

133BK01

BETONOVÉ A ZDĚNÉ KONSTRUKCE

133BZKQ

BETONOVÉ A ZDĚNÉ KONSTRUKCE Q

Jitka VAŠKOVÁ B734

konzultace: **č**tvrtek 13:30-15:30

e-mail: [jitka.vaskova@fsv.cvut.cz](mailto:jitka.vaskova@fsv.cvut.cz)

www: <http://people.fsv.cvut.cz/www/vaskova/>

Petr BÍLÝ B731

konzultace: **č**tvrtek 16:00 – 16:45

e-mail: [petr.bily@fsv.cvut.cz](mailto:petr.bily@fsv.cvut.cz)

www: <http://people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1/>

- Obsah přednášek a cvičení
 

3 + 2	BK01 (betonové konstrukce)
3 + 3	BZKQ (+ zděné k. ve cvičení)
- Návaznosti:
  - 133NNKB povinná !
  - předměty K132: SM, PRPE
  - předměty K124: PSI 1 a PSI 2
- Harmonogram výuky
- Pravidla pro uzavření zápočtu, zkoušky – TESTY

Týden datum předn.	Přednášky: <b>Čtvrtek 8:00 – 10:40 B286</b>	Cvičení: <b>BK01 – úterý a středa dle rozvrhu</b> <b>BZKQ – pondělí 14:00-15:40</b>
1 22.9.	<u>Úvod</u> <u>Postup navrhování BK</u> - výpočetní modely a metody (lineární analýza, redistribuce, plasticita)	Úkol 1 <u>ŽB rám</u> - předběžný návrh rozměrů (tloušťka desky, průřezy příčlí a sloupů), krytí
2 29.9.	<u>ŽB rámy</u> – typy, zatížení předběžný návrh, zjednodušené výpočty, vyztužování rámu, doplnění navrhování výztuže příčlí: ohyb, smyk, kotvení výztuže	Úkol 1 – konzultace předb.návrhu (nutná před výpočtem vnitřních sil rámu), zatěžovací stavy, výpočet účinků zatížení (M,N,V), kontrola vnitřních sil (porovnání s předb. návrhem) <b>St 28.9. odpadá (státní svátek), posun programu cvičení</b>
3 6.10.	<u>ŽB rámy</u> – kroucení, navrhování sloupů vč. vlivu štíhlosti <u>ŽB desky</u> – úvod, desky jednosměrně pruté	Úkol 1 - schéma výztuže respektující obálku momentů (tvary a délky prutů, ne návrh plochy a profilů), vyztužení zadaného sloupu (M+N, vliv štíhlosti) a výkres výztuže sloupu
4 13.10.	<u>ŽB desky po obvodě nepoddajně podepřené</u> – statické působení, výpočet vnitřních sil, vyztužení, vliv prostupů, zatížení podpor	Úkol 2 - <u>Deska po obvodě podepřená</u> – výpočet momentů, zatížení podpor, rezerva
5 20.10.	<b>Test 1</b> <u>ŽB desky lokálně podepřené</u> – geometrie, statické působení, protlačení	Úkol 3 - <u>Deska lokálně podepřená</u> – předběžný návrh, protlačení
6 27.10.	<u>ŽB desky lokálně podepřené</u> - výpočet ohyb.momentů, zjednodušené metody výpočtu, vyztužení	Úkol 3 - výpočet M, návrh výztuže na ohyb, skica vyztužení
7 3.11.	<u>ŽB schodiště</u> – typy, navrhování, vyztužení, vlivy akustických požadavků a postupu provádění na statické působení a vyztužení	Úkol 3 - Deska lokálně podepřená – návrh výztuže na protlačení, skica
8 10.11.	<u>Vícepodlažní objekty</u> – uspořádání konstrukčních prvků, zatížení <u>Ztužení vícepodlažních objektů</u> , návrh a vyztužení ŽB ztužujících stěn	Úkol 4 - <u>Schodiště</u> – návrh geometrie, předběžný návrh, skica tvaru
9 17.11.	<b>Přednáška odpadá – státní svátek</b>	Úkol 4 - konzultace tvaru schodiště (nutná před výpočtem), výpočet vnitřních sil <b>Po 14.11. a Út 15.11. odpadá (výuka jako v Pá), posun programu cvičení</b>
10 24.11.	<u>Výkresy tvaru</u> – pravidla a pokyny pro cvičení <u>Betonové základy</u> – základové patky z prostého betonu a ŽB	Úkol 4 - konzultace vnitřních sil, návrh vyztužení a doplňkových prvků (vylamovací lišty, akustické prvky)
11 1.12.	<b>Test 2</b> <u>Betonové základy</u> - základové pásy, desky a další typy, vyztužení zhlaví pilot	Úkol 5 – <u>Výkres tvaru</u> části podlaží se schodištěm
12 8.12.	<u>ŽB suterénní a opěrné stěny</u> – typy, zatížení, navrhování, vyztužení	Úkol 6 - <u>Základové patky</u> (prostý beton a železobeton) – výpočet, výkresy tvaru a výztuže základových patek
13 15.12.	<u>Stěnové nosníky</u> - navrhování, vyztužení <u>Vícepodlažní budovy</u> - souhrn	Rezerva - konzultace, zápočty

## Pravidla uzavření předmětu:

### zápočet:

- docházka na cvičení - platí i pro případ distanční výuky (v případě absencí nutná včasná domluva)
- splněné konzultace a odevzdané úlohy v termínech daných cvičícím; pokud cvičící nestanoví jinak, je nutno každý zadaný dílčí úkol konzultovat na následujícím cvičení po zadání a kompletní úkol odevzdat ve finální formě do dvou cvičení od zadání poslední části
- v předmětu BZKQ splněný test z části ZK (započítává se do hodnocení zkoušky)
- z části BK splněné body z testů na přednášce (v distanční výuce v Moodle) - min 50% z 20 bodů, na konci semestru nebo začátkem zkouškového bude vypsán opravný test nahrazující oba semestrální testy

### zkouška:

- podmínky účasti na zkoušce: zápočet v KOSu a splnění zkoušky z předmětu 133NNKB
- zkouška písemná, cca 2,5 hodiny: test + vyztužování (= skica pro 2 zadané prvky) + příklady, celkem max. 80bodů + max.20 bodů ze semestrálních testů
- z každé dílčí části písemné zkoušky je nutné získat min 40% bodů,
- celkem nutné získat min. 50% ze 100, tj. min. 50 bodů
- v předmětu BZKQ se započítává i výsledek testu z části ZK (max. 12 bodů), celkový součet bodů se pak přepočítává  $\times 100/112$
- ke zkoušce s sebou cvičení z BK pro případné ústní dozkoušení, nikoliv jako pomůcka pro písemku

Pozn.: za aktivitu na přednáškách a ve cvičení je možné získat bonusové body (max. 5 bodů), započítává se do součtu bodů v hodnocení zkoušky

# Literatura



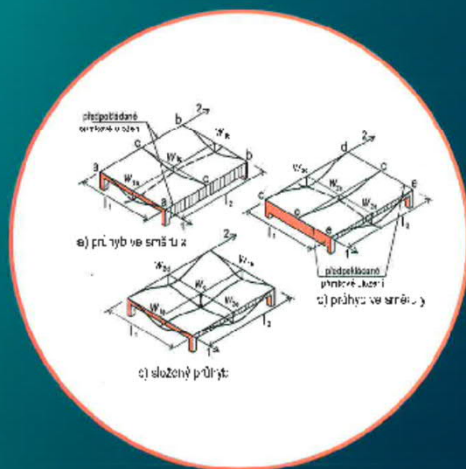
**ČVUT**

ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

## NAVRHOVÁNÍ ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

### Příklady a postupy

prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.  
prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.  
doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.



FAKULTA  
STAVEBNÍ  
ČVUT V PRAZE



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta stavební

## NAVRHOVÁNÍ ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

### Příklady a postupy

starší vydání

prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.  
prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.  
doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.



**ČVUT**

ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

## BETONOVÉ STROPNÍ A SCHODIŠŤOVÉ KONSTRUKCE

prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.  
Ing. Jiří Šmejkal, CSc.



FAKULTA  
STAVEBNÍ  
ČVUT V PRAZE



**ČVUT**

ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

## BETONOVÉ ZÁKLADOVÉ A OPĚRNÉ KONSTRUKCE

prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.  
Ing. Jiří Šmejkal, CSc.



