráce. Je třeba stále hledat platformu, na které privátní organizace budou ochotny platit výzkum a realizaci opatření na ochranu kritické infrastruktury důležité i pro stát a

stát bude mít co nabídnout privátním organizacím. Jestliže stát zajistí know-how, tj. monitoring kritické infrastruktury, zkušenostní databázi pro její provoz a ochranu, složky na její ochranu a příslušný výzkum, hodnocení a vývoj přístupů v ochraně i příslušnou mezinárodní spolupráci, bude s ním soukromý sektor spolupracovat, protože on nemá snadný přístup a možnosti vytvářet tyto nástroje.

Je logické, že do kritické infrastruktury nelze zahrnout všechna zařízení a všechny sítě sledovaného sektoru, ale jen ty prioritní. Prioritní zařízení a sítě se pak speciálně zajišťují, což je náročné na technologie, finance i obslužný personál. Metody výběru priorit jsou obvykle velmi nákladné. V praxi se osvědčila metoda multikriteriálního hodnocení založená na posuzování zranitelnosti jednotlivých prvků systému [6,7]. Při výběru dává přednost variantám, které znamenají velkou zranitelnost u jednotlivců a malou zranitelnost u společnosti. Při hodnocení je třeba oklasifikovat poměrně složitý systém vazeb, ve kterém působení jednotlivých faktorů na výsledný efekt nelze kvantifikovat. Celkové hodnocení je proto relativní a může být ovlivněno subjektivním přístupem jednotlivých hodnotitelů. Je proto výhodné, jestliže hodnocení provede několik na sobě nezávislých expertů. Výsledky hodnocení platí pouze pro hodnocený systém a nelze porovnávat výsledky hodnocení různých systémů posuzovaných zvlášť. V USA a některých dalších zemích se proto kodifikují expertní metody pro tato složitá hodnocení, např. několikastupňová delfská metoda [6,7].

Dalším logickým požadavkem na zařízení a sítě kritické infrastruktury z pohledu spolehlivé funkce je jejich vhodné rozmístění v území a spolehlivé zálohy kritických zařízení, prvků a životodárných toků. Kritéria však oblasti doposud nebyla stanovena.

Ochrana kritické infrastruktury znamená ochranu objektů a sítí, tj. hlavně křížících se liniových struktur v lidském systému, které např. zjednodušeně představují technické struktury v území. Proto vychází z analýzy a hodnocení rizik v území a v infrastrukturu samé při zohlednění činnosti člověka, tj. jak způsobu řízení, tak lidských chyb či úmyslných pochybení [30,31]. Kvůli rozmanitosti živelních a jiných pohrom, které jsou zdroji rizik, rozdílných charakteristik území i infrastruktur samotných je ze své podstaty sledovaný problém komplexní, mnohaoborový a mezioborový [3,6-12,22-25,30,31]. Má řadu aspektů technických, organizačních, právních, finančních, manažerských, znalostních, vzdělávacích, mezinárodních apod. Např.:

1. Principy ochrany objektů a infrastruktur vůči živelním a jiným pohromám, včetně různých havárií v území, kriminálních činů, teroristických útoků, selhání dodávek energií, surovin, zboží apod.
2. Aplikace nástrojů pro zajištění bezpečnosti a rozvoje, označované v odborné literatuře jako hodnocení ohrožení (hazard assessment), hodnocení rizik (risk assessment), řízení rizik (risk management) a řízení bezpečnosti (safety management) [30,31]. Jde především o pochopení a určení toho, co selhání kritické infrastruktury znamená pro lidský systém a jak je možno roztřídit pohromy, tj. zdroje rizik pro potřebu ochrany a zachování kritické infrastruktury a technologie.
3. Vymezení lidské bezpečnosti chápané jako integrální / komplexní bezpečnost lidského systému, která se opírá také o chráněné aktivum „kritická infrastruktura“ a charakteristiku spojení (propojení) integrální bezpečnosti a udržitelného rozvoje lidské společnosti / území / státu / organizace s infrastrukturou a technologiemi apod. V teoretické oblasti to znamená vymezení integrálního rizika a jeho dílčích komponent s tím, že nejde o ideálně vyřešený technologický problém, ale o

ochranu, zachování a rozvoj základních chráněných aktiv [3,6-12,22-25,30,31], tj. o optimální propojení směrem k životům a bezpečí lidí.

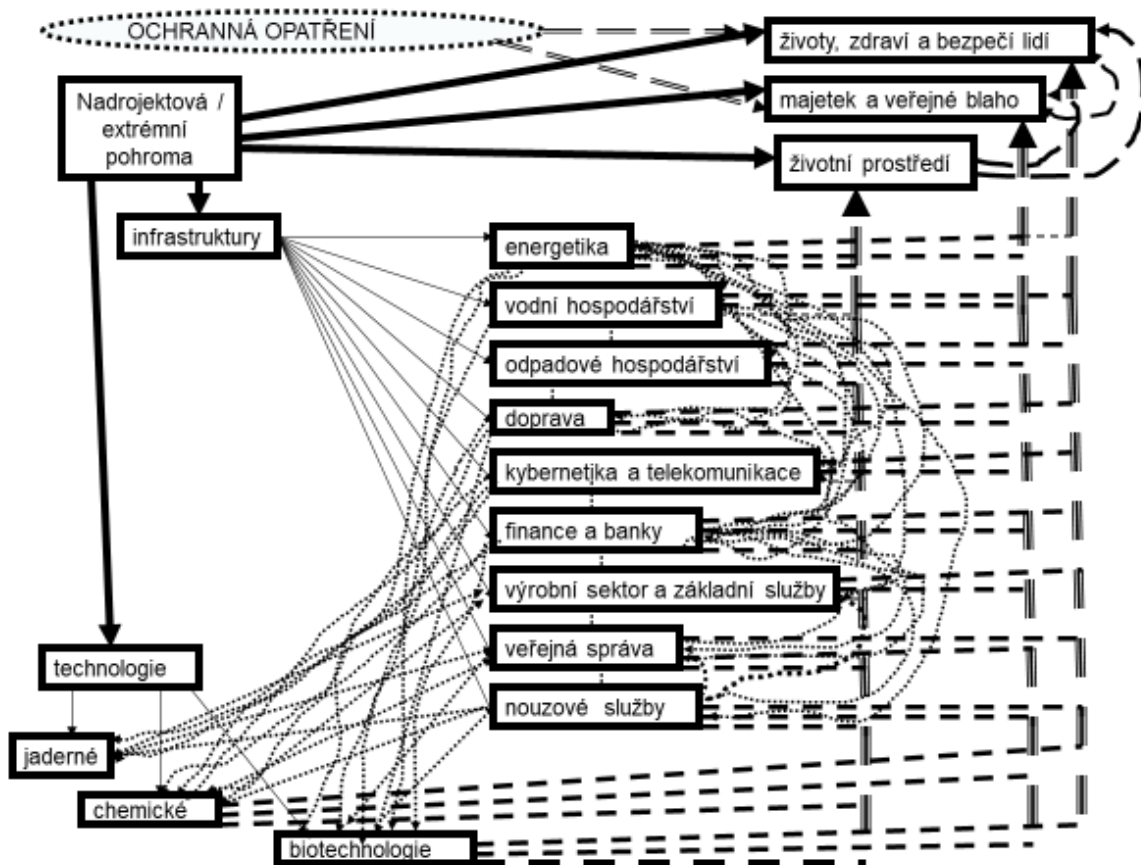
4. Vymezení pojmu „kritická infrastruktura“ a správného a transparentního způsobu určení kritické infrastruktury v území, odhalení základních problémů, jako jsou tzv. vnitřní závislosti (interdependencies) v kritických infrastrukturách i napříč lidským systémem, rozměr území, ke kterému se pojem „kritický“ vztahuje a role času, protože délka časového intervalu, ve kterém jsme schopni obnovit nebo nahradit výpadek kritické infrastruktury je zásadní pro životy a bezpečí lidí, zajištění stability území i pro nastartování dalšího rozvoje.
5. Vazby v lidském systému, které se projevují při extrémních / nadprojektových pohromách, haváriích a jiných škodlivých jevech, jejichž zdroji jsou kritická infrastruktura a technologie.
6. Návrh opatření, která je třeba provést pro zajištění ochrany kritických infrastruktur a technologií a která jsou dostatečně účinná a realizovatelná v daných podmínkách, tj. za určité technologické, materiální, personální a finanční situace.

Složitost problému tkví v tom, že produktovody a komunikace překračují hranice, elektrické soustavy jsou propojeny, finanční a telekomunikační systémy jsou vzájemně provázané, řízení letového provozu jsou také navzájem propojené atd. Není již nepředstavitelné, že vážná porucha některého sektoru v jednom státě může mít vážné důsledky pro jiný stát a pro alianci NATO jako celek, např. velká selhání elektrických soustav [28,30-32].

Zkušenosti z posledních let ukazují, že výskyt extrémních pohrom nelze nevidět (tj. soustavně zanedbávat). Z pohledu ochrany veřejného zájmu a chráněných aktiv je třeba alespoň vědět, co při extrémních pohromách nastane. Z hlediska lidské bezpečnosti si je třeba uvědomit, že všechny existující standardy a normy zajišťují bezpečnost lidského systému pouze do určité velikosti pohromy. Např. ve střední Evropě je to v případě zemětřesení intenzita 6° MSK-64, v případě povodní jsou to podmínky odpovídající stoleté povodni. Jestliže velikost pohromy nebo jejich dopadů v daném místě je větší než tento limit, například oblast postihne zemětřesení se intenzitou 7° MSK-64 nebo 150letá povodeň, tak jde o extrémní pohromu, při které se vyskytnou jak extrémní primární dopady, tak řada dopadů sekundárních, které jsou zprostředkované právě vazbami a toky jdoucími napříč lidským systémem. Právě sekundární dopady jsou vyvolané selháními infrastruktur.

Obrázek 3 ukazuje, že jen u jaderných zařízení se požaduje ochrana před nadprojektovou pohromou na základě úsilí IAEA (Mezinárodní agentura pro atomovou energii) a NEA / OECD. Po havárii jaderné elektrárny Fuku-shima se zajišťuje ochrana i před extrémními pohromami.

Šipky na obrázku 3 ukazují, kde působí škody a újmy extrémní pohroma. Zelené šipky vyznačují případy, ve kterých jsou připraveny plány nouzové odezvy a v jejich rámci i zmírňující opatření. Modré šipky vyznačují závažné dopady, pro které nejsou připraveny zmírňující opatření předem. Žluté šipky vyznačují sekundární dopady, které dosud nejsou systémově řešeny. Obrázek 3 ukazuje, že zvláštní pozornost je třeba věnovat i informační infrastruktuře, která v důsledku vnitřních propojení velmi tíživě doléhá na lidi a prodlužuje i eskaluje působení na lidi.



Obr. 3. Dopady extrémních pohrom s vyznačením role infrastruktur.

