

Fakulta stavební

Konstrukce a dopravní stavby

# Požár Veletržního paláce

Vypracovali: Bc. Karolína Berková, Bc. Adam Čítek, Bc. Michala Jordanová

Praha 2017

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod .....   | 3  |
| 2. Popis konstrukce .....   | 3  |
| 3. Příčiny a průběh požáru .....  | 5  |
| 4. Diagnostika konstrukce – metody zjišťování škod následkem požáru ..... | 6  |
| 4.1. Vizualní prohlídka konstrukce .....                                  | 7  |
| 4.1.1. Metodika vizualní prohlídky .....                                  | 7  |
| 4.1.2. Postup vyhodnocení vizualní prohlídky .....                        | 9  |
| 4.1.3. Závěry vizualní prohlídky .....                                    | 11 |
| 5. Oprava následků požáru .....   | 12 |
| 6. Jiné metody pro zjišťování charakteristik materiálů [6] .....          | 13 |
| Seznam obrázku .....  | 14 |
| Zdroje .....  | 15 |

# 1. Úvod

Veletržní palác postaven v letech 1925 – 1928 byl projektován architekty Oldřichem Tylem a Josefem Fuksem. Nachází se v Praze Holešovicích.

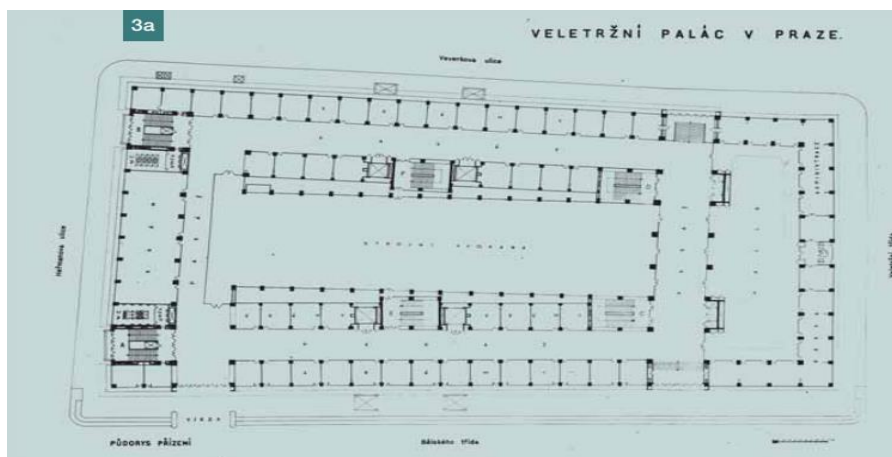
Nejdříve sloužil společnosti Pražské vzorkové veletrhy. Za druhé světové války budova s přilehlým prostranstvím sloužila nacistům pro shromažďování Židovských občanů před transportem do koncentračních táborů. Po druhé světové válce se stala budova sídlem několika exportních firem jako např. TUZEX. Po požáru v 70. letech se z Veletržního paláce stala Národní galerie se stálou expozicí. [1, 2, 3, 4]



Obrázek 1: Veletržní palác [4]

## 2. Popis konstrukce

Objekt lichoběžníkového půdorysu má sedm nadzemních podlaží, mezipatro, mezanin a dvě podzemní podlaží. Jedná se o monolitický železobetonový skelet. Nosnou konstrukci tvoří sloupy, překlady a na ně kolmé trámy s náběhy a deska (v nejužším místě tenká 70 mm). Všechny tyto prvky jsou z železobetonu. Místo příček jsou použity skleněné výplně. [1, 2, 4]



Obrázek 2: Půdorys Veletržního paláce [3]

Nacházejí se zde dva ojedinělé prostory. Prvním je Velká dvorana (původně strojní), která má půdorysné rozměry 40 x 80 m a je vysoká 15 metrů. Druhým významným prostorem je Malá dvorana. Ta má půdorysné rozměry 20 x 40 m, ale je vysoká přes 7 podlaží, tedy přibližně 30 metrů. [1, 3, 4]



Obrázek 3: Malá dvorana a Velká dvorana [3]