FAKULTA  
STAVEBNÍ  
ČVUT V PRAZE





**ČVUT**

ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

## BETONOVÉ VÍCEPDLAŽNÍ A HALOVÉ KONSTRUKCE

prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.  
Ing. Jiří Šmejkal, CSc.



FAKULTA  
STAVEBNÍ  
ČVUT V PRAZE

2. vydání – přepracované, doplněné  
(části jsou obsahem dalších předmětů  
BK02, PSBZ)



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta stavební

## BETONOVÉ A ZDĚNÉ KONSTRUKCE 1

Základy navrhování  
betonových konstrukcí

Ing. Hana Hanzlová, CSc.  
Ing. Jiří Šmejkal, CSc.

## BETONOVÉ A ZDĚNÉ KONSTRUKCE V ARCHITEKTUŘE 1

### Komentované příklady

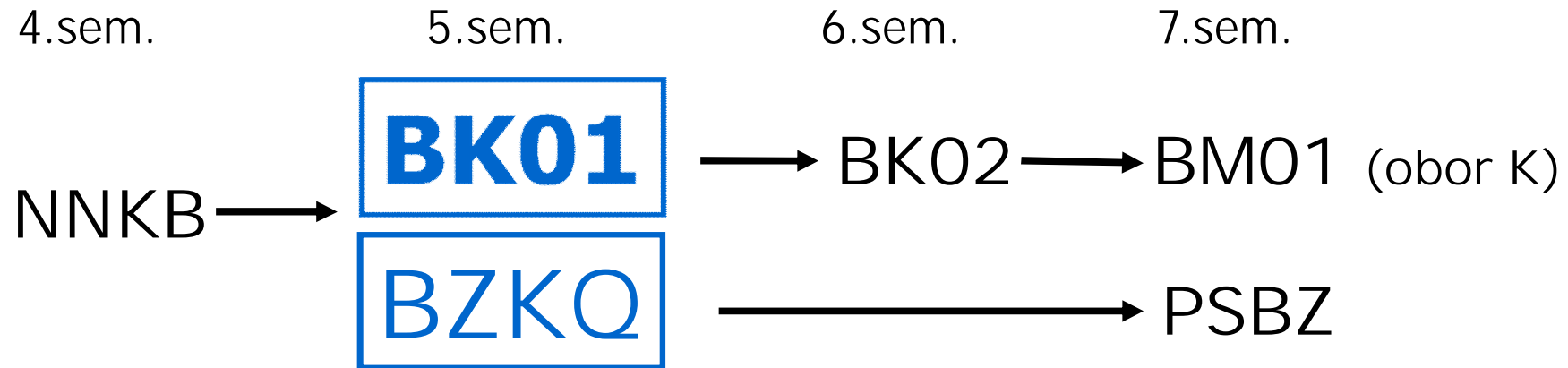
Ing. Lucie Drbohlavová

Ing. Hana Hanzlová, CSc.



ČVUT v Praze  
Fakulta stavební





### ➤ Navrhování BK - proces navrhování

- výpočetní modely, metody
- doplnění postupů navrhování pro jednotlivé případy namáhání (ohyb, smyk, protlačení, kroucení, M+N včetně vlivu štíhlosti)

### ➤ ŽB prvky a části konstrukcí vícepodlažních objektů

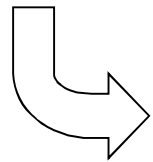
- rámy
- stropní konstrukce
- schodiště
- ztužující prvky
- základy
- suterénní a opěrné stěny
- stěnové nosníky

### ➤ Zděné konstrukce – jen pro BZKQ – v rámci cvičení

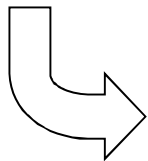
# 1.přednáška

- úvod
- proces navrhování BK
- terminologie – prvky BK
- výpočetní modely
- výpočetní metody
  - lineární analýza
  - omezená redistribuce
  - nelineární analýza
  - plastická analýza

# BETONOVÉ KONSTRUKCE



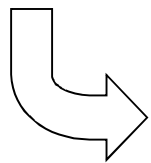
- nevyztužené - prostý beton  
jen výjimečně (např. základové patky a pásy pod stěnami)
- vyztužené – železobeton (ŽB)
- předpjaté – předpjatý beton  
základy navrhování v dalších předmětech (BK02, PSBZ, BM1)



- monolitické
  - montované z prefabrikovaných dílců
  - prefamonolitické (spřažené beton-beton)
- } v dalších předmětech (BK02, PSBZ)

# BETONOVÉ KONSTRUKCE

## PROSTOROVÉ, TUHÉ ?

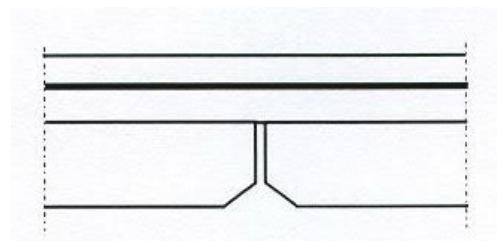
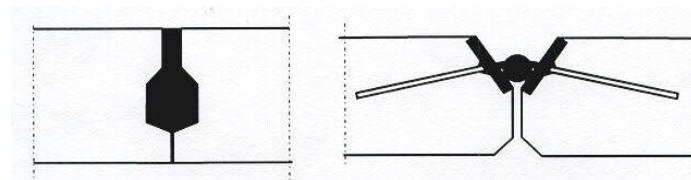


- monolitické ✓

- montované z prefabrikovaných dílců

- prefamolitické  
(spřažené beton-beton)

} závisí na  
provedení  
styků



NAVRHOVÁNÍ BK - výpočet **statický** **čeho?**  
**jak?**

**Týmová práce** - profese – spolupráce  
- statická náročnost  
- budovy x inženýrské  
konstrukce



# NAVRHOVÁNÍ BK

**CÍL** = návrh konstrukčního systému

- prvky, vazby

- průřezy

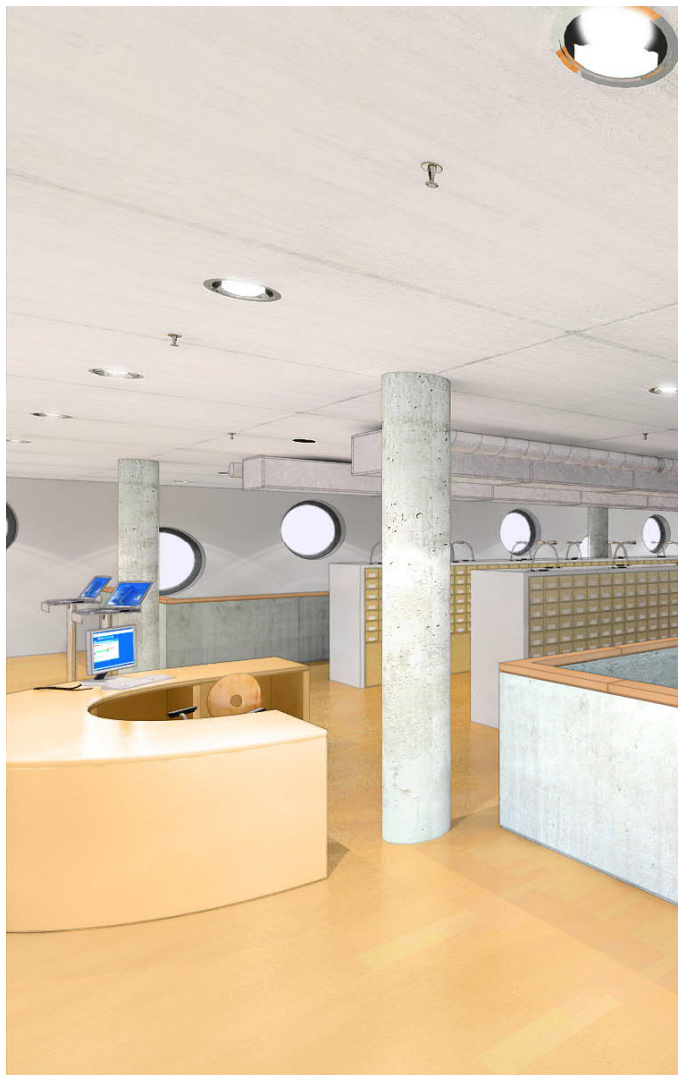
splňujícího požadavky

Efektivita – KONCEPČNÍ NÁVRH

# POŽADAVKY NA BK

- funkce, provoz
- estetika - tvar
  - materiál, povrch
  - detaily
- technologie
- vztah k prostředí (udržitelná výstavba, energetická náročnost, recyklace)
- hospodárnost
- spolehlivost - únosnost
  - použitelnost
  - trvanlivost

- pohledový beton



- Knihovna HK

- probarvený beton



# POŽADAVKY NA BK

- funkce, provoz
- estetika - tvar
  - materiál, povrch
  - detaily
- technologie
- vztah k prostředí (udržitelná výstavba, energetická náročnost, recyklace)
- náklady – výstavba, provoz, odstranění
- hospodárnost
- spolehlivost - únosnost
  - = použitelnost
  - = trvanlivost



# POSTUP NÁVRHU

➤ Požadavky → materiál, tvar, rozpětí atd.