3.4. Specifické potřeby spojené s kybernetickou infrastrukturou

V současné době má ochrana kybernetických infrastruktur a technologií zvláštní postavení, a to z několika důvodů. Prvním důvodem je, že doposud nejsou kvalifikované standardy pro snížení zranitelnosti kybernetických systémů (tj. IT). Tyto problémy se systematicky řeší v USA od počátku devadesátých let minulého století, v EU od r. 2002, v rámci G8 atd. [5,6]. Ochrana kritické informační infrastruktury se zkoumá např. v rámci projektů EU (C12RCO, MERCI atd.), kde se zaměřuje na zabezpečení ochrany proti pohromám všeho druhu [6,7,33].

Ke specifickému postavení kybernetické infrastruktury přispěla také analýza teroristických útoků spočívající v ocenění schopnosti teroristů, zranitelnosti kritické infrastruktury a úmyslu teroristů (upozornit na sebe, zastrašit, vyvolat paniku, zničit vše, zničit vše i sebe), která odhalila postupné nástroje teroristických útoků [6,7,25] takto:

- osmdesátá léta a počátek devadesátých let – vyvolat technologickou havárií (škody),
- střed a druhá polovina devadesátých let – vyvolat selhání řídicích systémů zasláním falešného signálu, a tím vyvolání zmatku, paniky, technologické havárie neznámé příčiny,

- od počátku třetího tisíciletí – teroristický útok je často kombinací útoku na fyzickou infrastrukturu a útoku na kybernetickou infrastrukturu, tj. řídicí systémy; dopady - velký rozsah škod, panika, zmatek a strach zasáhne velké množství lidí (tj. využívá se technická zranitelnost kritické infrastruktury, kybernetická zranitelnost i zranitelnost spojená s počtem lidí).

Analýzy současné situace ukazují, že teroristé jsou připraveni se zaměřit na kombinované útoky, a to zároveň na řídicí systémy a na fyzickou infrastrukturu, přičemž se snaží desinformovat zásahové složky, aby zmatek a panika trvaly dlouho. Analýzy provedené ve výzkumných ústavech ukázaly, že nejhorší je kombinace kybernetického útoku na řídicí systém kritické infrastruktury, fyzického útoku na vybranou kritickou infrastrukturu a zmatení zásahových složek. Proto při ochraně kritické infrastruktury a technologií se musí uvedená kombinace zvažovat [6,7].

Z uvedených důvodů v plánech odezvy na teroristické útoky je třeba mít jak scénáře jednotlivých teroristických útoků na kritickou infrastrukturu v jednotlivých místech, tak i scénáře kombinovaných útoků a scénáře odezvy jak na jednotlivé teroristické útoky, tak na jejich kombinace.

Při specifikaci ochranných opatření si je třeba uvědomit, že útok na řídicí systém kritické infrastruktury nemusí vyvolat ihned fyzické zničení, ale vyvolá, že řídicí systém neplní funkce, ke kterým je určen (používá se pojem „odepření služby“), což mnohdy má v bližší nebo vzdálenější budoucnosti mnohem větší dopady než okamžité fyzické zničení, protože vyvolá nebo může vyvolat kaskádu nežádoucích jevů. Odezva v tomto případě není snadná, protože není snadno zjiitelná příčina. Abychom zařídili, že systém bude plnit jen žádoucí funkce, tak se musí data zálohovat, činnost systému monitorovat a neustále porovnávat, zda řídicí systém má žádoucí data. Příkladem je výpadek dodávek elektrické energie v srpnu 2003 v USA a Kanadě a poučení, které z toho vyplynulo [32].

Jsou nasimulovány scénáře složených teroristických útoků na několik položek kritické infrastruktury s tím, že se naruší řídicí systémy zásahových složek, které dostanou signály, které nemohou interpretovat. Pravděpodobnosti výskytu těchto scénářů nejsou zanedbatelné. Proto jsou již pro krizové řízení vytvořeny výcvikové programy, ve kterých se řídicí pracovníci učí reagovat na kombinované teroristické útoky [7].

Poučení pro ČR je takové, že pracoviště krizového řízení i zásahové složky musí mít zálohované spojení, a to nejlépe dvakrát.

Kybernetický útok tak jako každý jiný útok je nejvíce účinný, když využije zranitelné místo, tj. v případě IT poškodí citlivé informace. Ochranu citlivých informací lze zajistit buď tak, že citlivé informace nejsou veřejně přístupné (kybernetická bariéra nestačí, musí být i fyzická) anebo tak, že se zašifrují moderními metodami kryptologie.

V USA hodnotí teroristické útoky na řídicí systémy jako útoky s největší nebezpečností. Proto zabezpečení ochrany řídicích systémů považují za nejvýše důležité. Výzkumné ústavy v Německu a v USA se specializují na poznání a implementaci opatření proti dopadům teroristických útoků na kybernetické (řídicí) systémy, např. ISTS (Institute for Security Technology Studies) v Hannoveru a v Darthmouthu [6,7].

Další důvod pro specifické postavení kybernetické infrastruktury odhaluje obrázek 2. Ukazuje, že informační infrastruktura je jedním ze zdrojů sekundárních dopadů na životy, zdraví a bezpečí lidí při extrémních / nadprojektových pohromách. Proto kromě normálních nouzových plánů musí existovat plány kontinuity pro informační

infrastrukturu, např. [26]. Pro zajištění lidské bezpečnosti je nutné zvažovat nejenom přímé dopady, ale i dopady zprostředkované složitou sítí vazeb v lidském systému. V daném konceptu musí být také zvažována kritická informační infrastruktura.

Z hlediska ochrany kritické informační infrastruktury je třeba zabezpečit, aby spolehlivě pracovala nejen za normálních a abnormálních podmínek, které jsou pokryty jejich projektem, ale i za nouzových a speciálně kritických podmínek [6,7]. S ohledem na velkou rozmanitost typů informačních infrastruktur je nutné pro lidskou bezpečnost a pro bezpečnost lidského systému zmapovat situaci a rozpoznat problémy, tj. určit:

- za jakých podmínek informační infrastruktury selžou a proč?
- které dopady mohou způsobit selhání informačních infrastruktur na životy, zdraví a bezpečí lidí?
- která opatření mohou zabránit selhání informačních infrastruktur nebo která opatření mohou zmírnit dopady selhání informačních infrastruktur na životy, zdraví a bezpečí lidí?

Problémy spojené s ochranou kritické informační infrastruktury byly zmapovány v rámci projektu CI²RCO [6,7,33].

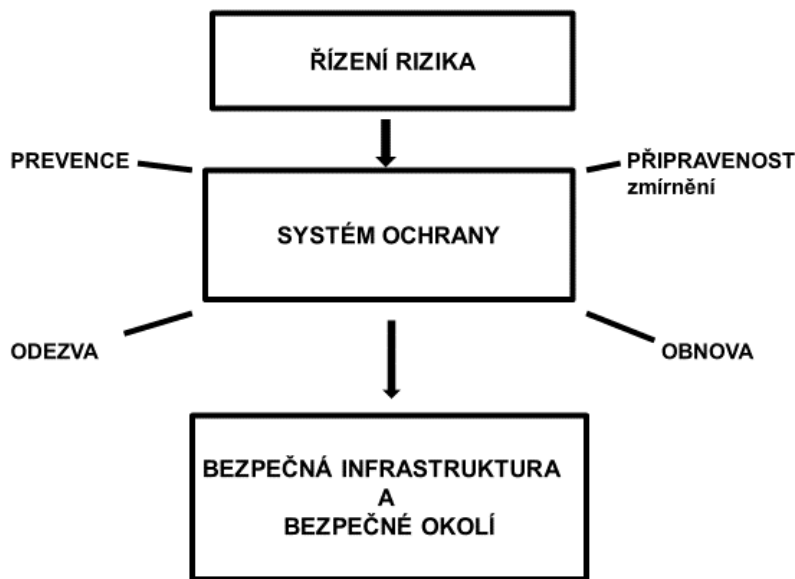
4. Procesní model pro ochranu kritické infrastruktury

Ochrana kritické infrastruktury a technologií je proces, který je zaměřen na takové zajištění fungování kritické infrastruktury, při kterém za žádných okolností nedojde k selhání při zohlednění všech možných rizik a hrozeb, anebo když k selhání dojde, tak je selhání bezpečné, tj. např. nevyvolá domino efekty. Základním prvkem ochrany je správné umístění v území, dobrý projekt, kvalitní výstavba, údržba, opravy a zálohování prioritních částí kritické infrastruktury, využití různých principů zálohování a rozmístění záloh v území, které musí být v souladu se zásadami, které se od počátku 80. let používají při projektování, výstavbě a provozu jaderných zařízení [27]; jsou součástí i předpisů EU, OECD, US NRC, ASCE, ASME. Princip ochrany je založen na řízení rizik a je ukázán na obrázku 4.

V souvislosti s řízením bezpečnosti s ohledem na živelní a jiné pohromy a zranitelnosti konkrétních území, které jsou příčinami rizik pro infrastruktury, existují u infrastruktur a technologií dvě základní kategorie problémů. První souvisí s tzv. projektovými haváriemi, tj. haváriemi, jejichž možné dopady jsou zvládnuté normami pro chování lidí, projekt, výstavbu a provoz objektů, infrastruktur i technologií dle existujících norem a standardů a druhý souvisí s chováním lidí a provozem objektů, infrastruktur a technologií při podmínkách vyvolaných nadprojektovými haváriemi.

Cílem ochrany objektů, technologií a infrastruktury při umístění, projektování, výstavbě a provozu je zajistit, aby tyto plnily požadované funkce za všech podmínek (normálních, abnormálních a kritických) a zabránit jim, aby neprováděly činnosti, které by mohly vyvolat nepřijatelné dopady na lidský systém, zvláště pak na lidskou bezpečnost. To znamená, že do praxe se implementují vhodná technická, právní, organizační, ekonomická a vzdělávací opatření, jejichž cílem je zajistit spolehlivý provoz konkrétních objektů, infrastruktur a technologií za projektových podmínek a za nadprojektových podmínek omezit a zmírnit dopady na lidi a životní prostředí, přičemž

povinnost jejich použití je vyžadována právem. Povinnost pro nadprojektové podmínky je však dnes v ČR a v řadě dalších zemí kodifikována jen u jaderných technologií [16].



Obr. 4. Princip ochrany kritické infrastruktury.

K danému účelu se mapují všechny možné problémy existujících objektů, infrastruktur a technologií, které mohou vyvolat nežádoucí dopady na lidský systém. Pro spolehlivý provoz se kodifikují pravidla pro umístění, projektování, výstavbu a provoz. Z inženýrského hlediska se stanovují podmínky a limity provozu, instalují se bezpečnostní systémy (aktivní, pasivní i hybridní) a zajišťuje se jejich vhodné zálohování [16]. To znamená, že se řeší otázky typu:

- jaké bezpečnostní systémy jsou vhodné a jaké musí být jejich zálohování?
- kde / ve kterém místech bezpečnostní systémy působí nejúčinněji?
- proč jsou použity právě tam a ne jinde?
- v jakých limitech spolehlivě pracují?