Pozemek, na kterém je Veletržní palác postaven má nepravidelný půdorys, přesto budova působí pravidelně. I přes tento dojem, je její geometrie zcela nepravidelná. Nezvyklá byla především rozmanitost půdorysu sloupů. Ty se lišily podle svého umístění a podle toho, jaké nesly zatížení. V přízemí se nacházely sloupy o rozměrech 600 x 650 mm až po rozměr 600 x 1050 mm. V každém vyšším patře se sloupy stávaly subtilnějšími a v nejvyšším podlaží se nacházely některé sloupy s rozměry 500 x 500 mm. Všechny tyto nepravidelnosti znamenaly i různé rozměry překladů, trámů a tloušťky desek. Na svou dobu se jednalo o architektonicky i staticky velmi ojedinělý jev. [3]

### 3. Příčiny a průběh požáru

14. srpna 1974 večer strážná na obchůzce ve 4. patře ucítila zápach kouře. Nejprve si myslela, že se jedná o poškození elektrického vedení a tak vyhledala elektrikáře. Jakmile společně dorazily na místo, pozorovali kouř unikající ze dveří. Prvotní zásah hasicím přístrojem byl marný, proto okamžitě zavolali na číslo 150. Hasiči z Holešovic vyjeli okamžitě a byla informována i centrála, která posléze řídila všechny zásahy. [1,4]

Když hasiči dorazili na místo, plocha požáru byla alespoň 400 m<sup>2</sup> a plameny se šířily po kobercích a obkladech stěn. Po dalším šíření požáru a příjezdu posil hasičů bylo zřejmé, že se požár díky špatné dispozici vnitřních chodeb nekontrolovatelně šíří. V té době bylo také nutné zachránit 6 lidí ze střechy, kam se schovali před požárem. Dalším velkým problémem byl vnitřní rozvod plynu, který byl pod plným tlakem, takže docházelo k lokálním výbuchům. [1]

Po destrukci oken ve vyšších podlažích došlo ještě ke komínovému efektu a oheň se rozšířil na celou budovu. Vznikl požár takového rozsahu, že v té době nebyly žádné zkušenosti s jeho hašením. Příčinou požáru, kterou zjistili později z umístění prvního ohniska, bylo samovznícení fermeží nasáklých bavlněných čisticích prostředků v šatnách lakýrníků. [2,4]



Obrázek 4: Požár Veletržního paláce [2]

Likvidace požáru byla ohlášena až 20. srpna ráno, ale až do 27. srpna byla likvidována dílčí ohniska. Na hašení požáru se tehdy podíleli jak hasiči z celé Prahy a části Středočeského kraje, tak dobrovolní hasiči. [1]

Stavební prvky, které nebyly vhodně navrženy: chybějící požární signalizace, požární zatížení objektu i pro vnitřní komunikace (koberce, nábytek, obklady stěn, ...), schodišťové prostory, které nebyly odděleny od ostatních prostor, páternostery, centrální rozvod klimatizace bez zpětných klapek. [1]

Až po dvou měsících byla budova uvolněna policií i hasiči k zjištění jejího poškození. [3]

Nejhorší poškození bylo v místě pracovních spár, dilatacích budovy a u kloubových přípojí. Požárem byly řádově zasaženy desítky tisíc nosných prvků. V prvé řadě bylo nutné budovu zabezpečit před zřícením (dřevěnými podpěrami), poté Veletržní palác vyklidit od suti a popela a následně bylo možné provést diagnostiku jednotlivých nosných prvků. [2] [3]



Obrázek 5: poškození v místě pracovních spár a poškození v místě dilatací [3]

## 4. Diagnostika konstrukce – metody zjišťování škod následkem požáru

Diagnostiku konstrukce mělo na starosti tehdejší Ministerstvo stavebnictví v zastoupení Technickým a stavebním ústavem v Praze a Výzkumným ústavem pozemních staveb Praha. Vytvořením základního popisu konstrukce a informativního popisu intenzity požáru byl pověřen Ing. Vladimír Machač, který tak vytvořil důležitý podklad pro další postup při posouzení stavu konstrukce. K řešení problému byli také přizváni odborníci z oblasti betonových konstrukcí ze Stavební fakulty ČVUT a také ze Stavebního ústavu (nynější Kloknerův ústav). Cílem diagnostických prací bylo získat informace o stavu konstrukce, které by sloužily jako podklad pro rozhodnutí, jak s budovou naložit. Tedy jestli konstrukci lze opravit nebo nařídít demolici a postavit budovu novou. [5]

Hlavním problémem, který do jisté míry znemožňoval podrobnou analýzu konstrukce, byl nedostatek technických podkladů o konstrukci. V době výstavby Veletržního paláce (1928) totiž na území Čech neplatily žádné stavební normy, a proto nebylo jasné, jaký beton a výztuž byla při stavbě použita. Odhad těchto parametrů byl proveden na požárem nezasažených prvcích.