➤ Výpočet

- Tvar, rozměry, podepření
- Výpočetní model
- Zatížení
- Výpočet  $M, N, V, \dots$  (výpočetní metoda)
- ověření rozměrů, návrh výztuže, posouzení (podmínky spolehlivosti)

➤ Výkresová dokumentace

- výkresy tvaru, skladby
- tvar prefabrikátu
- výkresy výztuže, specifikace výztuže

# Výpočetní model

Skutečná konstrukce x idealizace  
(model)

- rozdělení na prvky, části konstrukce
- idealizace geometrie
- okrajové podmínky, spolupůsobení  
částí konstrukce
- idealizace zatížení

# KONSTRUKČNÍ PRVKY BK

- PRUTOVÉ – převažující 1 rozměr - délka
- PLOŠNÉ - 2 rozměry >> tloušťka
- PROSTOROVÉ

Definice prvků dle norem

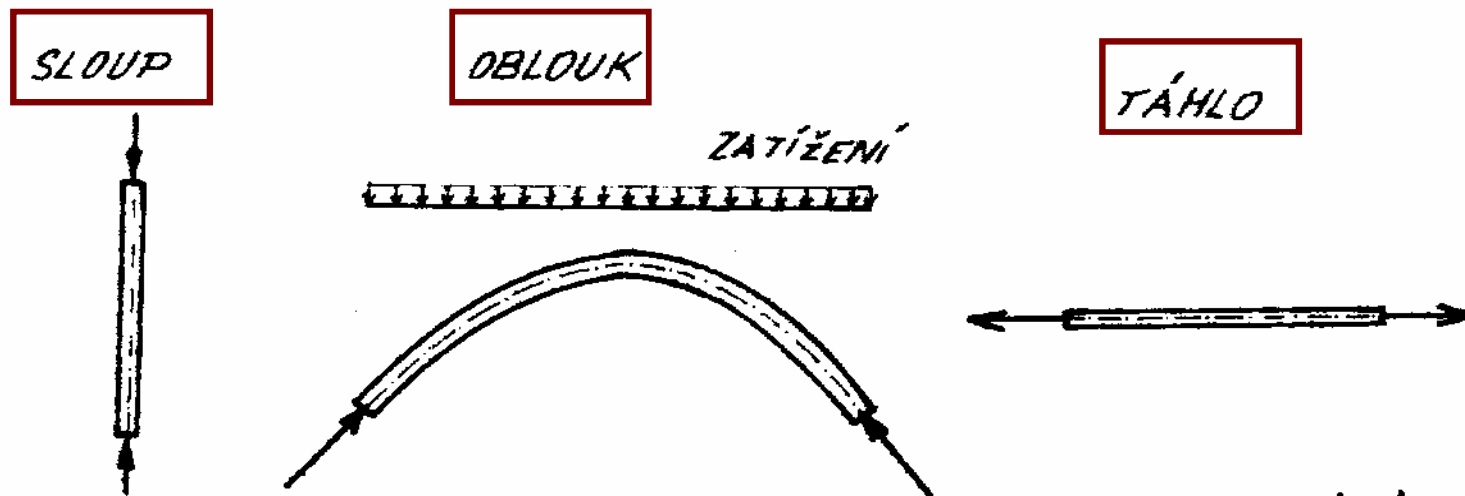
podle vztahů mezi základními rozměry

→ konstrukční zásady

# PRUTOVÉ PRVKY

převážně TLAČENÉ

(tažené)



SLOUP –  $b \leq X \cdot h$  (pokud neplatí → stěna)

$b, h$  ...půdorysné rozměry

hodnotu  $X$  – udává norma

# PRUTOVÉ PRVKY

převážně OHÝBANÉ



NOSNÍK –  $b \leq X \cdot h$  (pokud neplatí → DESKA)

$l \geq Y \cdot h$  (pokud neplatí → STĚN.NOSNÍK)

$b, h$  ...průřezové rozměry     $l$  ...rozpětí

hodnoty  $X, Y$  – udává norma



hodnoty X,Y podle **ČSN EN 1992-1-1**

**TRÁM** rozpětí  $l \geq 3h$ , kde  $h$  je výška průřezu

**SLOUP** výška průřezu  $h \leq 4$  . šířka průřezu  $b$   
délka sloupu  $l \geq 3$  . výška průřezu  $h$

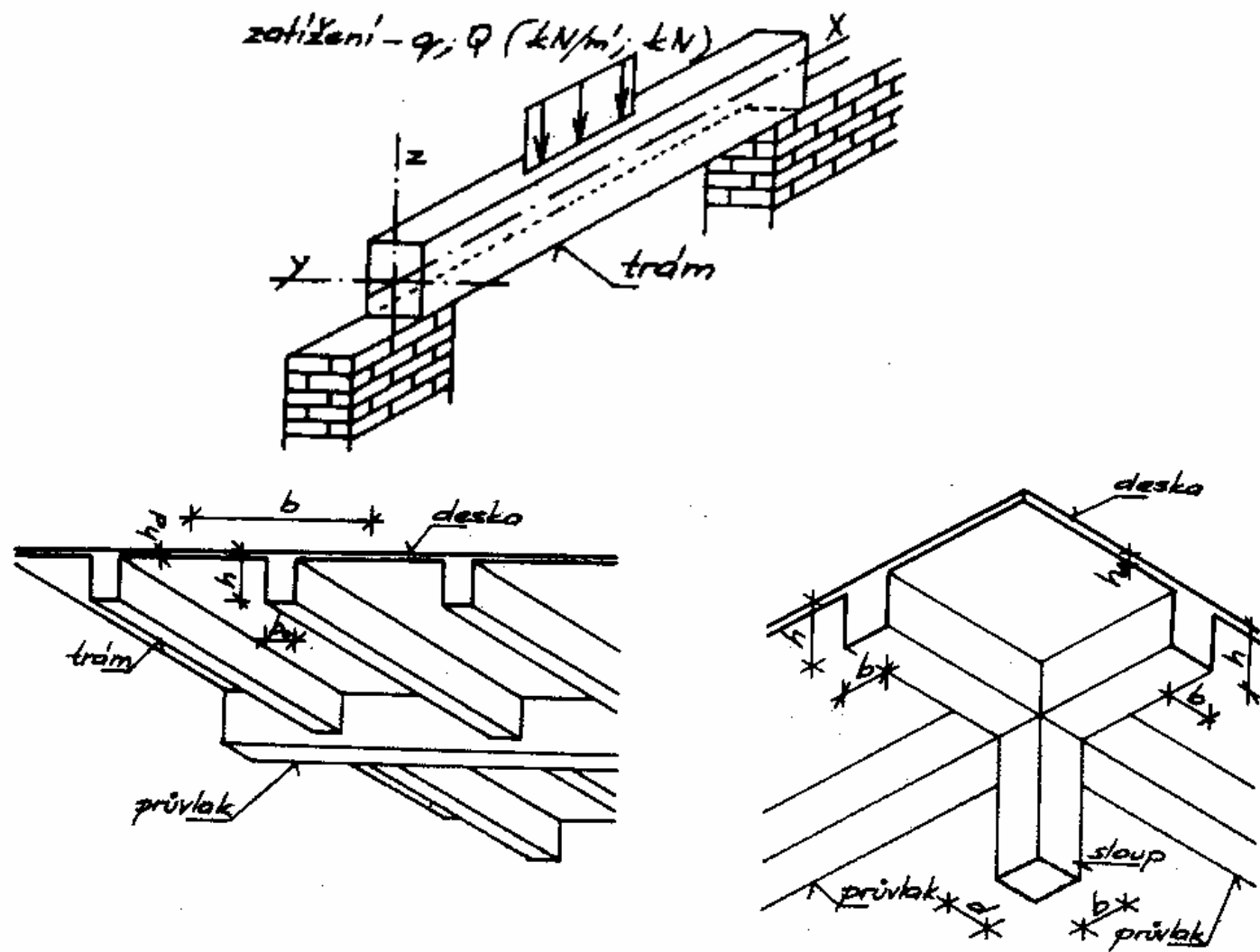
**DESKA** plošné rozměry  $\geq 5$  . tloušťka desky