Protože nic není absolutně bezpečné, tak je třeba počítat s tím, že každý objekt, infrastruktura a technologie selže nebo může selhat dříve nebo později. Proto musí existovat pravidla pro zvládnutí nouzových situací, která zkrátí výpadek infrastruktury či technologie na minimum a zmírní dopady na lidi a životní prostředí, tj. vytváří se vnitřní a vnější nouzové plány. U kritických infrastruktur a technologií se v praxi vytváří také nouzové plány ve formě plánů continuity, které zajistí, že daná kritická infrastruktura a tím i celý lidský systém přežijí toto selhání objektů, infrastruktur a technologií a pro nejhorší případy se připravují krizové plány, které zabrání nebo výrazně zmírní nepříjemné dopady na zdraví a bezpečí lidí, např. [3,22].

Zásady pro ochranu kritické infrastruktury a technologií jsou:

1. Kvalitní projekt, umístění, kvalifikovaná výstavba a údržba, včasné opravy a modernizace.

2. Identifikace opatření preventivních a zmírňujících vůči možným očekávaným živelním a jiným pohromám, tj. včetně havárií a jiných škodlivých jevů; připravenost složek, zdrojů, zařízení a pomůcek na zvládnutí dopadů pohrom včetně cílených útoků na kritickou infrastrukturu a technologie; a vytvoření schopností zvládnout kritické situace a zajistit rychlou obnovu prioritních infrastruktur a technologií v území.
3. Koncepce zabezpečení ochrany kritické infrastruktury a technologií vychází z faktu, že každý systém se skládá z prvků, vazeb a toků, z nichž některé tvoří kritická místa, která způsobují, že systém neplní funkci, ke které je určen, anebo k tomu významně přispívají. Tj. jejich zranitelnost přispívá výrazně ke zranitelnosti celého systému. Na tato místa se zaměřují opatření plánů kontinuity a krizových plánů a provádí se zálohování v území, např. [26,28].
4. Pro strategii ochrany je nutné vymezit minimální cíle, které musí systém zajistit za každé situace (tj. za normálních, abnormálních i kritických podmínek) a dopady ztráty funkčnosti systému na stát a jeho jednotlivé chráněné zájmy, a poté vymezit minimální rozsah systému, který zajistí minimální cíle.
5. Provést hodnocení rizik s ohledem na chráněné zájmy tak, že se za pohromu považuje ztráta funkčnosti kritické infrastruktury nebo technologie a komplexně se hodnotí všechny jevy, které tuto ztrátu mohou vyvolat a pro zajištění bezpečnosti se vytváří soubor opatření na jejich odstranění, minimalizaci či zmírnění, např. [6,7,13,32].

To znamená, že ochrana kritické infrastruktury a technologií se zajišťuje pomocí opatření preventivních i zmírňujících, připravenosti složek, zdrojů, zařízení a pomůcek na zvládnutí dopadů pohrom a hlavně cílených útoků na kritickou infrastrukturu a technologie a pomocí vytvoření schopností zvládnout kritické situace a zajistit rychlou obnovu. Je třeba vymezit minimální rozsah systému (tj. minimální prvky, vazby a toky), který zajistí minimální cíle, tj. umožní přežití lidí, stabilizaci území a nastartování dalšího rozvoje.

Při použití terminologie „prioritní části systému“ v rámci opatření pro zajištění funkčnosti systému tyto části zálohovat či dokonce dle konkrétní potřeby instalovat dvě až tři nezávislé zálohované stejné části je třeba stanovit prvky, vazby a toky v systému, které jsou důležité pro provoz (správnou – očekávanou funkci) systému. To znamená vymezit kritické části systému, jejichž zranitelnost významně ovlivní zranitelnost celého systému a tuto z odolnit a příslušně zálohovat.

Občané členských států EU očekávají, že národní vlády i EU zajistí bezpečí pro kritické infrastruktury. Proto EU vydala právní předpisy, které obsahují minimální strategie na ochranu infrastruktury a zapadají do různých koncepcí EU. Plán boje EU proti terorismu zpracovaný po útocích v Madridu byl upraven po útocích v Londýně v červnu 2005. Dne 12. července 2005 Rada EU přijala v tomto smyslu deklaraci, ve které je mimo jiné zdůrazněna role standardů na ochranu kritické infrastruktury napříč zeměmi EU. Ochrana kritické infrastruktury je koordinována orgánem pro spravedlnost, svobodu a bezpečí kvůli tomu, že uvedený orgán je pověřen prevencí proti terorismu, ale věcně patří i do orgánu pro dopravu a energetiku a do orgánu pro informační společnost.

V roce 2005 byla přijata tzv. Zelená kniha EU [34], která upozornila na to, že v případě nebezpečí bude třeba v části nebo v celé EU přijmout společnou úroveň ochrany, tj. jistý soubor koordinovaných opatření. Navrhla rámec Evropského programu pro

ochranu kritické infrastruktury (*European Programme for Critical Infrastructure Protection – EPCIP*). Cílem tohoto programu je definovat pojem kritická infrastruktura, určit klíčové principy pro ochranu kritické infrastruktury na úrovni EU, najít propojení na národní kritické infrastruktury, zřídit síť pro zajištění varování v oblasti kritické infrastruktury pro případ vážných narušení a selhání a instalovat monitoring kritické infrastruktury.

Cílem programů EU je vybudovat partnerství mezi veřejným a privátním sektorem (Public Private Partnership – PPP). Evropská komise zřídila pro zajištění odborné podpory v bezpečnostních otázkách Poradní radu pro evropský bezpečnostní výzkum (European Security Research Advisory Board – ESRAB). Tato rada má podskupiny pro hranice, bezpečí, veřejné služby, krizové řízení, boj proti terorismu a kriminalitě, vzájemná propojení a pro kritickou infrastrukturu.

5. Úkoly manažérů na úrovni státu při ochraně kritické infrastruktury

Ochrana kritické infrastruktury znamená zajistit zachování kontinuity hospodářského a sociálního života státu a umožnění odezvy v případě ohrožení či narušení základních podmínek života, služeb a systémů, jejichž kontinuita je pro fungování státu důležitá. Hlavní úkoly v oblasti kritické infrastruktury z pohledu manažéra na úrovni státu dle [6,7] jsou:

- provést analýzy zranitelnosti kritické infrastruktury a technologií vůči možným pohromám i útokům,
- zapojit do systému ochrany kritické infrastruktury a technologií právnické i fyzické osoby i občany,
- zpracovat plán na odstranění největších zranitelností kritické infrastruktury a technologií,
- zpracovat plán kontinuity pro jednotlivé kritické infrastruktury a technologie,
- zajistit systém detekce pohrom a útoků (jejich možné scénáře) na kritické infrastruktury a technologie,
- zajistit plán a realizaci odezvy (její možné scénáře, prostředky pro její provedení) na ztráty funkčnosti kritické infrastruktury a technologií,
- připravit plán obnovy pro kritické infrastruktury a technologie,
- zajistit výchovu, uvědomění a spolupráci veřejné správy, právnických a fyzických osob a občanů v otázkách ochrany kritické infrastruktury a technologií,
- zajistit výzkum a vývoj pro potřeby funkceschopnosti a ochranu kritické infrastruktury a technologií,
- zajistit zpravodajské analýzy pro potřeby ochrany kritické infrastruktury a technologií,
- zajistit mezinárodní spolupráci při ochraně kritické infrastruktury a technologií,
- zajistit legislativní a finanční požadavky pro potřeby ochrany kritické infrastruktury a technologií.

Je skutečností, že většinovým vlastníkem kritické infrastruktury a technologií jsou privátní subjekty. Proto je nutné, aby ochrana kritické infrastruktury a technologií byla věcí státního i privátního sektoru. Dokud se nepodaří najít účinné mechanismy řízení, je nutno používat nástroj spolupráce. Je třeba stále hledat platformu, na které se bude hledat společně způsob placení výzkumu a způsob placení realizace příslušných opatření. Jestliže stát zajistí know-how, tj. např. monitoring kritické infrastruktury, zkušenostní databázi pro její provoz a ochranu, složky na její ochranu a příslušný výzkum, hodnocení a vývoj přístupů v ochraně i příslušnou mezinárodní spolupráci, bude s ním soukromý sektor spolupracovat, protože on nemá snadný přístup a možnosti vytvářet tyto nástroje [6,7,35].

6. Vybrané výsledky výzkumu v ČR

Dle [6,7] každá položka kritické infrastruktury se skládá z několika odlišných položek, které jsou podstatné pro její funkčnost. Jsou to: kritické liniové stavby, kritické objekty, kritické stroje a výrobní zařízení, kritické materiály a kritický personál. Je třeba určit ty prvky a vazby, které jsou nutné pro zajištění přežití lidí a pro ochranu jejich životů a zdraví. Uvedené položky je pak nutno speciálně ochránit, což vyžaduje finance, materiální zdroje a vzdělaný personál. Analýza reálných situací [6,7,16] mnohdy ukazuje, že nejpodstatnější je většinou kvalifikovanost vrcholového managementu, který území řídí a personálu, který opatření v území provádí. Protože zdroje jsou všude omezené, ochraňují se jen prioritní položky. Je také pravdou, že často snadno napadnutelné objekty založené na složitých technických přístupech se nahrazují flexibilními jednoduchými technickými řešeními, která jsou schopná fungovat za složitých podmínek kritických situací [6,7].

Metody výběru priorit jsou obvykle velmi nákladné. V praxi se osvědčila metoda multikriteriálního hodnocení založená na posuzování zranitelnosti jednotlivých prvků systému. Při výběru dává přednost variantám, které znamenají velkou zranitelnost u jednotlivců a malou zranitelnost u společnosti [6,7,36]. Při hodnocení je třeba oklasifikovat poměrně složitý systém vazeb, ve kterém působení jednotlivých faktorů na výsledný efekt nelze kvantifikovat. Celkové hodnocení je proto relativní a může být ovlivněno subjektivním přístupem jednotlivých hodnotitelů. Je proto výhodné, jestliže hodnocení provede několik na sobě nezávislých expertů. Výsledky hodnocení platí pouze pro hodnocený systém a nelze porovnávat výsledky hodnocení různých systémů posuzovaných zvlášť. V USA a některých dalších zemích se proto kodifikují expertní metody pro tato složitá hodnocení, např. několikastupňová delfská metoda [6,7].