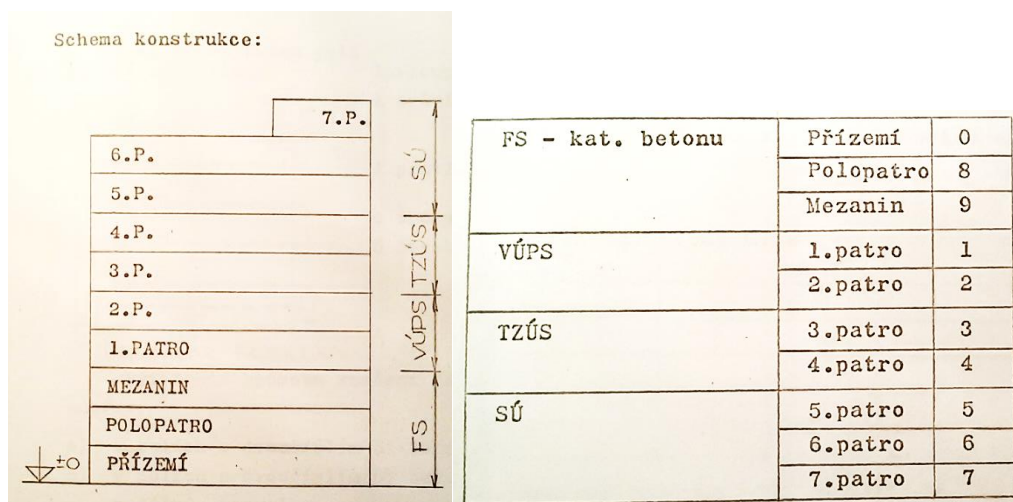
Dalším problémem byla rozsáhlost konstrukce a počet nosných prvků, který neumožňoval čistě experimentální vyšetření. Veletržní palác je totiž konstrukcí se značným obestavěným prostorem, který tvoří přibližně 20 tisíc nosných prvků. U každého takového nosného prvku bylo nutné posoudit jeho stav a nejlépe i zjistit charakteristiky použitých materiálů. Pro takový počet prvků by však rozsah semidestruktivních a nedestruktivních zkoušek nebyl technicky proveditelný. [5]

Stavební ústav s ohledem na tyto skutečnosti navrhl možnou metodiku postupu. Diagnostické práce byly rozděleny do dvou základních etap. První etapa byla zaměřena na vizuální prohlídku všech nosných prvků a klasifikaci jejich stavu pomocí jednotného systému hodnocení, aby bylo možné objektivně posoudit celkový stav konstrukce, tedy množství nosných prvků, které je možno opravit nebo které je nutné zbourat. Celá metodika zjištění škod byla postavena na vyhodnocení pomocí samočinného počítače ODRA 1304, který tak vyhodnocení velmi zkrátil. V té době využití počítače nebylo běžnou praxí. Druhou fází byla experimentální část prací, tzn. semidestruktivní a destruktivní zkoušky na nosných prvcích. Tyto práce byly prováděny v zásadě až během rekonstrukce. [5]

#### 4.1. Vizuální prohlídka konstrukce

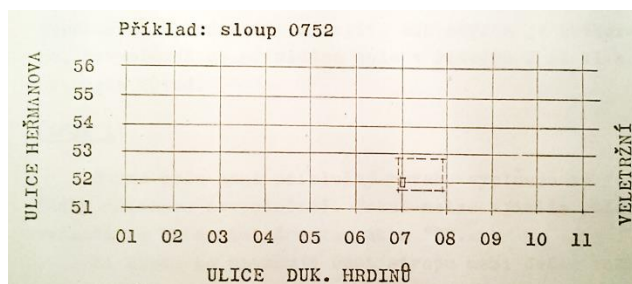
Vizuální prohlídku provádělo celkem 27 inženýrů z výše uvedených organizací. Budova byla rozdělena na čtyři přibližně stejně velké části a každá organizace tedy prováděla průzkum jedné z těchto částí (obr. 6). [5]