Nosníková deska:

- rovnoběžné nepodepřené okraje
- střední část desky po obvodě uložené  
rozměrů  $> 2:1$

Žebrová deska a kazetová deska:

v normě geometrické podmínky pro výpočet  
jako plné desky

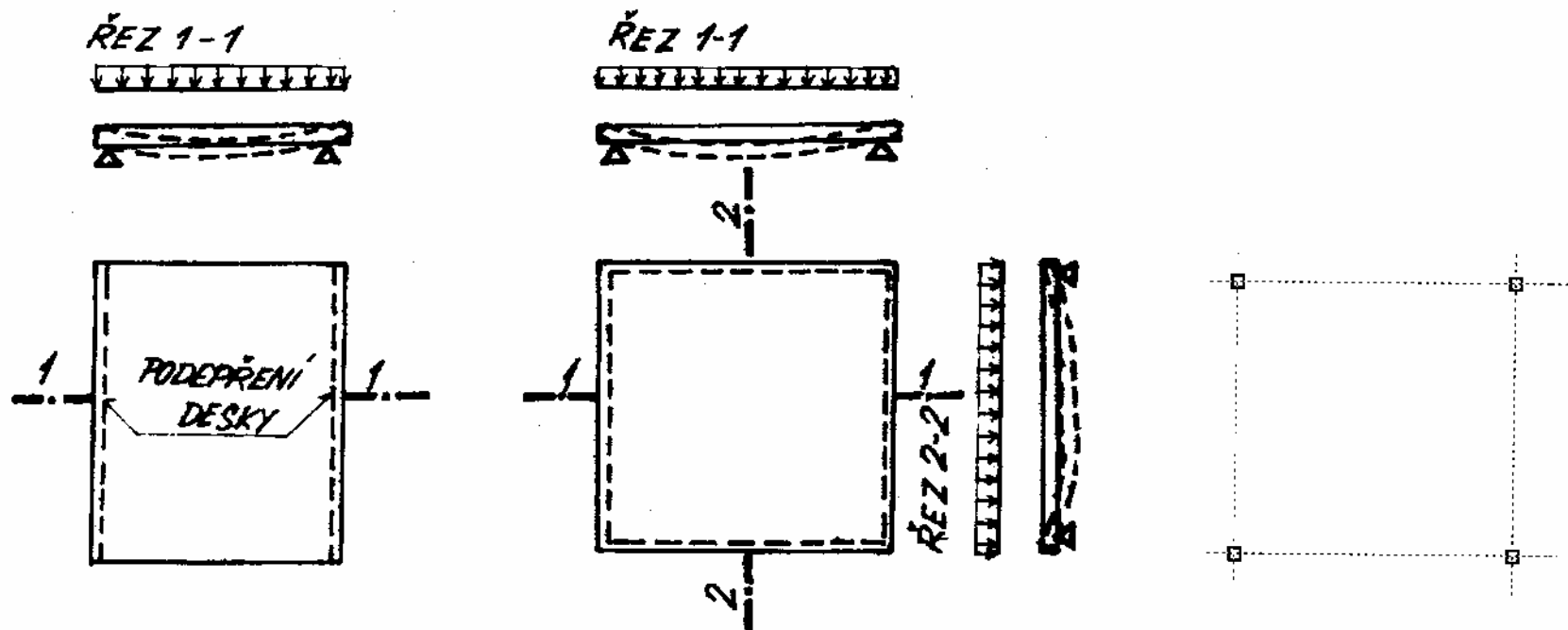


## Základní nosné prvky

# PLOŠNÉ PRVKY

## DESKY

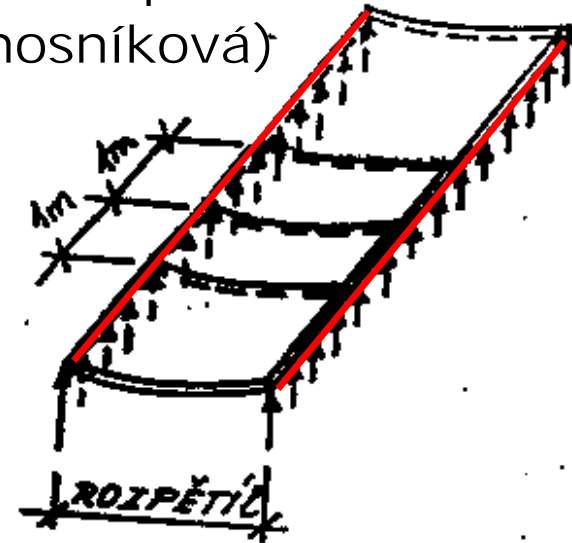
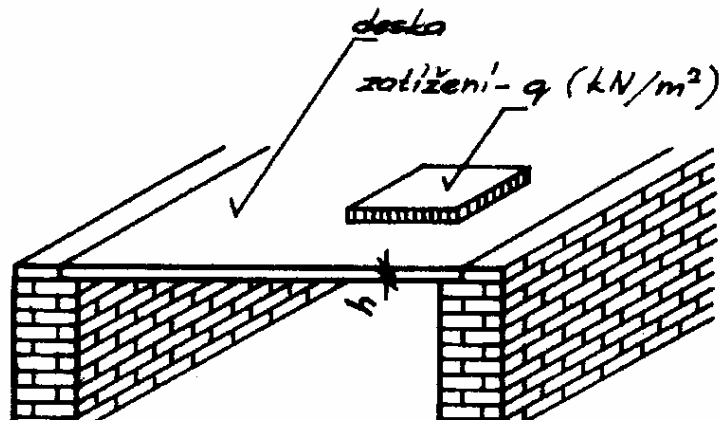
- Zatížení – převládá kolmo na střednicovou rovinu desky
- Namáhání (vnitřní síly) – převládá ohyb (M), dále kroucení, smyk, normálové síly



Deska pnutá v jednom směru

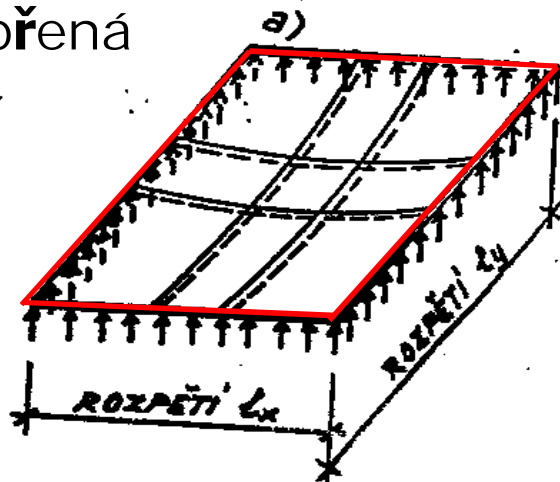
deska pnutá ve dvou směrech

Deska pnutá v 1 směru  
(nosníková)

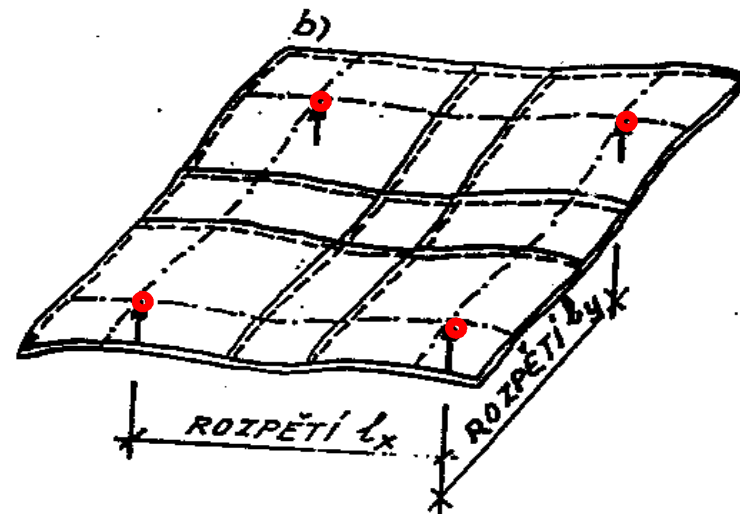


Desky pnuté ve 2 směrech (ve více směrech)