Při stanovení kritické infrastruktury a technologií v území se musí zvažovat mnoho faktorů a mezi základní patří náklady na provoz a údržbu po dobu životnosti, náklady na preventivní údržbu a na nápravná opatření při odezvě a obnově. Pro každou z položek se musí stanovit kriteria pro posouzení fyzických podmínek (respektující vlastnosti kritické infrastruktury i požadavky na fyzickou infrastrukturu), kapacity a poptávky po službách a pro posouzení funkčnosti. Na základě těchto kritérií se stav položky kvalitativně hodnotí verbální stupnicí obsahující stupně „velmi dobrý“ až do „špatný“ a „kritický (tj. velmi špatný)“. Vhodné je použít pětistupňovou stupnici:

- velmi dobrý stav: prvek je v bezvadném fyzickém stavu a plní zamyšlené funkce. Náklady na údržbu jsou v souladu se standardy a normami. Prvek je nový nebo je

nedávno obnoven. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy nejsou. Veškerý program je plněn účinně a efektivně,

- dobrý stav: prvek je fyzicky v dobrém stavu a plní zamyšlené funkce. Náklady na údržbu jsou v souladu se standardy a normami, ale rostou. Prvek je asi v polovině své životnosti. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy jsou jen občas. Veškerý program je plněn přijatelně,
- přijatelný stav: prvek vykazuje známky opotřebení a nižší výkonnosti než je zamyšlená. Některé části jsou nedostatečné, Náklady na údržbu překračují částky stanovené standardy a normami a rostou. Byl dlouho používán a je v poslední fázi své životnosti. Nároky na provoz odpovídají projektu, provozní problémy jsou časté. Veškerý program je většinou plněn, objevují se však neúčinné a neefektivní způsoby plnění,
- špatný stav: prvek vykazuje významné známky opotřebení a plní zamyšlené funkce na nízké úrovni. Mnoho částí je nedostatečných. Náklady na údržbu významně přesahují částky ze standardů a norem. Prvek se blíží ke konci své životnosti. Nároky na provoz přesahují údaje v projektu, provozní problémy jsou zřejmé. Veškerý program je plněn jen v značně omezeném rozsahu,
- kritický stav: prvek je ve špatném stavu a nepracuje tak, jak by měl. Je vysoká pravděpodobnost jeho selhání. Náklady na údržbu jsou vysoce nepřijatelné ve srovnání se standardy a normami, rekonstrukce není nákladově efektivní. Je nutná výměna. Nároky na provoz jsou výrazně vyšší než projektové; provozní problémy jsou vážné a trvalé. Stanovený program není plněn.

V České republice kritéria výběru jsou v nařízení vlády č. nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury. Výzkum [6,7] ukázal, že základem bezpečnosti a ochrany kritické infrastruktury jsou odpovědi na dále uvedené základní otázky:

1. Jaký je koncept, na jehož základě se určují kritické prvky, kritické procesy, kritické funkce, kritická infrastruktura a kritických technologií v území?
2. Proč se tak kritické prvky, kritické procesy, kritické funkce, kritická infrastruktura a kritické technologie v území určují?
3. Jak se určování kritických prvků, kritických procesů, kritických funkcí, kritické infrastruktury a kritických technologií v území provádí v praxi a komu slouží?
4. Kde se určování kritických prvků, kritických procesů, kritických funkcí, kritické infrastruktury a kritických technologií v území používá?
5. Jaké jsou nároky (data / vybavení / intelektuální potenciál apod.) potřebné pro určování kritických prvků, kritických procesů, kritických funkcí, kritické infrastruktury a kritických technologií v území?
6. Kdo provádí určování kritických prvků, kritických procesů, kritických funkcí, kritické infrastruktury a kritických technologií v území?
7. Jaké jsou výhody a nevýhody, slabá místa při určování kritických prvků, kritických procesů, kritických funkcí, kritické infrastruktury a kritických technologií v území?

Dosavadní výsledky citovaného projektu ukazují, že slovo „kritický“ je používáno buď k označení stavu prvku / majetku / procesu apod., anebo s ohledem na důležitost prvku / majetku / procesu apod. pro chod území. V oblasti řízení slovo „kritický“, např. ve spojení „kritická pohroma“ znamená pohromu, která je pro proces funkčnosti řízení

závažná. V daném pojetí se používá i pojem „kritická funkce nouzového řízení (emergency management critical function)“, který se používá v plánech odezvy na nouzové situace, které se sestavují v USA [8].

Pro potřeby České republiky se připravuje implementace stupnice 0 – 5 pro hodnocení infrastruktur a technologií v území. Na základě kritické analýzy poznatků v odborné literatuře, uvedené v [6,7], a zkušeností z praxe se stupnice navrhuje takto:

- stupeň 0: ztráty na infrastruktuře či technologii nemají dopad na bezpečnost a rozvoj území,
- stupeň 1: ztráty na infrastruktuře či technologii mají malý dopad na bezpečnost a rozvoj území,
- stupeň 2: ztráty na infrastruktuře či technologii mají střední dopad na bezpečnost a rozvoj území,
- stupeň 3: ztráty na infrastruktuře či technologii mají významný dopad na bezpečnost a rozvoj území,
- stupeň 4: ztráty na infrastruktuře či technologii mají závažný dopad na bezpečnost a rozvoj území,
- stupeň 5: ztráty na infrastruktuře či technologii mají podstatný dopad na bezpečnost a rozvoj území, působí jeho kolaps.

Z hlediska funkčnosti území je třeba také posuzovat dobu, v jaké je možno poškozenou infrastrukturu či technologii opravit či nahradit. Pro ověření v praxi se v [7] navrhuje posoudit dále uvedenou hodnotovou stupnicí:

- stupeň 0: poškozená infrastruktura či technologie může být opravena či nahrazena v časovém intervalu 0 – 5 dnů,
- stupeň 1: poškozená infrastruktura či technologie může být nahrazena v časovém intervalu 6 – 30 dnů,
- stupeň 2: poškozená infrastruktura či technologie může být nahrazena v časovém intervalu 31 – 90 dnů,
- stupeň 3: poškozená infrastruktura či technologie může být nahrazena v časovém intervalu 91 – 180 dnů,
- stupeň 4: poškozená infrastruktura či technologie může být nahrazena v časovém intervalu delším než 180 dnů,
- stupeň 5: poškozená infrastruktura či technologie nemůže být nahrazena.

Je třeba, aby výzkum v ČR pokračoval dále v uvedeném směru a aby se do výběru a řízení ochrany kritické infrastruktury a technologií zavedly proaktivní přístupy, stanovily se strategické cíle jejich ochrany a reálné harmonogramy pro jejich dosažení.

7. Závěr

Analýza odborné literatury i vyhodnocení ztráty funkčnosti některých infrastruktur (zajišťujících např. dodávky elektřiny, tepla a plynu) např. pro energetické koncepce krajů [7,36] ukazují, že současným problémem ochrany kritické infrastruktury jsou vnitřní závislosti napříč subsystémy kritické infrastruktury, které se vyskytují na

několika úrovních, a to fyzické, kybernetické a organizační. Jinými slovy vznikají v důsledku finančních toků, energetických toků, informačních toků a toků vyvolaných usměrněnou činností managementu. Nesprávné zásahy managementu, a to především vrcholového vedou k nenapravitelným ztrátám. Příkladem pohrom vyvolaných selháním kritické infrastruktury s dopady na lidi, vyvolaných například „nesprávně“ usměrněnými finančními toky je mnoho.

Informační technologie (IT) změnily prostředí kritické infrastruktury, dochází k propojování různých sektorů mezi sebou, a tím i různých států navzájem. Produktovody a komunikace překračují hranice, elektrické soustavy jsou propojeny, finanční a telekomunikační systémy jsou vzájemně provázané. Dálková řízení technologických celků, přenos dat a internetová spojení mají pro lidskou společnost bezesporu velký přínos na jedné straně, ale na druhé straně jejich nesprávná funkce spojená s provozním selháním či lidským úmyslem může iniciovat či odstartovat pohromy i nouzové situace s rozsáhlými dopady. Je prokázáno, že vážná porucha některého sektoru v jednom státě může mít vážné dopady na jiný stát a na celá společenství států. Proto právě na jejich výzkum se zaměřuje odborná sféra. Elektrorozvodné soustavy a elektrická energie se jeví jako jedna z nejdůležitějších oblastí kritické infrastruktury. Při jejím výpadku jsou vážně ohroženy další systémy u kterých je vysoká pravděpodobnost, že při brzkém neobnovení dodávky elektrické energie, se zhroutí také.

Do praxe je třeba dostat povědomí, že selhání kritických infrastruktur a technologií se musí hodnotit při posuzování rizik podniků / území / státu, protože ztráty vyvolané jejich selháním vysoce ovlivní činnost každého podniku i jeho další existenci. Systémovým nástrojem jsou plány kontinuity, které by měly být zpracovány pro prioritní objekty a sítě kritické infrastruktury a technologií. Tj. do praxe veřejné správy / organizací i podniků je třeba zavést systém:

- analýzu dopadů relevantních živelních a jiných pohrom na podnik / území / organizaci / objekt / síť apod.,
- vyhodnocení rizik a zajištění sofistikovaného řízení rizik,
- stanovení strategie řízení kontinuity podnikání i života v území v případě nepřijatelných rizik, která zbyla z nějakých důvodů po aplikaci opatření na snížení rizik,
- stanovení nouzové odezvy a nouzových činností pro případ výskytu živelních či jiných pohrom, tj. při realizaci rizik,
- zpracování a implementace plánů kontinuity podnikání a krizových plánů (pro případ, že plány kontinuity selžou),
- zajištění uvědomění a výcvik zúčastněných,
- aktualizace a procvičování existujících plánů,
- příprava a procvičování krizové komunikace,
- propojení na úřady a orgány vně podniku / objektu / sítě / území apod.

Ve dnech 14. – 16. 10. 2019, byla v Miláně konference „Critical Infrastructure Protection and Resilience Europe“ [37], na které byly uvedeny závažné informace, např.:

1. V dnešní době pokročilé automatizace a systémů pro dálkové ovládání technických zařízení dochází k útokům na prvky kritické infrastruktury z vesmíru. Byla prezentována celá řada útoků – např.:
 - útok ze satelitu na zařízení, které kontroluje zaměstnance při příchodu do práce v jaderném zařízení – útok způsobil, že zaměstnanci nebyli vpuštěni do objektu a nemohlo dojít k vystřídaní směn,
 - útok ze satelitu na řídicí centrum podniku způsobil zahlcení centra velkým množstvím dotazů a následné přerušení výrobního procesu,
 - útok ze satelitu vyřadil zařízení měřící vodu v kotli a způsobil přehřátí kotle; apod.

Začal se používat pojem „nová rizika z vesmíru“. Další rizika se očekávají při zavedení kvantových počítačů do širokého užívání – počet kybernetických útoků naroste.

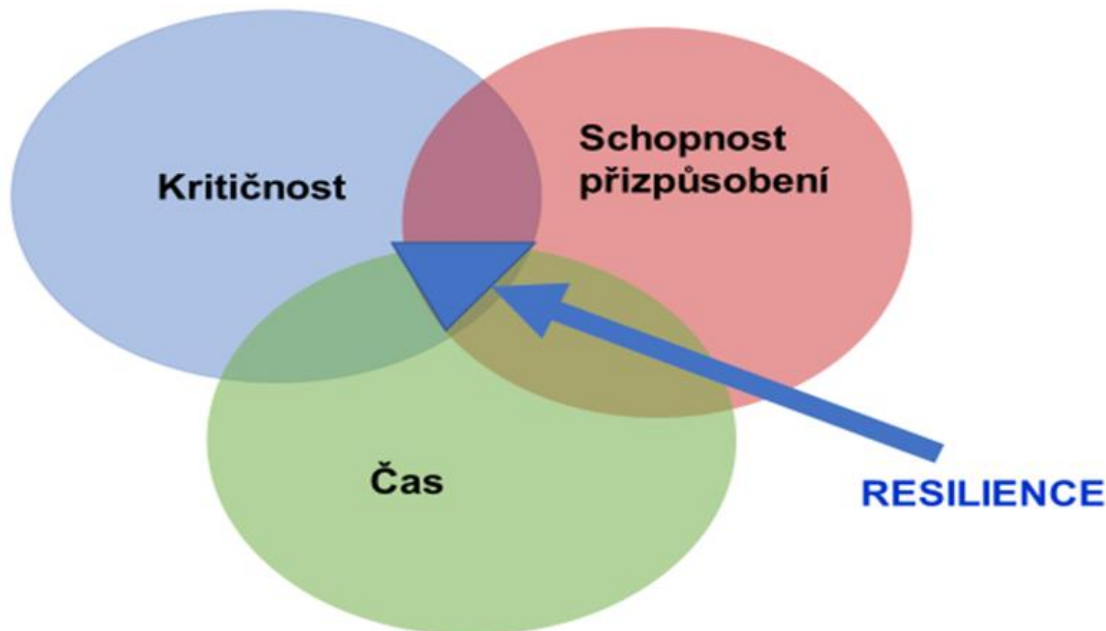
2. V převážné většině referátů bylo doporučení k nutnosti používat systémový přístup pomocí multikriteriálních metod založených na DSS a konstatování, že ochranu kritické infrastruktury může zajistit jen proaktivní přístup. Např.:
 - velmi populární jsou smart grids, a přitom při zavádění do praxe se neřeší rizika s nimi spojená (nejsou připraveny plány na odezvu při jejich selhání),
 - analýzy kritičnosti odhalily u energetické infrastruktury 28 kritických prvků, které potřebují z odolnit,
 - mnoho rizik je spojeno se sítí „Internet of things“ – vznikají propojené řetězce, u kterých není snadné identifikovat původce škodlivé zprávy (např. na poškození good will provozovatele kritické infrastruktury),

a proto třeba sestavit zásady pro plány odezvy na realizaci kybernetických rizik.