##### 4.1.1. Metodika vizuální prohlídky



Obrázek 6: Schéma konstrukce a rozdělení konstrukce na sekce [5]

Při vizuální prohlídce byla využita jistá pravidelnost konstrukce. Konstrukce byla pro potřeby prohlídky rozdělena na tzv. sekce, kde každá z nich byla tvořena sloupem, příčným průvlakem, podélným průvlakem, trámy a stropní deskou (obr. 6). Každá sekce měla jednoznačně přiřazené 3 souřadnice podle polohy budově. První číslo značilo podlaží a další dvě dvojčíslí označovaly polohu ve směru ulice Dukelských hrdinů a ve směru Heřmanovy ulice (obr. 7). [5]



Obrázek 7: Označení podle polohy v budově [5]

Pro záznam stavu jednotlivých sekcí, resp. prvků, byly sestaveny formuláře, kde byly hodnoceny základní znaky poškození konstrukce doplněné o případné poznámky hodnotitele (obr. 8). Aby bylo dosaženo co největší objektivity při hodnocení stavu prvků, Stavební ústav vypracoval pokyny, kterými se všichni hodnotitelé měli řídit. Podle těchto pokynů byl každý znak ve formuláři hodnocen čísly 0 – 4. [5]

Mezi tyto znaky patřilo:

- odpadlá omítka, resp. spadlý pohled  
Tento znak byl hodnocen pouze u desky příslušné sekce. Hodnotitel procentuálně vyjádřil plochu odpadlé omítky, resp. pohledu.
- změna barvy betonu požárem na ploše  
Hodnotitel procentuálně vyjádřil plochu betonu, který důsledkem požáru změnil barvu do růžova až červena. Znečištění povrchu kouřem nebylo považováno za barevnou změnu.
- změna barvy betonu do hloubky  
Hodnotitel zjišťoval hloubku dosahu změny barvy betonu na plochách, které byly vyhodnoceny jako zbarvené vlivem požáru. Tato hloubka byla zjišťována malými sondami na hranách prvků.
- odprýskání krycí vrstva nosné výztuže  
Hodnotitel procentuálně vyjádřil plochu odprýsknuté krycí vrstvy.
- svislé a šikmé trhliny  
Pokud byly na prvku nalezeny nějaké trhliny, bylo určováno, zda se jedná o trhliny staticky významné nebo nevýznamné. Jako staticky nevýznamné byly hodnoceny jemné trhliny, které nijak nenarušovaly statickou funkci prvku a kromě vzhledové úpravy nevyžadovaly opravu. Staticky významné trhliny naopak nějakým způsobem narušovaly statickou funkci prvku a vyžadovali nutnou sanaci.
- vybočení nosné výztuže
- stav dilatace



- rozdrcení betonu

Hodnotitel určoval, zda je beton na prvku rozdrčen v účinné části průřezu. Když k rozdrčení došlo, bylo určeno, zda se tak stalo na jednom nebo více místech. Za rozdrčení betonu se nepovažovalo rozdrčení krycí vrstvy.

- subjektivní dojem hodnotitele

Zde hodnotitel podle svého subjektivního dojmu určil, zda prvek potřebuje pouze vzhledovou úpravu (oprava krycí vrstvy, omítnutí,...), rekonstrukci (reparování poškozených částí konstrukce v původních rozměrech) nebo zesílení. Tento znak lze brát pouze jako doplňující informaci, která však sehrála svojí roli při pozdějším vyhodnocení.

Údaje o každé sekci byly zaznamenány vždy na jeden formulář a následně byly pro vyhodnocení přeneseny na děrné štítky, aby bylo možné provést vyhodnocení pomocí počítače.