Deska po obvodě nepoddajně  
podepřená

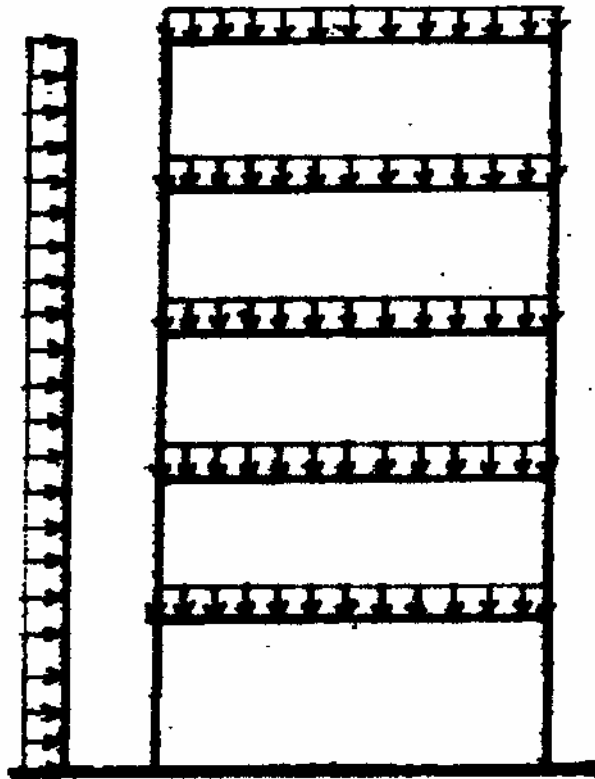


Deska lokálně podepřená

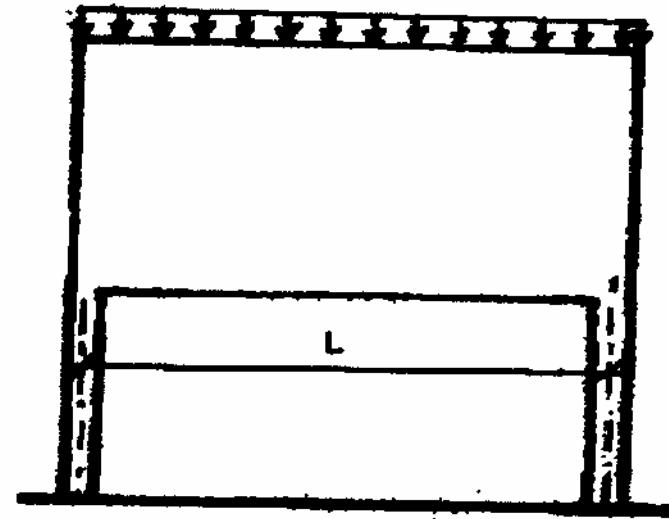


# STĚNY

X Stěnové nosníky

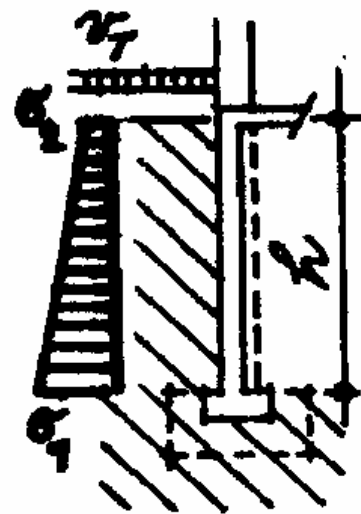
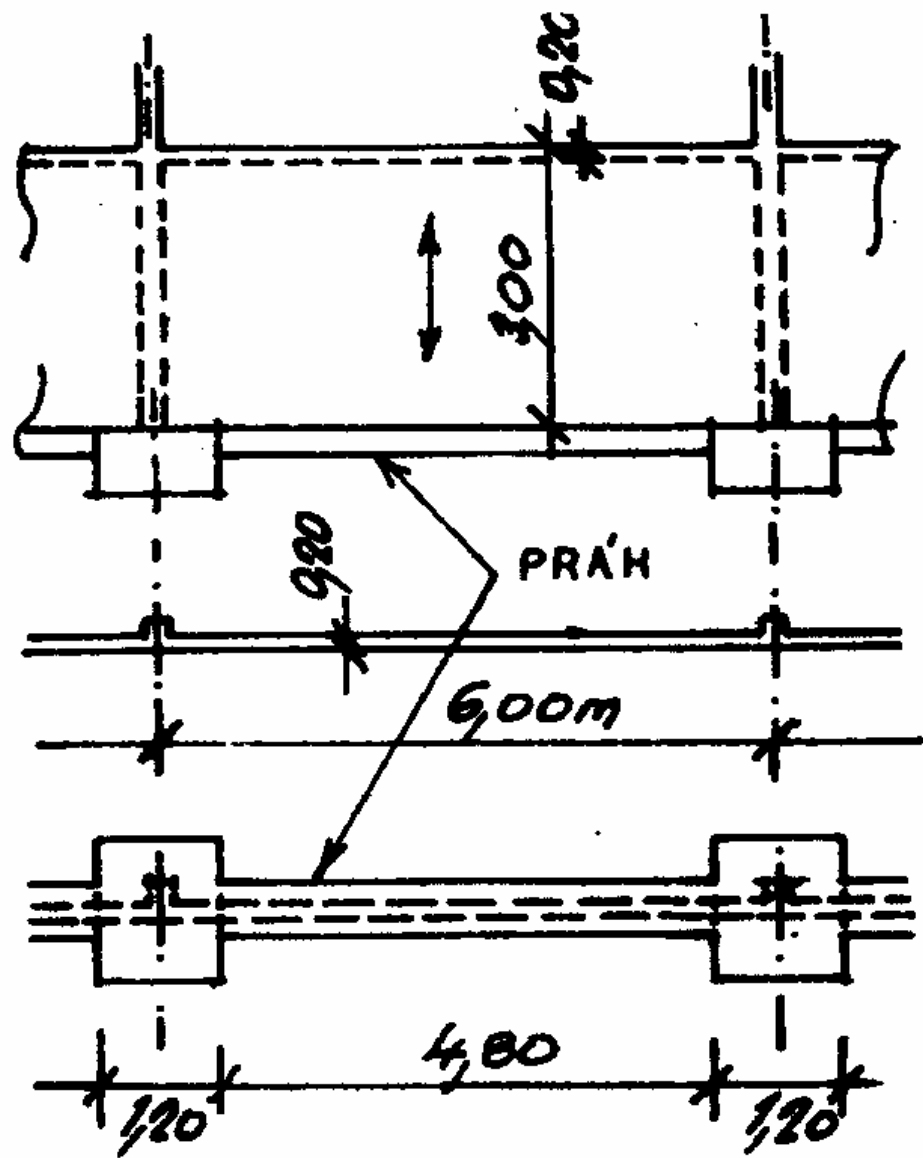


( NOSNÍKOVÁ STĚNA )



- Zatížení – svislé i vodorovné, převládá ve střednicové rovině stěny
- Namáhání (vnitřní síly) – převládá tlak (N), smyk (V),  
dále ohyb vlivem excentricit a štíhlosti