3. V několika referátech se objevila stížnost na nekvalitní práci zpracovatelů software – nedávají úmyslně důkladný popis software + návod s nápravnými opatřeními pro případ poruchy - bylo vysloveno podezření, že si tímto způsobem softwarové firmy obstarávají práci pro budoucnost. Dokonce několik specialistů uvedlo, že stejná praxe se objevuje při projektování a výstavbě technických prvků kritické infrastruktury.
4. Specialisté Spojeného království ukázali na základě analýzy bezpečnostních událostí v kritické infrastruktuře následující rozdělení příčin:
 - kybernetický útok 42%,
 - útok insidera 28%,
 - teroristický útok 15%,
 - selhání lidského faktoru 14%,
 - živelní pohroma 1%,
 - a útok CBRNE 1%.

5. Pro zvýšení bezpečnosti i spolehlivosti kritické infrastruktury je třeba v zadávacích podmínkách používat velikosti pohrom, jejichž perioda opakování je větší než 100 let. Další chybou je, že při projektování se provádí ochrana prvků a objektů jen pro jednotlivé vyjmenované pohromy, tj. některé možné a nevyjmenované pohromy

nejsou zvaženy – je nutno dbát na aplikaci označované „All Hazards“. Protože kritická infrastruktura zajišťuje životodárné funkce pro lidstvo, je třeba dbát na kontinuitu provozu, pro jejíž zajištění je důležitá resilience. Představa resilience je znázorňována jako průnik tří kružnic, obrázek 5. Resilience znamená průběžně zvyšovat bezpečnost i zabezpečení a přitom řešit možné konflikty, které mezi nimi v praxi vznikají; např. automobilový průmysl [38].



Obr. 4. Parametry kritické infrastruktury, které jsou důležité pro resilienci.

Předložená monografie zpracovávána v rámci projektu RIRIZIBE respektuje pokrokové koncepty prosazované ve sděleních na citované konferenci.

Literatura

- [1] UN. *Human Development Report*. New York: UN 1994, www.un.org
- [2] www.google.com
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [4] USA. *PDD-63. The Clinton Administration's Policy on Critical Infrastructure Protection: Presidential Decision Directive 63*. Washington: Government 1998, 10p.
- [5] USA. *US Critical Infrastructure Conception*. Washington: Government 2001.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. ISBN: 978-80-01-05103-0. Praha: ČVUT 2012, 318p.
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN 978-80-01-05245-7. Praha: ČVUT 2013, 223p.
- [8] USA. *Federal Response Plan. 9230.1-PL*. Washington: FEMA 1999.

- [9] USA. *Emergency Management Plan. State of Texas*. Washington: FEMA 2000.
- [10] FEMA. *Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning. State and Local Guide (SLG) 101*. Washington: FEMA 1996.
- [11] USA. *The Tennessee Emergency Management Plan. State of Tennessee*. Washington: FEMA 1995.
- [12] FEMA. *Interim Assessment Guide for Hazardous Facilities*. Washington: FEMA 1999.
- [13] NASEO. *The State Energy Assurance Guidelines*. Washington: National Association of State Energy Officials 2004, www.nasoe.org
- [14] OCHA. *Orientation Handbook on Complex Emergencies*. Geneva: OCHA 2000.
- [15] QIAO LINAG, WANG XIANGSUI. *Unrestricted Warfare* (trans. Foreign Broadcast Information Service). Beijing: Government 1999.
- [16] ASCE. *Global Blueprints for Change – Summaries of the Recommendations for Theme A „Living with the Potential for Natural and Environmental Disasters“, Summaries of the Recommendations for Theme B „Building to Withstand the Disaster Agents of Natural and Environmental Hazards“, Summaries of the Recommendations for Theme C „Learning from and Sharing the Knowledge Gained from Natural and Environmental Disasters“*. Washington: ASCE 2000.
- [17] NATO. *Notfallvorsorge 3/1996, S. 15-18; NACC/PfP(COEC)D(96)1*. Brussels: NATO 1996.
- [18] EU. *A Secure Europe in a Better World. European Security Strategy*. Brussels“ EU 12.12.2003.
- [19] USA. *A Concert for Preserving Security and Promoting Freedom. Governmental report to „The Clinton Administration’s Policy on Critical Infrastructure Protection.“* Washington: Government 2001.
- [20] HOMELAND SECURITY OFFICE. *Presidential Decision Directive*. Washington: Government 2001.
- [21] ČR. *Usnesení Bezpečnostní rady ČR č. 4/2002*. Praha: BRS 30.7.2002.
- [22] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN: 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [23] CPR. *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book 1999)*. The Hague: CPR (Committee for the Prevention of Disasters) 1999.
- [24] USA. *Regulation Guide 1.70. Revision 3. Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants*. Washington: U.S. Nuclear Regulatory Commission 1978.
- [25] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [26] HALOUZKA, J. et al. *Příručka manažera – Business Continuity Planning*. ISBN 80-86813-02-9. Praha: Tate International s.r.o. 2004, 210p.
- [27] IAEA. *Safety Guides*. Vienna: IAEA 1954-2019.

- [28] ICBI. *Proceedings of TRANSFIN 2006 in Nice*. London: ICBI 2006.
- [29] PROCHÁZKOVÁ, D. *Vyšetření dopadů dlouhodobého výpadku elektrické energie na chráněné zájmy v ČR. Podklad pro energetickou koncepci Středočeského kraje*. Praha: CITYPLAN s r.o. 2004, 32p.
- [30] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. ISBN 978-80-01-04841-2. Praha: ČVUT 2011, 405p.
- [31] PROCHÁZKOVÁ D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p.
<http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [32] PROCHÁZKOVÁ, D. Poučení z dlouhodobého výpadku elektrického proudu ve východní části USA a Kanady v 2003. In: *Environmentální aspekty podnikání*. ISSN 1211-8052. Praha: CEMC 2004, pp. 9-12.
- [33] EU. *Critical Information Infrastructure Protection. Project, EU CI2RCO*. Brusel: EU 2005-07.
- [34] EU. *Green Paper on European Programme for Critical Infrastructure Protection*, Brusel 17.11.2005, COM(2005) 576.
- [35] OECD. *Guidance on Safety Performance Indicators. Guidance for Industry, Public Authorities and Communities for developing SPI Programmes related to Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. Paris: OECD, 2002, 191p.
- [36] BENEŠ, I. et al. *Studie strategické bezpečnosti energetických zásobovacích systémů v České republice*. Praha: CITYPLAN spol. s.r.o. 2002.
- [37] IACIPP. *Critical Infrastructure Protection Proceedings*. Milan: CIP Association 2019, www.cip-association.org
- [38] KERTIS, T., PROCHÁZKOVÁ, D. Problémy bezpečnosti automatizace řízení automobilů. In: *Řízení rizik procesů spojených s technickými díly*. ISBN: 978-80-01-06656-0. Praha: ČVUT 2019, pp. 65-75. <http://hdl.handle.net/10467/85587>

PŘÍLOHA 2 – VYBRANÉ HAVÁRIE TLAKOVÝCH ZAŘÍZENÍ

1. Úvod

Když se řekne 19. století - století páry, jen málokdo dnes chápe hloubku a význam pojmu. Přitom pára spoutaná v parním kotli a pracující v parním stroji způsobila nebývalý rozvoj veškerého průmyslu a dopravy, včetně hutnictví a strojírenství; z kováren vznikaly velké strojírenské továrny na výrobu kotlů. Negativním jevem průmyslové revoluce byly výbuchy parních kotlů.

V počátcích předmětné éry byl rozvoj výroby parních kotlů nebývale rychlý a přitom nebyl dostatečný počet odborníků z oboru konstrukce, výpočtů a provozu parních kotlů. Nebyly předpisy, které by stanovily základní požadavky na bezpečnost, odbornou způsobilost obsluhy a stanovily nezávislé posuzování výroby, konstrukce i provozu.

V bývalém Rakousku – Uhersku bylo první nařízení vztahující se k bezpečnosti kotelního zařízení na lodích vydáno v roce 1817; zdaleka však systematicky neřešilo zásady bezpečnosti. Dalším předpisem bylo nařízení č. 273/1860 ř. z. (říšský zákoník) vydané státním ministerstvem, které zavádělo bezpečnostní opatření proti nebezpečí výbuchu vařičů a kotlů opatřených hermeticky uzavřeným příklopem.

Historicky přelomový byl Říšský zákon č. 112/1871, o zkoušení a periodickém vyšetřování parních kotlů a 1. 10. 1875 vydané nařízení č. 130/1875 ř. z., které zavádělo bezpečnostní opatření proti výbuchům parních kotlů. Uvedené a na ně navazující další předpisy s dílčími úpravami platily do roku 1952. Po vzniku Úřadu pro technickou dokumentaci (ÚTD) a následně pak Institutu bezpečnosti práce (IBP) byly využity při tvorbě předpisů a formulování základních norem pro provoz vyhrazených kotlů, které platí dodnes. Předmětné předpisy vznikaly na základě technických odborných poznatků a zejména z poznatků velmi četných havárií.

Zavedení výše uvedených předpisů do praxe v průmyslových evropských zemích způsobilo velmi výrazné **skokové snížení počtu havárií**, a tím i vážných a smrtelných úrazů v historii provozu kotlů. Předmětnou skutečnost dokumentují například publikované statistiky v Anglii [1], kde za prvních 70 let výroby a provozu parních kotlů v 19. století, bylo zaznamenáno **904 explozí kotlů, jež si vyžádalo 1565 lidských životů a 2023 těžce zraněných**. Po zavedení předpisů v 70. letech 19. století, které také ustavily dohlížení nezávislých kotelních spolků na výrobu, provoz a zkoušky obsluh kotlů, bylo za dalších 40 let zaznamenáno jen **8 podřadných explozí se ztrátou jediného lidského života**. Obdobné skokové snížení bylo i v ostatních, strojírensky vyspělých zemích, včetně Rakouska – Uherska.