[5]

|          |   | ZAPSAL : |                     |                 |                 |                 | PATRO | POLE  |                    |                   |      |       |
|----------|---|----------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|--------------------|-------------------|------|-------|
|          |   | DATUM:   |                     |                 |                 |                 |       |       |                    |                   |      |       |
| POZNÁMKA | ZNAK  | 0        | 1                   | 2               | 3               | 4               | ŘÁDEK | SLOUP | PRŮVLAK<br>PODÉLNÝ | PRŮVLAK<br>PŘÍČNÝ | TRÁM | DESKA |
|          | POČET PRVKŮ                                   | 0        | 1                   | 2               | 3               | ≥4              | 1     |       |                    |                   |      |       |
|          | ODPADLÁ OMÍTKA (ODKLAD) BETONU, SPADLÝ POHLED | 0 %      | < 25 %              | < 50 %          | < 75 %          | ≥ 100 %         | 2     |       |                    |                   |      |       |
|          | ZMĚNA BARVY BETONU POŽÁREM NA PLOŠE           | 0 %      | < 25 %              | < 50 %          | < 75 %          | ≥ 100 %         | 3     |       |                    |                   |      |       |
|          | ZMĚNA BARVY BETONU DO HLoubKY                 | 0        | < 1 cm              | 1 - 5 cm        | > 5 cm          | Nežte odhadnout | 4     |       |                    |                   |      |       |
|          | ODPRŮSKÁNÍ KRYCÍ Vrstvy NOSNÉ VŮZTUŽE         | 0 %      | < 25 %              | < 50 %          | < 75 %          | ≥ 100 %         | 5     |       |                    |                   |      |       |
|          | Svislé TRHLINY                                | ne       | staticky nevýznamná | významná        |                 |                 | 6     |       |                    |                   |      |       |
|          | Šikmé TRHLINY - u DESEK odTRŽENÍ od TRÁMU     | ne       | ano                 |                 |                 |                 | 7     |       |                    |                   |      |       |
|          | NOSNÁ VŮZTUŽ VYBOČILA                         | ne       | ano                 |                 |                 |                 | 8     |       |                    |                   |      |       |
|          | BETON ROZDRČEN                                | ne       | v jednom místě      | ve více místech |                 |                 | 9     |       |                    |                   |      |       |
|          | DILATACE                                      | není     | nepoškozená         | poškozená slabě | poškozená silně |                 | 10    |       |                    |                   |      |       |
|          | PRVEK VYZADUJE                                | 0        | opravu vzhledovou   | rekonstrukci    | zesílení        |                 | 11    |       |                    |                   |      |       |

Obrázek 8: Příklad formuláře na hodnocení základních znaků poškození konstrukce [5]

#### 4.1.2. Postup vyhodnocení vizuální prohlídky

Jak již bylo řečeno, při zpracování bylo využito samočinného počítače. Celkem bylo nashromážděno 100 tisíc údajů zaznamenaných na 1800 děrných štítcích, které dohromady zachycovaly stav konstrukce jako celku. [5]

V první části vyhodnocení byl vytvořen podle znaků z popisných formulářů celkový přehled stavu všech částí konstrukce. V druhé fázi byla hodnocena statická způsobilost nosných prvků na základě znaků z popisných formulářů. Statickou způsobilostí nosného prvku rozumíme potřebu opravy prvku, aby dále mohl plnit svoji statickou funkci. U prvků bylo stanoveno, zda vyžadují malou, střední nebo velkou opravu. [5]