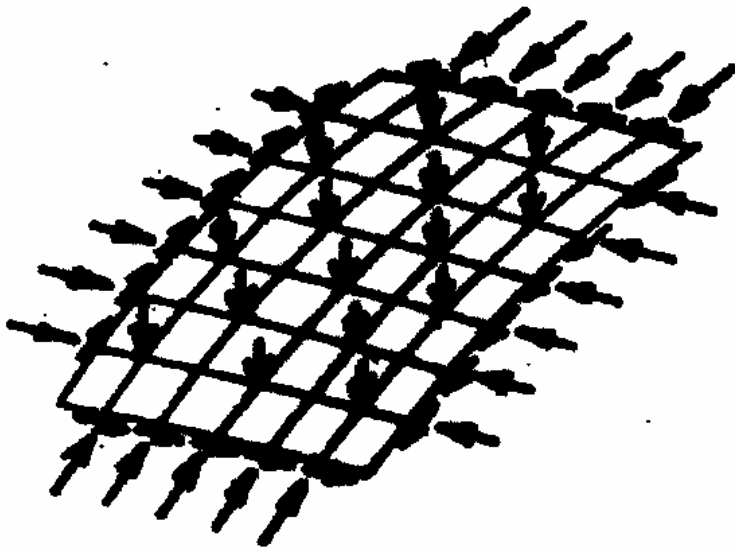




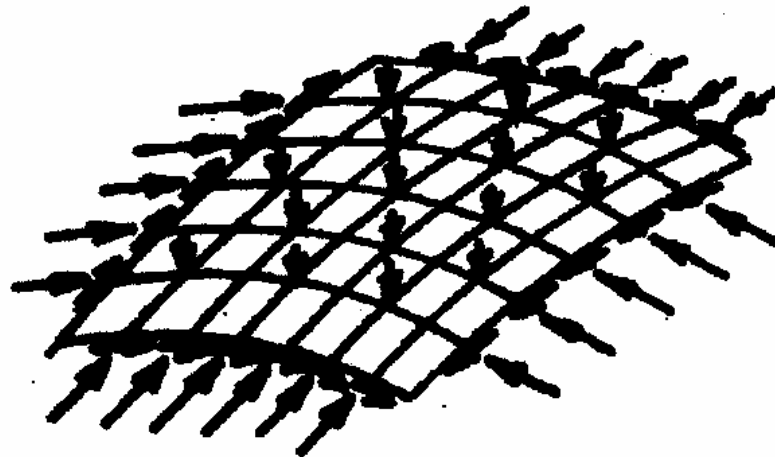
**SUTERÉNNÍ STĚNA**

# SKOŘEPINY

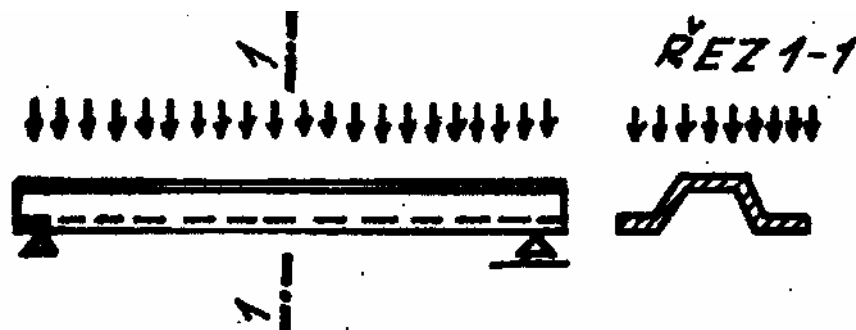
i SKOŘEPINA S JEDNO-  
DUCHOU KŘIVOSTÍ



j SKOŘEPINA S DVOUÍ  
KŘIVOSTÍ  $\kappa > 0$

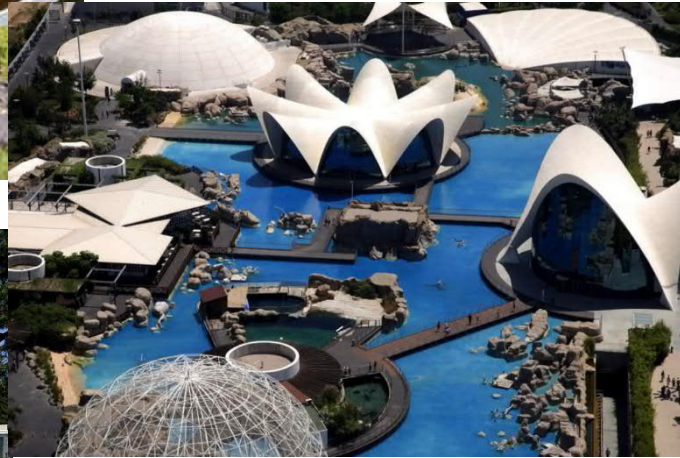


# LOMENICE





ŽB skořepina v Japonsku



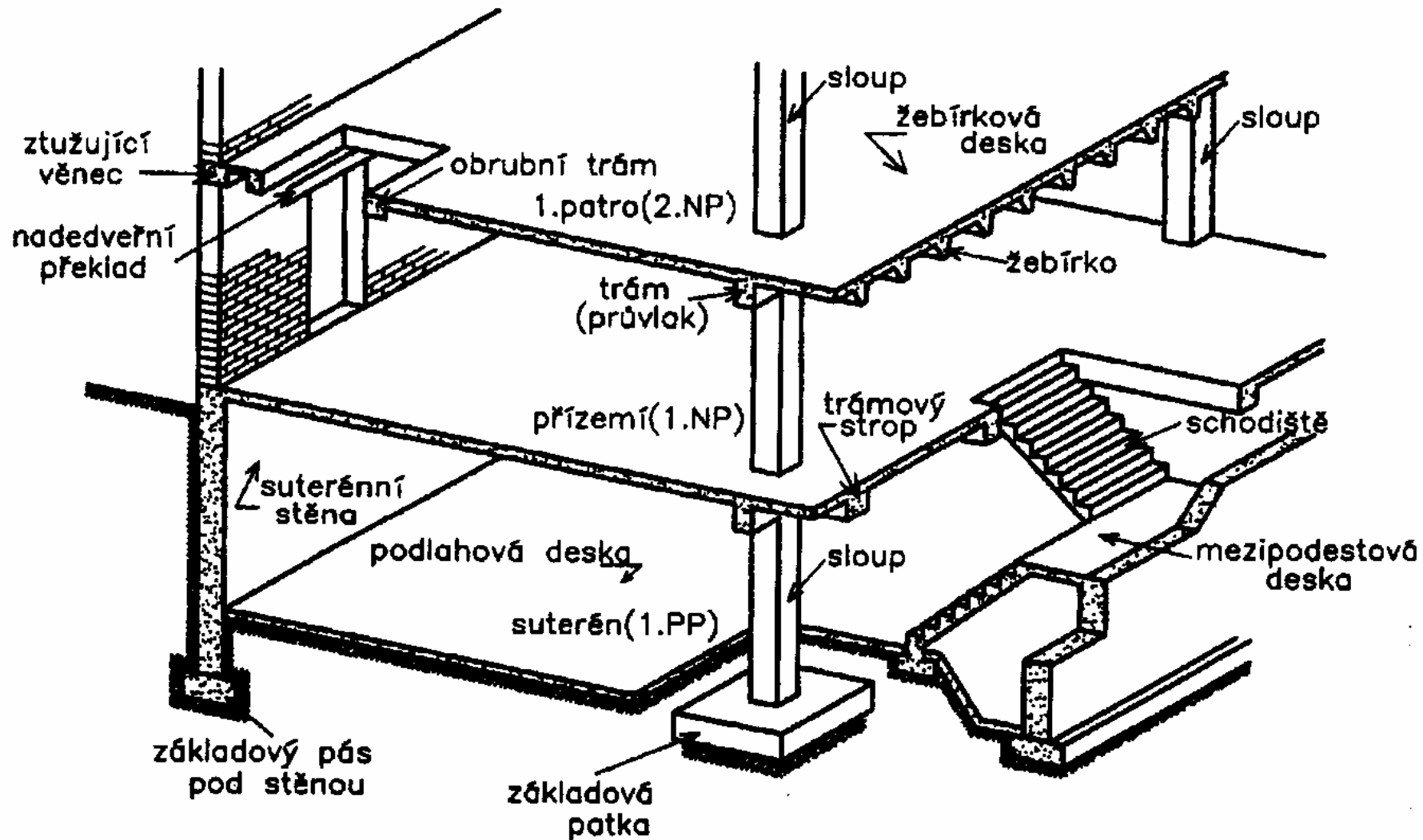
Felix Candela



Heinz Isler

Vozovna v Praze

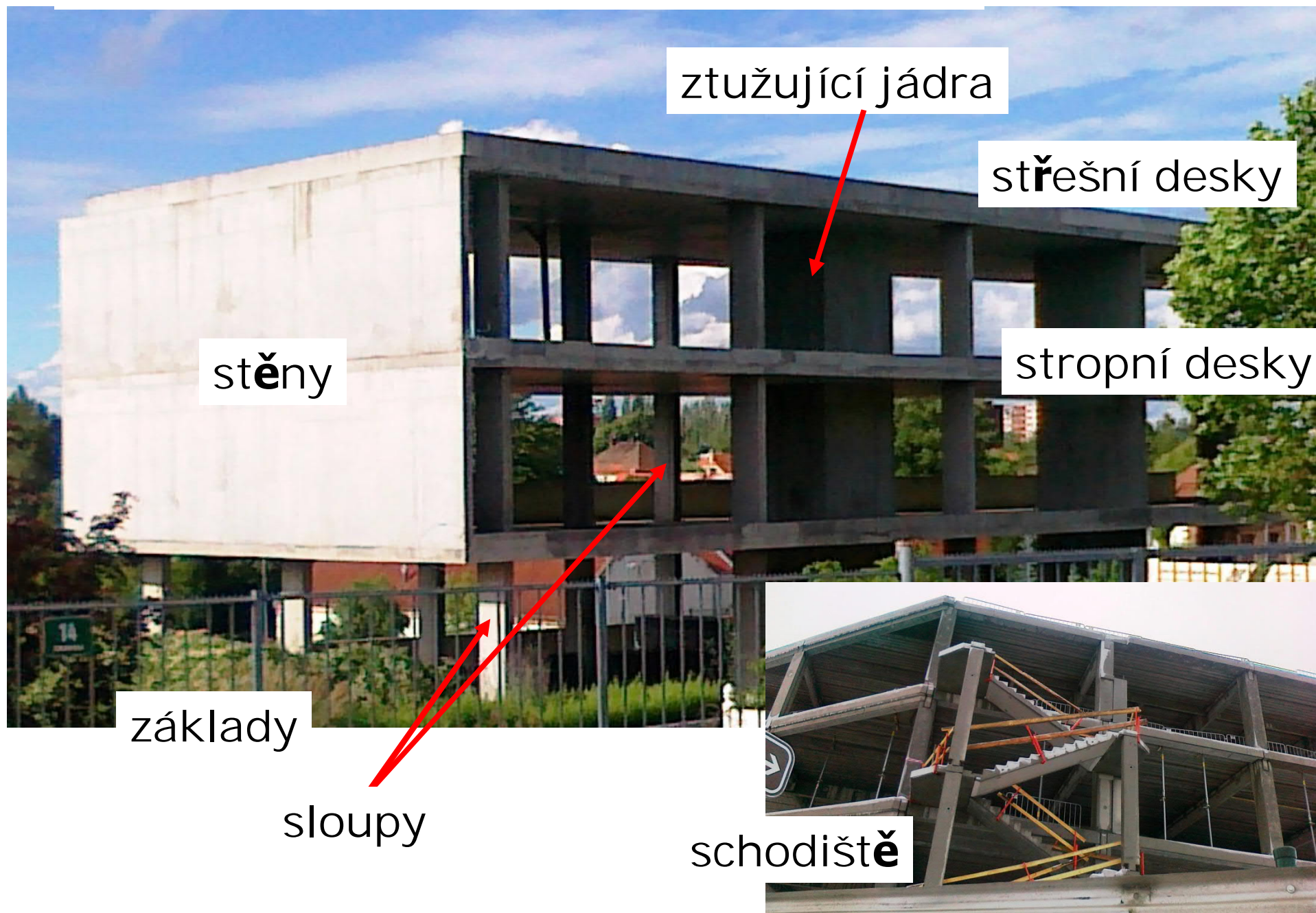




## Železobetonové konstrukční prvky budov



# ŽELEZOBETONOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE



# VOLBA MATERIÁLU

- BETON

pevnostní třída - prostředí

- technologie

- vyztužení (Prostý b., ŽB, Předp.beton)

- specifika vysokopevnostních b. (HSC, UHSC)

zpracovatelnost - SCC

další vlastnosti - HPC, UHPC, FRC

- VÝZTUŽ - ocel 10505 (B500 tř.tažnosti A,B,C)

svařitelnost!

- tyčová (prutová) x svařované síť<sub>34</sub>



# VOLBA TVARU PRVKU - PRŮŘEZU

- monolitické kce
- prefa
  - opakovatelnost forem
  - snížení vlastní tíhy (vylehčeni dutinami)
  - spáry, styky
  - zabudované prvky (kotvení, kompletační prvky)