Uvedené předpisy byly prvními systematickými a komplexními předpisy, které zahrnovaly konstrukci a výrobu uvedených parních kotlů, bezpečnost provozu, obsluhy a údržby a nezávislý dozorčí dohled kotelními komisaři. Uvedený vliv na zvýšení bezpečnosti parních kotlů po vydání a uplatňování uvedených předpisů je nebývalý, obrovský a nepopíratelný a platí dodnes. Při šetření poruch, havárií středotlakých a vysokotlakých parních kotlů a s nimi souvisejících pracovních úrazů, se autor [2,3] nesetkal s případem, kdy nebylo v příčinné souvislosti s havárií zjištěno porušení právních a ostatních předpisů. Ale nejsou to jen předpisy, jež dokážou výrazně snížit počet případů provozu kotle s nedostatkem vody jako nejčastější příčinou havárií, jde

o celou kulturu bezpečnosti propojenou s řízením provozu zacíleným na bezpečnost [4].

2. Zkušenosti z inspektorské praxe

Od roku 1977, kdy autor [2,3] provádí inspekce v rámci státního dozoru (Oblastní inspektorát práce) v oboru vyhrazených tlakových zařízení, lze říci, že došlo k výraznému poklesu havárií, které nastaly v důsledku topení kotlů bez vody, díky novým automatickým zařízením, které výrazně omezily chyby lidského činitele při obsluze zařízení [2,3].

Před rokem 1990, kdy byly kotle většinou v režimu trvalé obsluhy, jsem šetřil **asi 8 až 12 havárií nebo poruch v důsledku topení kotle s nedostatkem vody každý rok** [2,3].

Po roce 1989, kdy jsou již provozovány kotle se systémem BOsB [3], který je schválen dle nařízení vlády č. 182 / 1999 Sb., došlo k dalšímu výraznému snížení počtu havárií a poruch středotlakých parních kotlů 4. a 3. třídy z důvodu provozu kotle s nedostatkem vody, kdy bylo zjištěno přehřátí plochy výparníku nad teplotu 400° C **tak asi dvakrát za 30 let** [2,3]. Podobný, i když ne tak výrazný vliv, mají i moderní systémy úpravy vody a sledování její kvality v počtu havárií z příčiny v důsledku nedokonalé úpravy napájecí a kotelní vody.

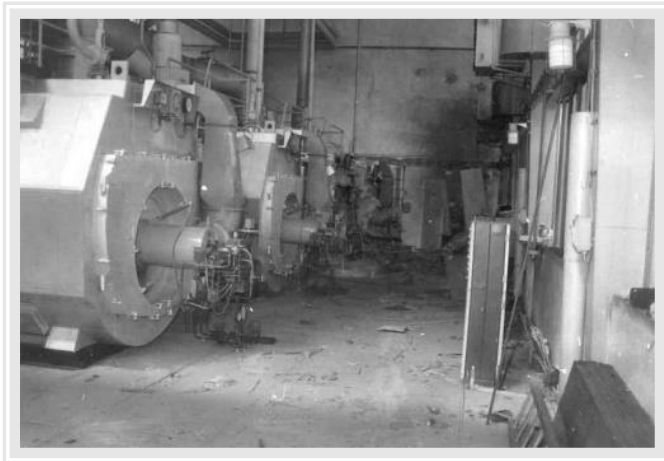
3. Vybrané havárie kotlů

Příloha 2 doplňuje kapitolu 4 práce. Opírá se o výsledky šetření státního úřadu [5], a proto v souladu s pravidly úřadu nejsou u sledovaných pěti případů uvedeny údaje o místu a času vzniku havárie.

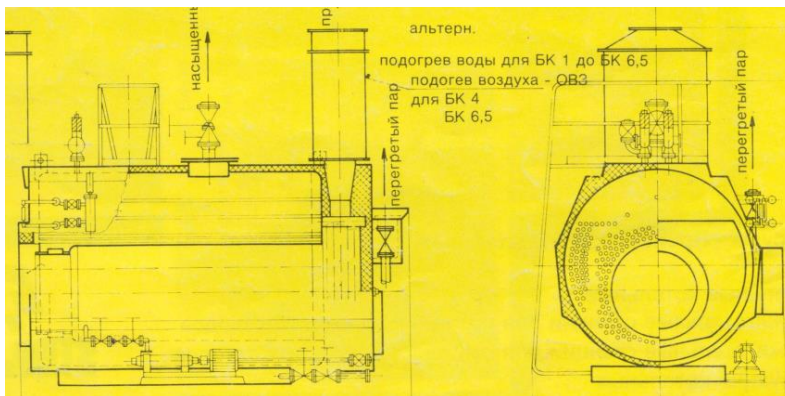
3.1. Výbuch kotle v důsledku selhání plovákového regulátoru

Sledovaný kotel, obrázky 1 až 3, měl jediné zařízení, které sloužilo pro signalizaci havarijních stavů vody a k automatickému odstavení kotle na úrovni hladiny vodorysu a k automatickému doplňování vody do kotle, a to plovákový regulátor AQUACONTROL [2,3,5]. Zaseknutí plováku v plovákové komoře regulátoru způsobilo selhání napájení kotle. Když voda klesla pod žárorys a sytá pára se změnila na přehřátou, což v důsledku horšího přenosu tepla způsobilo výrazný růst teploty spalin doprovázený výrazným zápachem v kotelně.

Bez ohledu na zápach kotel byl topičkou provozovaný dál. Protože topička rychle neodstavila kotel z provozu, tak nesplnila požadavky článků 27 a 85 normy ČSN 07 0710. Neodstavením z provozu došlo k poklesu vody hluboko pod hřbet plamence, a tím k deformaci kotle. V důsledku deformace pod tlakem páry 0.8 MPa došlo k postupnému vzniku vytváření trhlinky v místě póru ve svarovém spoji plamence k zadní sítnici. Předmětný pórek ve svaru byl identifikován při metalografických zkouškách. V důsledku robustnosti (tj. tloušťky) plamence byl vývoj vzniklé trhlinky relativně pomalý; k náhlému rozšíření na makroskopickou trhlinu došlo po více než 16 - ti vteřinách [2,3,5].



Obr. 1. Náhled do kotelny před výbuchem [2,3,5].



Obr. 2. Projektové řešení kotle [2,3,5].



Obr. 3. Náhled do kotle před výbuchem [2,3,5].

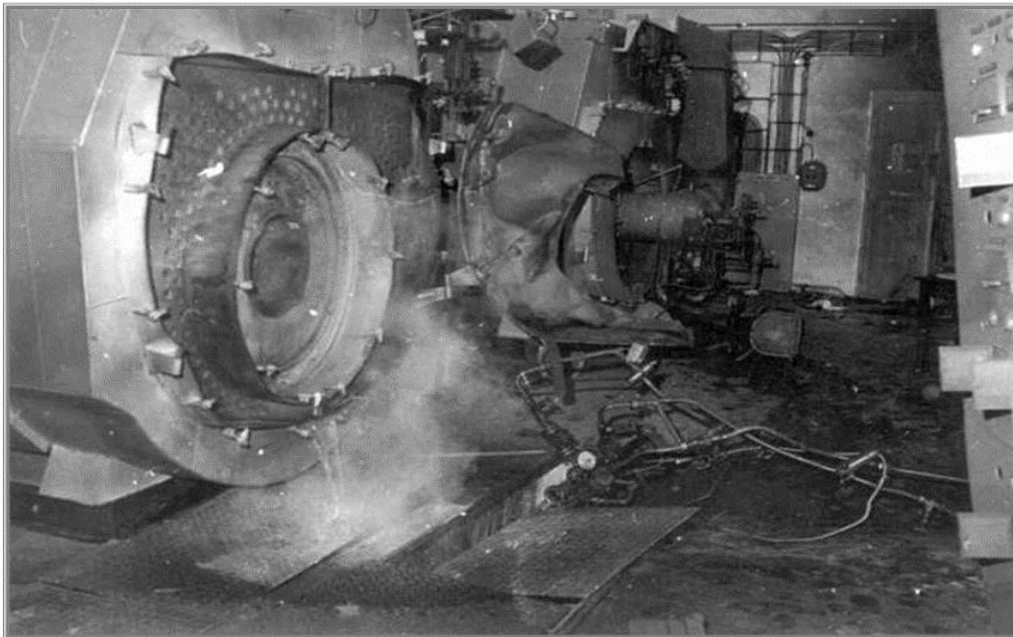
Na začátku vývoje trhlinky došlo k úniku páry do plamence, a čidlo hlídače plamene (nelze vyloučit ani čidlo přetlaku spalin) samočinně odstavilo kotel. Pomocnice topičky se nacházela u ovládacího panelu, kde vypínala zvukovou signalizaci a topička šla vypnout ručně rychlouzávěrem přívod mazutu na hořáku kotle [2,3,5].

Rozvoj trhliny však tlakem páry pokračoval dál. Po odstavení přívodu mazutu došlo k vniknutí stále zvětšujícího se objemu páry do plamence, kouřovodu a do vzduchového potrubí trubkového hořáku. Tím byl roztočen vzduchový ventilátor na kotli do kvílivých otáček. Poté nastal výbuch náhlým rozšířením trhliny na délku 2/3 obvodového sváru plamence se zadní síticí, tím došlo k expanzi přehřáté páry po 16 vteřinách po uvedeném samočinném odstavení kotle [2,3,5].

Výbuch vyrazil dveře přední obrátové komory a vyrazil hořák [2,3,5]. Topičce (51 let), jež stála u hořáku, hořák oddělil hlavu od těla a hlava prolétla otvorem ve zdi, kde dopadla mimo kotelnu, cca 70 m za tuto zeď; její tělo zůstalo u zdi v kotelně [2,4]. Pomocnice topičky (31 let) i s ovládacím panelem kotle prolétla otvorem ve zdi a dopadla na hranu náspu před kotelnou [2,3,5]. Dva pracovníci byli na kotli, na jeho válcové části u hlavního parního ventilu, kde zjišťovali příčinu zápachu. Tito pracovníci neutrpěli žádné poškození zdraví [2,3,5]. Následky výbuchu ukazují obrázky 4-6.



Obr. 4. Úlomek kotle nalezený mimo budovu kotelny [2,3,5].