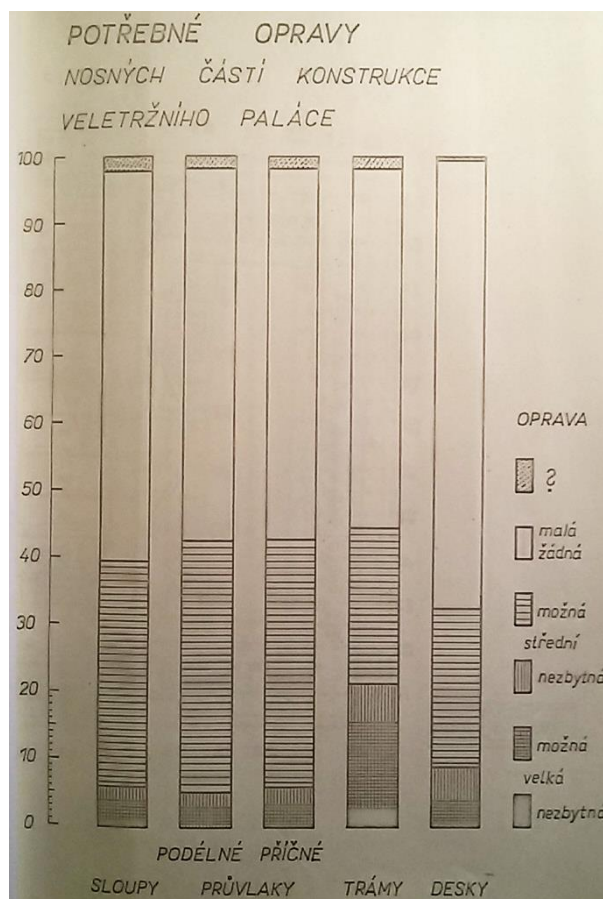
### 4.1.3. Závěry vizuální prohlídky

Na základě celkového vyhodnocení stavu všech nosných prvků bylo prokázáno, že by bylo výhodnější budovu veletržního paláce zachovat, resp. opravit, než ji určit k demolici a postavit budovu novou. Bylo tak rozhodnuto na základě příznivého počtu prvků, které nepotřebují žádnou opravu (cca 55% sloupů, trámů a průvlaků; 67% desek) a relativně malého počtu prvků, které vyžadují velkou opravu (cca 4% sloupů, průvlaků a desek; 15% trámů). [5]

Relativně nízký stupeň poškození lze vysvětlit několika příznivými faktory, které při požáru nastaly:

- vyšší teplota neměla významnější vliv na pevnostní charakteristiky použité betonářské výztuže nosných prvků
- nedošlo k narušení ohřátého betonu hašením vodou
- pro masivní nosné prvky (sloupy, průvlaky) nebyl průběh teplot při požáru natolik nebezpečný, aby došlo k výraznějšímu poškození
- štíhlé prvky (desky, trámy) nebyly naplno požárem zasaženy díky zavěšenému rákosovému podhledu

Na obr.10 je znázorněn grafický přehled objemu potřebných oprav nosných prvků. [5]



Obrázek 10: Grafický přehled objemu oprav [5]

Experimentální metody jsou nezbytnou součástí každé diagnostiky. Avšak při rozsahu konstrukce, jakou je Veletržní palác, nelze založit celou diagnostiku pouze na experimentálních metodách. V tomto případě sloužily spíše k doplnění informací o použitých materiálech při

stavbě. Tyto parametry byly odhadnuty několika zkouškami na požárem nezasažených částech konstrukci. Na základě těchto zkoušek byla zjištěna relativně nízká hodnota pevnosti použitého betonu a výztuže. [5]

## 5. Oprava následků požáru

Opravou byl pověřen Stavoprojekt Liberec a stavební firma Budimex z Polska, která měla dostatek pracovníků pro velké množství ručních prací, tzv. reprofilací jednotlivých částí. [2,3]

V rámci prací byly prováděny jádrové vývrty (obr.11) téměř 150, které sloužili ke zjištění pevnosti v tlaku, případně ke zjištění obsahu chloridů nebo stupně karbonatice. Hodnoty válcové pevnosti betonu v tlaku zasaženého požárem se pohybovaly okolo 12 MPa (podle tehdy platné ČSN 73 2001-70 B 170, dnešní C 12/15). [2,3]

Dále byly prováděny zkoušky oceli, které prokázaly, že při stavbě byla použita betonářská ocel tzv. obchodní jakosti (dřívější označení). Pro potřeby rekonstrukce byly uvažovány charakteristiky oceli označované podle tehdejších norem 10210. Tloušťka krycí vrstvy a poloha výztuže v prvku byla zjišťována lokálními sondami. V některých případech bylo použito gamagrafické prozáření prvku, které umožnilo plošně zjistit obsah a polohu výztuže prvku (obr. 11). Zejména bylo této technologii využito u smykové výztuže. [3]

Další zkoušky byly prováděny na základě požadavků projektantů, kteří měli na starosti projektování oprav a jejich realizaci. Tato spolupráce byla pro úspěšnost rekonstrukce zcela nezbytná. [3, 5]

V některých částech konstrukce bylo nutno poškozený prvek vybourat, pokud možno bez poškození výztuže a znovu vybetonovat. Pro zvýšení únosnosti se konstrukce zesilovala přidáním výztuže nebo nadbetonováním. [2,3]

Bylo provedeno i několik zatěžovacích zkoušek na opravených nebo zesílených prvcích, aby projektanti dostali zpětnou vazbu o úspěšnosti oprav. Většina zatěžovacích zkoušek provedených při rekonstrukci byla provedena in-situ, ale došlo i na zatěžovací zkoušky v laboratořích, kdy byl určený prvek vyjmut z konstrukce a zkoušen až do jeho selhání. [3]