## **N**ENAVRHOVAT:

- příliš úzké průřezy
- náhlé změny a spojení mohutných a subtilních částí



# POSTUP NÁVRHU

➤ Požadavky → materiál, tvar, rozpětí atd.

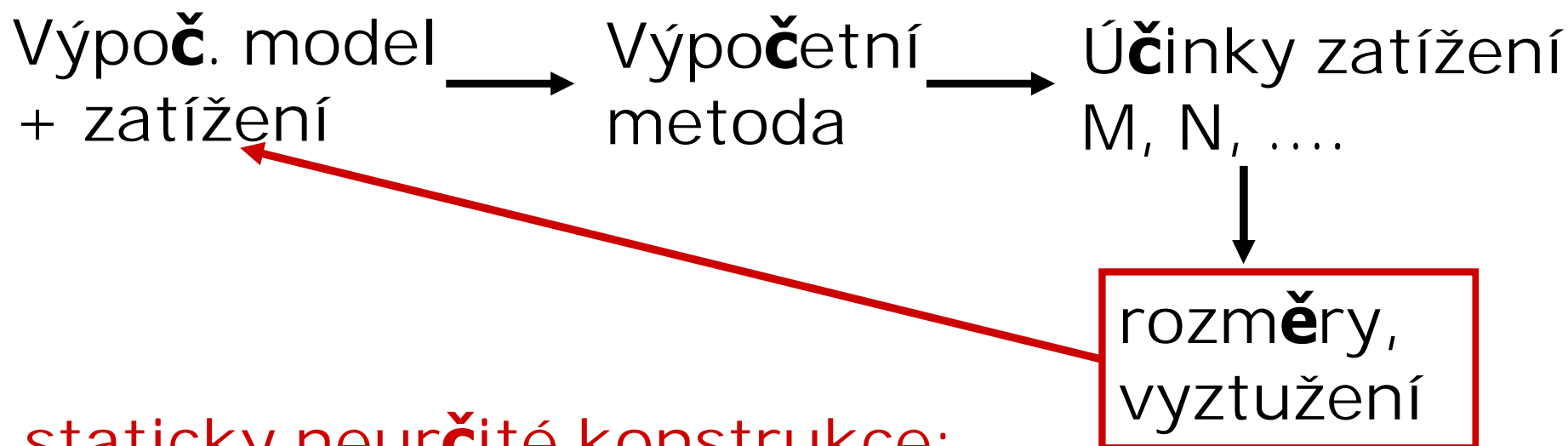
➤ Výpočet

- Tvar, rozměry, podepření
- Výpočetní model
- Zatížení
- Výpočet  $M, N, V, \dots$  (výpočetní metoda)
- ověření rozměrů, návrh výztuže, posouzení (podmínky spolehlivosti)

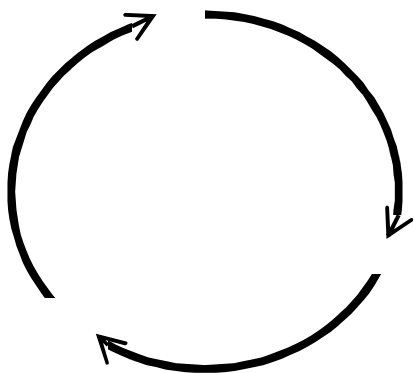
➤ Výkresová dokumentace

- výkresy tvaru, skladby
- tvar prefabrikátu
- výkresy výztuže, specifikace výztuže

# Výpočet



staticky neurčité konstrukce:



Změna hodnot tuhostí  
(průřezů a materiál. parametrů)  
mění hodnoty účinků zatížení !

→ důležitý **předběžný návrh rozměrů**

## Fáze (stupně) postupu výpočtu

- **předběžný návrh** → TVAR → podklady pro profese  
Projekt pro stavební povolení
- **podrobný výpočet** → VYZTUŽENÍ, DETAILS (příp. upřesnění tvaru)  
Projekt pro provedení stavby

# Postup návrhu nosné konstrukce

- tvar a podepření, zatížení

- **předběžné rozměry**

→ výkresy tvaru (předběžné)

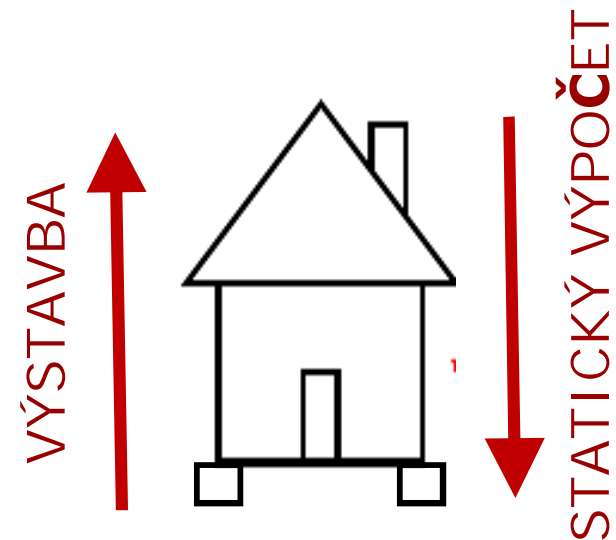
- **podrobný výpočet**

→ upřesnění rozměrů,  
prostupů apod.