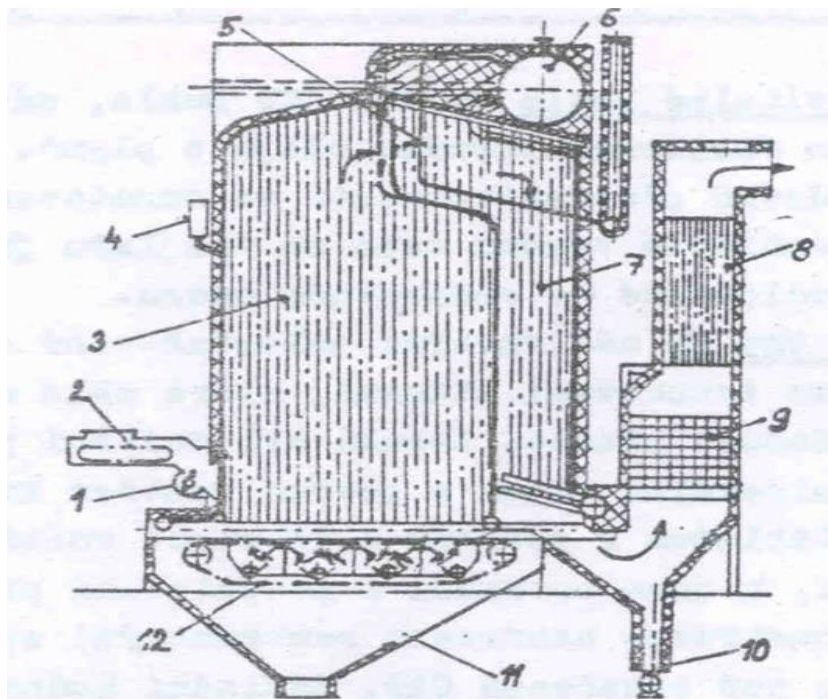
Obr. 5. Zbytky kotle způsobené výbuchem [2,3,5].



Obr. 6. Škody na budově kotelny [2,3,5].

3.2. Havárie středotlakého strmotrubného kotle

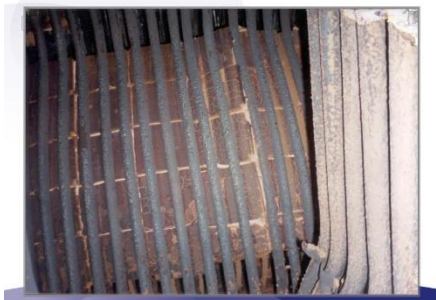
Středotlaký strmotrubný kotel na pevná paliva typu ČKD 10 t/h; schéma na obrázku 7, byl topen cca 90 minut s hladinou vody pod nejnižší přípustnou hladinou vody.



Obr. 7. Náhled na sledovaný kotel [2,3,5].

V důsledku nedostatečného množství vody došlo k přehřátí trubek ve spalovací komoře, částečnému vytavení trubek druhého tahu a ekonomizéru; kovový materiál doslova vytekl v tahové výsypce přes turniket odpopílkování [2,4]; obrázky 8-10 . Došlo tudíž ke zničení kotle; ne k pracovnímu úrazu [2,3,5].

Šetření inspekce ukázalo, že příčinou havárie nebyla technická závada, ale selhání lidského činitele, (opilství topiče, pomocníka topiče a nepřítomnost vedoucího směny, událost se stala na noční směně v 1 hodinu ranní).



Obr. 8. Poškozené trubky ve spalovací komoře [2,3,5].



Obr. 9. Částečné roztavení trubek druhého tahu [2,3,5].



Obr. 10. Roztečený kovový materiál v okolí [2,3,5].

Šetření ukázalo, že obsluha (topič a pomocník byli vzbuzeni příjezdem hasičů, které zavolal vrátný, protože už z dále bylo vidět že se v kotelně něco děje. Uvedení pracovníci prokázali základní neznalosti předpisů a konstrukce kotlů. Topič šel po probuzení s vedoucím směny k parní napáječce, kterou se snažil po dobu 8 minut uvést do provozu a napustit do kotle vodu. Protože se mu to nepodařilo (a nemohlo podařit, protože ekonomizér byl vytaven a do kotle neměla napájecí voda kudy natéci [2,3]), prohlásil, že je to dobře, protože by kotel mohl vybuchnout [2,3].

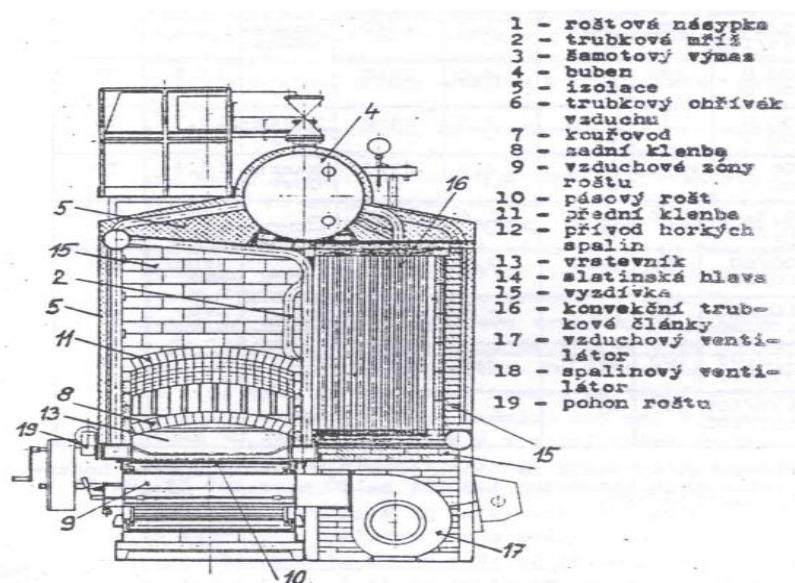
3.3. Příklad havárie kotle způsobené nevhodnou úpravou vody

Po roce 1990 se v důsledku vytváření soukromých podnikatelských aktivit jako OSVČ osamostatnil jeden chemik a začal dodavatelským způsobem provádět úpravu a kontrolu napájecí a kotelní vody [2,3]. Doposud byla úprava vody prováděna úpravou tvrdosti přídavné napájecí vody změkčováním na ručně ovládaných katexových filtrech a chemická úprava napájecí vody byla prováděna fosforečnanem sodným, přičemž úroveň úpravy vody byla mírně řečeno proměnlivá, podle toho, který topič právě topil [2,3]. Zmíněný chemik v kotelně změnil systém úpravy tím, že vyřadil katexové filtry a začal upravovat tvrdost vody pomocí chelátů (Syntronem B) [2,3].

Na základě poznatků v práci [6], cheláty vápníků a hořčíku jsou ve vodě rozpustné, a proto se může na první pohled zdát, že převedení tvrdosti do rozpustné formy je ideální řešení. ČSN 077401 v článku 3.5.4 umožňuje použití chelatačního činidla, ovšem pokud se hlídá přebytek chelatonu do 2 mg/l a je zajištěno dokonalé odplynění. V poznámce 4) uvedené ČSN je uvedeno, že se střídavé použití fosfátu a chelatačního činidla nedoporučuje.

Ustanovení normy bylo předmětnou osobou podceněno. Proto došlo zvýšenou koncentrací chelatonu k rozpuštění již vytvořených nánosů, ale selektivně tak, že napečené nánosy v kotli uvolnily koláčovitě slupky. Uvolněné slupky nánosů zcela zanesly spodní vodní komory a zastavily přirozený oběh vody v kotli.

V objektu byly tři kotle, kde byla prováděna výše popsaná úprava vody; obrázek 11 schéma sledovaných kotlů.



Obr. 11. Schéma klecového kotle S 2500 U [2,3,5].

Šetření havárie inspekci bylo provedeno na základě nahlášení havárie kotle PK2 v kotelně se třemi středotlakými vodotrubnými kotli S 2500 U [2]. Dopady havárie jsou na obrázcích 12-14.



Obr. 12. Vnější poškození klecového kotle S 2500 U [2,3,5].



Obr. 13. Vnitřní poškození klecového kotle S 2500 U [2,3,5].



Obr. 14. Detail vnitřního poškození klecového kotle S 2500 U [2,3,5].

Při události došlo k vytavení konvekční části kotle v důsledku špatné úpravy vody. Ukázalo se, že odstavený kotel PK1 nebyl jen tak odstavený, ale zhavarovaný před třemi týdny než byla nahlášena havárie druhého kotle a třetí kotel PK3 byl již také téměř zanesen, a proto bylo nařízeno jeho odstavení z provozu [2,3].

3.4. Výbuch stojatého vodotrubného středotlakého parního kotle

K provozu kotle s trvalou obsluhou a ručním spínáním napájecího zařízení bez vody došlo v důsledku selhání topiče způsobeného porušením článku 141 písm. c) a článku 27 ČSN 07 0710 tím, že topič opustil kotelnu na dobu delší než 5 min. Důsledkem bylo přehřátí a následné roztržení varné trubky a následný výbuch v důsledku expanze páry; obrázky 15-16.



Obr. 15. Detail roztržené varné trubky parního kotle [2,3,5].



Obr. 16. Rozmístění varných trubek v kotli [2,3,5].

Výbuch doprovázející roztržení varné trubky způsobil kromě značného nepořádku v kotelně také odstranění vnějšího pláště kotle s izolací a odhození ovládacího panelu kotle.

Topič, který právě přicházel do dveří, byl tlakovou vlnou odhozen zpět z kotelny bez vážného zranění. Tvrzení topiče, že byl v kotelně a stále sledoval hladinu vody ve vodoznacích, jednoznačně vyvrací barevné zbarvení tlakového celku, jež ukazuje kde skutečně hladina v kotli byla.

V důsledku přehřátí došlo k expanzi páry z kafilerního destrukturu o objemu 8 m³. Destruktor byl v době události provozován ve sterilizačním cyklu (pára uvnitř destrukturu měla hodnoty 3.5 bar a teplotu 138°C). Na plošině haly přípravny, při zjištění, že z plnicího víka destrukturu uniká pára. Pracovník obsluhy za provozu při provozním přetlaku 3.5 bar, šel dotáhnout matici na šroubu plnicího víka destrukturu. Při manipulaci s maticí pomocí nástrčného klíče OK 46 na víku destrukturu (matice protilehlého šroubu závěsu víka M 30), došlo ke stržení závitu matice a jejímu přesmyknutí přes závity uvedeného šroubu a tlakem páry došlo k ohnutí ½ víka, a tím jeho pootevření; obrázky 17-19.



Obr. 17. Pohled do vnitřku kotle [2,3,5].



Obr. 18. Pohled na spodní část kotle [2,3,5].

Mezera vzniklá vyhnutím víka (obrázek 20) při utažených zbývajících šroubech, byla tak veliká, že expanzí páry způsobila odhození pracovníka obsluhy cca 3 m a jeho opaření na 30% povrchu těla. Po hospitalizaci v nemocnici do 5-ti dnů zemřel.



Obr. 19. Pohled na matici na šroubu plnicího víka destrukturu [2,3,5].



Obr. 20. Pohled na mezeru na šroubu plnicího víka destrukturu [2,3,5].

Dotahování matice na šroubech při jakémkoliv přetlaku páry je výrobcem nádoby v návodu k obsluze zakázáno a není dovoleno ani v článku 40 normy ČSN 690012.

Paradoxem je, že zmíněný pracovník zaškoloval obsluhu tlakových nádob stabilních a učil ji, že při provozu je zakázáno dotahovat matice na víku [2,3].

3.5. Výbuch akumulátoru páry z prosince 2006

Jednalo se o akumulátor páry o objemu 860 l s nejvyšším pracovním přetlakem $PS = 1.1 \text{ MPa}$. Exploze akumulátoru páry způsobila 1 smrtelný pracovní úraz a jeden závažný pracovní úraz a devastaci technologie výroby páry a žehlicích kalandrů, včetně poškození statiky objektu takového rázu, že byla nařízena jeho následná demolic; obrázky 21-23.