Oprava takto rozsáhlé nosné konstrukce byla náročná na projektovou činnost i na provedení vlastní stavby. Ačkoliv byl posudek opřen hlavně na zkušenostech a inženýrským úsudku, nedošlo podle dostupných informací k žádnému selhání žádné nosné konstrukce. [2,3]



Obrázek 11: Jádrové vrtý a gama grafické prozáření prvku [3]

## 6. Jiné metody pro zjišťování charakteristik materiálů [6]

### Stanovení pevnosti betonu v tlaku

- Tvrdoměrné špičkové metody – špičák se definovaným způsobem zarazí pod povrch zkušebního tělesa
- Metody místního porušení – ocelový prvek zabetonovaný do povrchu konstrukce se vtrhává hydraulickou aparaturou a měří se síla na vytržení
- Ultrazuková metoda – charakteristiky i jiné než pevnost, se zjistí na základě době průchodu ultrazukového impulsu.
- Odrazové metody = metoda Schmidtova tvrdoměru
- Stanovení z jádrových vrtů (použito u Veletržního paláce)

### Stanovení míry degradace betonu

- Chemickým rozborem dle normy ČSN 72 0100.
- Vzorky jsou obvykle podrobeny rentgenové difrakční analýze a diferenční termické analýze.

### Stanovení vlastností výztuže

- Po odkrytí výztuže – dle tvaru jejího povrchu a průměru výztuže
- Odběrem a následným zkoušením v tahu

### Poloha výztuže

- Gama grafické prozáření (použito u Veletržního paláce)

# Seznam obrázku

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1: Veletržní palác [4].....   | 3  |
| Obrázek 2: Půdorys Veletržního paláce [3].....                                      | 4  |
| Obrázek 3: Malá dvorana a Velká dvorana [3] .....                                   | 4  |
| Obrázek 4: Požár Veletržního paláce [2].....  | 5  |
| Obrázek 5: poškození v místě pracovních spár a poškození v místě dilatací [3] ..... | 6  |
| Obrázek 6: Schéma konstrukce a rozdělení konstrukce na sekce [5].....               | 7  |
| Obrázek 7: Označení podle polohy v budově [5].....                                  | 8  |
| Obrázek 8: Příklad formuláře na hodnocení základních znaků poškození konstrukce [5] | 9  |
| Obrázek 9: tabulka na přisouzení příslušné kategorie oprav [5].....                 | 10 |
| Obrázek 10: Grafický přehled objemu oprav [5] .....                                 | 11 |
| Obrázek 11: Jádrové vrty a gamagrafické prozáření prvku [3] .....                   | 13 |

## Zdroje

- [1] 1974: Po příjezdu bylo jasné, že je zle; Veletržní palác hořel a plameny se nekontrolovatelně šířily | POŽÁRY.cz - ohnisko žhavých zpráv | hasiči aktuálně. *POŽÁRY.cz - ohnisko žhavých zpráv | hasiči aktuálně* [online]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/1954-1974-po-prijezdu-bylo-jasne-ze-je-zle-veletrzni-palac-horel-a-plameny-se-nekontrolovatelne-sirily/>
- [2] Posouzení stavu nosných konstrukcí po požáru Veletržního paláce. *Tzb-info* [online]. Praha: tzb-info, 2016 [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/historicke-stavby/13897-posouzeni-stavu-nosnych-konstrukci-po-pozaru-veletrzniho-palace>
- [3] Architektura bez kompromisů - historie Veletržního paláce. *Beton*. 2014, (3), 8.
- [4] SYROTIUKOVÁ, Tereza. *Přehled vybraných požárů budov v České republice se zaměřením na analýzu chování nosných konstrukcí*. Praha, 2012. Bakalářská práce (Bc.). České vysoké učení technické, fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí.
- [5] KRCHOV, Jiří, BOUŠKA, Petr. *Metodika a výsledky zjišťování škod na konstrukci Veletržního paláce způsobených požárem*. Praha.1975
- [6] ROZSYPALOVÁ, Iva. *Stavebně technický průzkum objektu poškozeného požárem* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební, 2015 [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/37795>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Petr Daněk.