Obr. 21. Pohled na akumulátor páry před výbuchem [2,3,5].

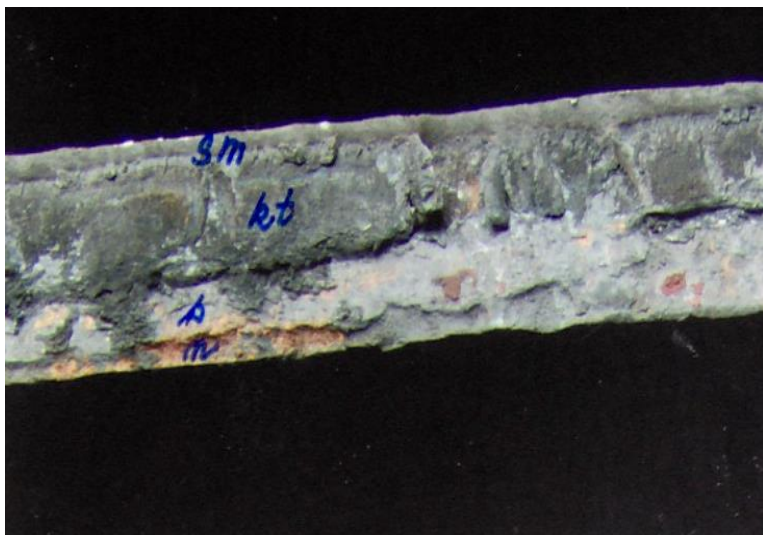


Obr. 22. Pohled na roztržený podélný svár [2,3,5].



Obr. 23. Pohled na poškození vnější nosné zdi [2,3,5].

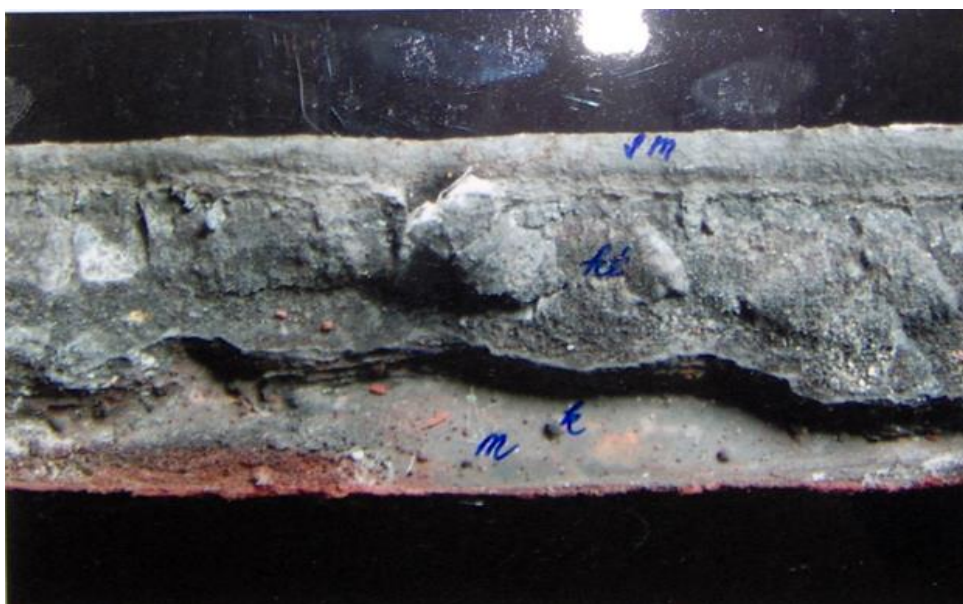
Z šetření vyplynulo, že příčinou havárie bylo neprovedení kořenového svaru podélného svarového spoje nádoby při výrobě. Proto došlo k výraznému snížení odolnosti svarového spoje v důsledku nízkocyklové únavy materiálu nádoby. Důsledkem byl vznik trhliny ve svaru a otevření pláště nádoby za provozu, cca po 1 roce provozu. Na obrázcích 24-26 jsou znázorněny detaily.



Obr. 24. Detail lomu ve svaru uprostřed nádoby; n-neprůvar, s- korozně únavová trhlina ve studeném spoji, kt-korozně únavová trhlina ve výplňovém sváru, sn- ploška smykového dolomení 0.9-1.0 mm [2,3,5].



Obr. 25. Vzhled povrchu roztrženého podélného svaru v oblasti styku s obvodovým svarem. Šipkou je vyznačena poloha dna svaru A; šířka odlomené části 3.5 mm [2,3,5].



Obr. 26. Hluboký neprůvar na povrchu roztrženého podélného svaru asi 400 mm od středu délky tělesa tlakové nádoby; n – hluboký neprůvar, k – kulička rozstříku oceli, kt korozně únavová trhlina ve výplňovém svarovém kovu, sm – ploška smykového dolomení o šířce asi 1 – 2 mm [2,3,5].

4. Závěr

Tlaková zařízení najdeme zejména ve strojírenství, energetice, petrochemii, zdravotnictví, potravinářství, chemickém průmyslu apod. Nejčastěji se vyskytují jako: vzdušníky, expanzní nádoby, vodárny, zásobníky různého určení, výměníky tepla, chladiče, kolony, parní sterilizátory, akumulátory páry, odlučovače oleje, nádoby pro speciální určení, středotlaké parní a horkovodní kotle apod.

Poučení z vybraných havárií tlakových zařízení ukazuje, že je nutné zvýšit důraz na celkovou bezpečnost technických zařízení, především bezpečnost tlakových zařízení, a to speciálně vyhrazených tlakových zařízení. Proto by bylo vhodné požadavky na projektování, výrobu a provoz tlakových zařízení upravit zákonem; ustanovení existujících vyhlášek není dostačující.

V dané souvislosti si je třeba položit otázku, jak je reálné, aby podobným způsobem, který ukazují údaje z Anglie [1] (výrazné snížení počtu havárií a těžkých a smrtelných úrazů zavedením pravidel), došlo v dohledné budoucnosti ke snížení počtu a závažnosti pracovních úrazů a selhání pracovních procesů. Na základě zkušeností by to mohlo být v České republice reálné, kdyby se zavedl pevný systém výuky ve školství v oblasti bezpečnosti práce a ochrany zdraví a také bezpečnosti technických zařízení: v osnovách na prvním stupni stupně základní školy formou spíše zábavnou (např. jazykově bezbariérová videa NAPO) [8]; na druhém stupni formou výuky v rámci odborných předmětů a pracovní výchovy; v učňovském a středním školství formou cílené výuky spojené s danou odborností; a na vysokoškolské úrovni výukou kultury

bezpečnosti, kterou je třeba budovat od top managementu. Vzdělání by vytvořilo základ pro možnou změnu myšlení v oblastech „bezpečnosti práce a ochrany zdraví“ (BOZP), bezpečnosti technických zařízení a bezpečnosti technických procesů v plošném výrobním i soukromém prostředí.

Návrh vychází ze skutečnosti, že v současné době se např. do oblasti BOZP dostane zaměstnanec na všech úrovních řízení podniku, tj. i vedoucí pracovník, až v čase své dospělosti, tj. po absolvování školní výuky. Předmětnou oblast chápe již po svém, což v praxi obvykle znamená, že ji bere na lehkou váhu, spíše jako překážku, která mu bere čas, zvyšuje náklady, zdržuje při práci, a proto se snaží ji obcházet, bagatelizovat, nedávat jí potřebnou důležitost a podporu do doby než se důsledky úrazu dotknou i jeho. Naopak v nejranějším věku děti od mateřských školek a na 1. stupni ZŠ vnímají všechno jinak s velkou pravdivostní hodnotou, která pak má vliv na celoživotní názor v dané oblasti; tj. BOZP i další úseky bezpečnosti.

V současné době je velmi příhodná doba pro zavedení systému z mnoha hledisek a pokud by se do deseti let systém zavedl, tak po výměně cca tří generací důkladného systému vzdělávání v oblasti integrální bezpečnosti, tj. BOZP, technické bezpečnosti, bezpečnosti procesů apod., které jsou vzájemně propojené, tak by mohl fungovat předpoklad přirozeného bezpečného chování zaměstnanců na pracovišti a předpoklad přirozeného řízení vedoucích pracovníků s odpovídající odpovědností v oblasti kultury bezpečnosti. Dá se předpokládat, že daným způsobem by se asi za 70 let realizovalo spojení oblastí bezpečnosti práce s pracovní hygienou a pracovním lékařstvím a dosáhlo by se výrazného snížení poškozování zdraví při pracovním procesu i další ekonomické úspory snížením počtu havárií a selhání technických zařízení.

Literatura

- [1] ŽEMLIČKA, F. Zpráva výboru ku 50. řádné valné hromadě Spolku pro zkoušení a přehlížení parních kotlů v Praze, konané dne 21. března 1933. *Zpravodaj ATZ*. Praha 1995, No 1.
- [2] OUHRABKA, L. Výsledky šetření nehod a havárií tlakových zařízení. In: TLAK 2013. ISBN 978-80-87140-32-1. Líbeznice: Medim s.r.o. 2013, pp. 21 – 30.
- [3] OUHRABKA, L. Havárie tlakových zařízení. In: TLAK 2014. ISBN 978-80-87140-32-2. Líbeznice: Medim s.r.o. 2014, pp. 51-56.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost složitých technologických systémů*. ISBN 978-80-01-05771-1. Praha: ČVUT 2015, 208p.
- [5] OBLASTNÍ INSPEKTORÁT PRÁCE PRO ÚSTECKÝ KRAJ A LIBERECKÝ KRAJ. *Archivní dokumenty z šetření pracovní úrazů a havárií vyhrazených tlakových zařízení*. Ústí nad Labem: OIP 2019.
- [6] JURSIK, F. *Anorganická chemie kovů*. ISBN 80-7080-504-8. Praha: VŠCHT v Praze 2002, 152p.
- [7] FY HOHER. Bezpečnostní výstroj BZ6 s vyhodnocovací elektronickou jednotkou CU2000 se skokovou regulací hladiny. *Certifikát č.: I-61-0167/01/TZ*.
- [8] EU OSHA. Jazykově bezbariérová videa NAPO. <https://www.napofilm.net>
Sbírka zákonů ČR

| | |
|---------------------------|--|
| Titul: | Řízení rizik procesů spojených s provozem technického díla během jeho životnosti |
| Autorský kolektiv: | Doc. RNDr. Dana Procházková, DrSc. RNDr. Jan Procházka, Ph.D. Doc. Ing. Jiří Lukavský, CSc. Doc. Ing. Václav Dostál, DrSc. Ing. Zdenko Procházka, CSc. Ing. Ladislav Ouhrabka |
| Recenzenti: | Doc. Ing. Pavel Hoffman, CSc. Doc. Ing. František Hezoučský, Ph.D. Doc. Ing. Václav Beran, DrSc. Doc. RNDr. Miroslav Rusko, PhD. |
| Vydavatel: | DSPACE ČVUT v Praze |
| Počet kopií: | Open Access |
| Počet stránek: | 468 |
| Rok vydání: | 2019 |

ISBN 978-80-01-06675-1