→ návrh výztuže

→ posouzení

→ výkresy výztuže



# IDEALIZACE, VÝPOČETNÍ MODELY

koncepce: přenést zatížení do podloží,  
neodchýlit se příliš od skutečného chování

- idealizace      geometrie  
                         chování konstrukce

nosná konstrukce = soustava konstrukčních  
prvků

# Idealizace tvaru

skuteč**č**ná konstrukce - idealizace → **model**

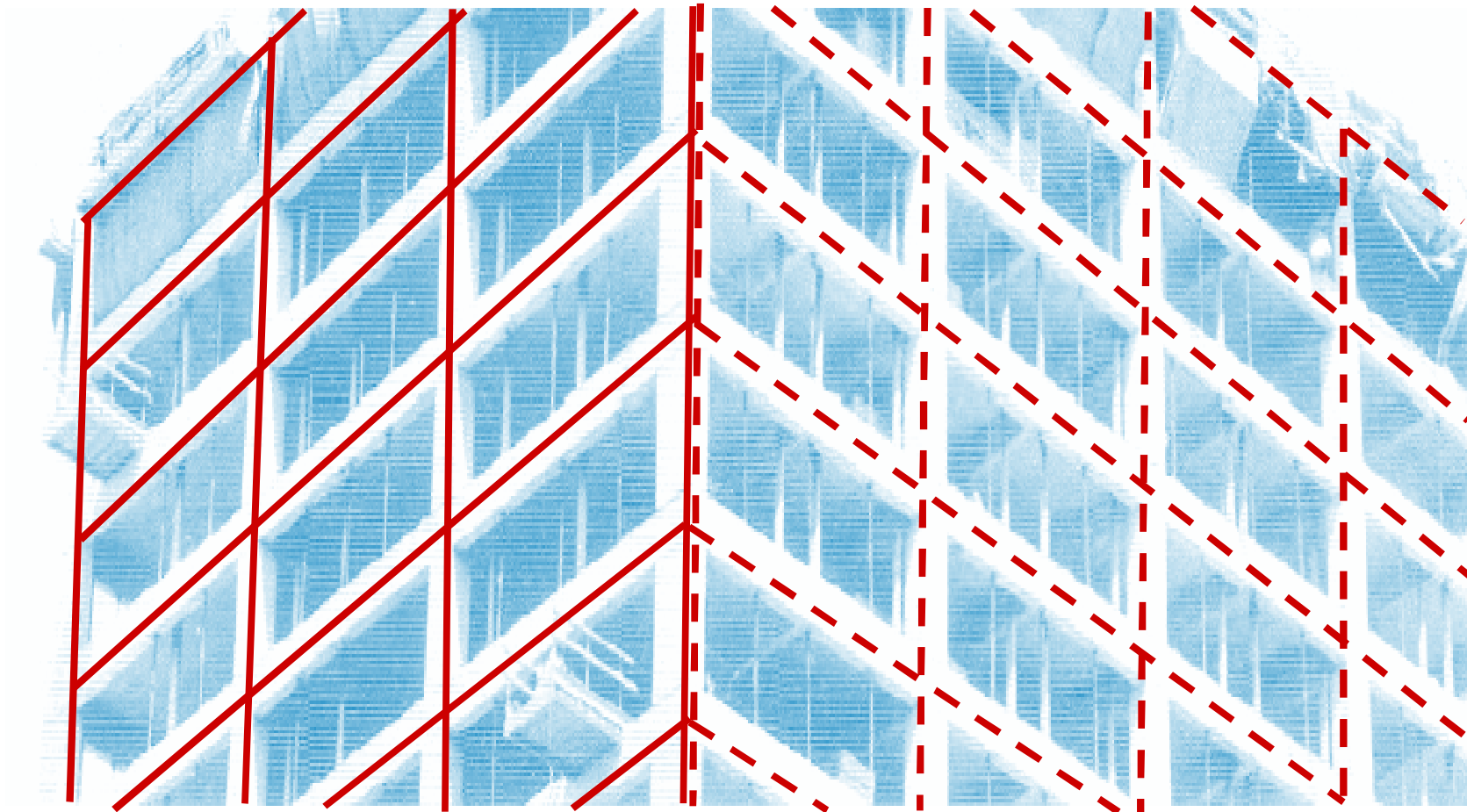
- prvky
- podpory
- zatížení
  
- spojení prvků
  - tuhé
  - polotuhé
  - kloubové
  
- znalost chování a pŮsobení

# Volba výpočetního modelu

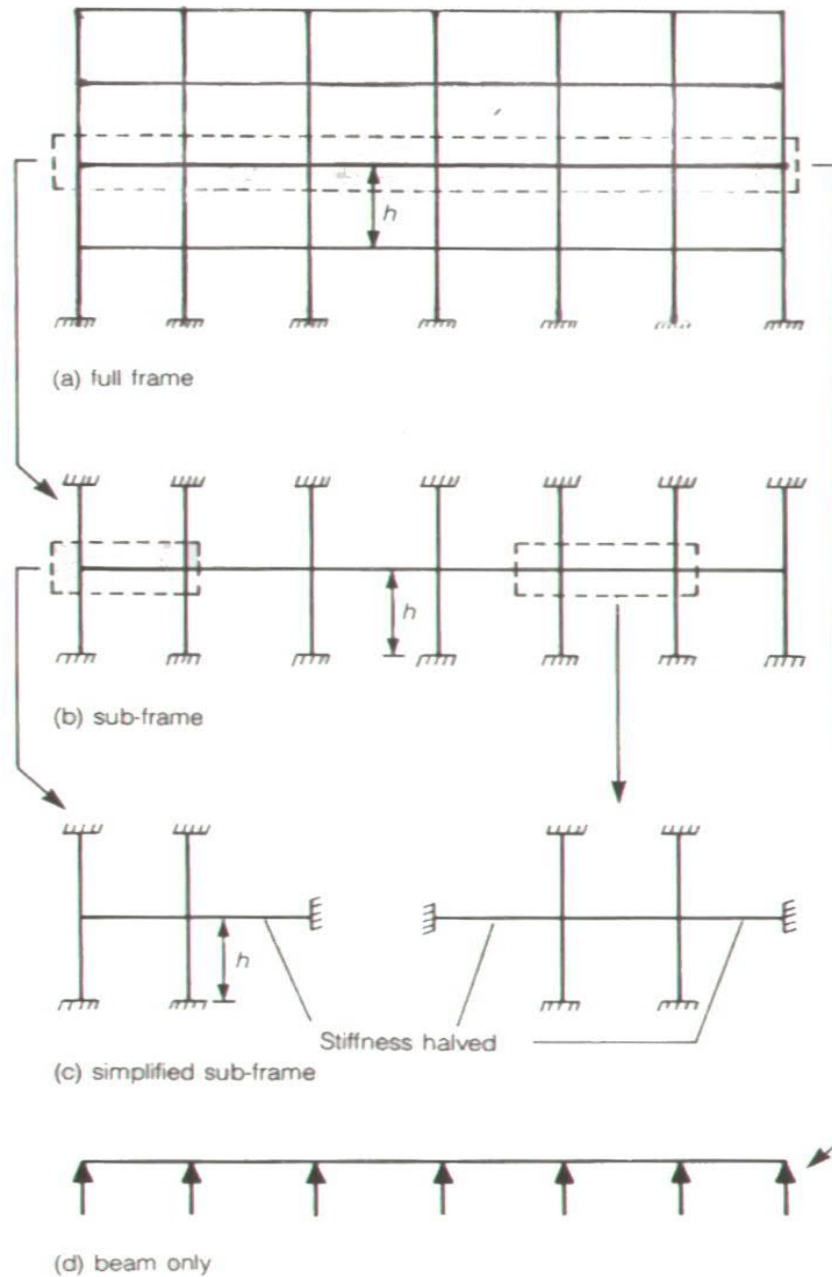
- **dle konstrukce a statického působení** (Ize konstrukci rozdělit na části – prvky?)  
+ řešit styky, vazby
- **dle účelu**
  - předběžný x přesný výpočet
  - MSÚ x MSP
- **dle možností** výpočetní metody  
(a vybavení)

Rozdělení prostorové konstrukce na **části**  
→ zjednodušené modely

Příklad zjednodušení na **dílčí rovinné rámy**





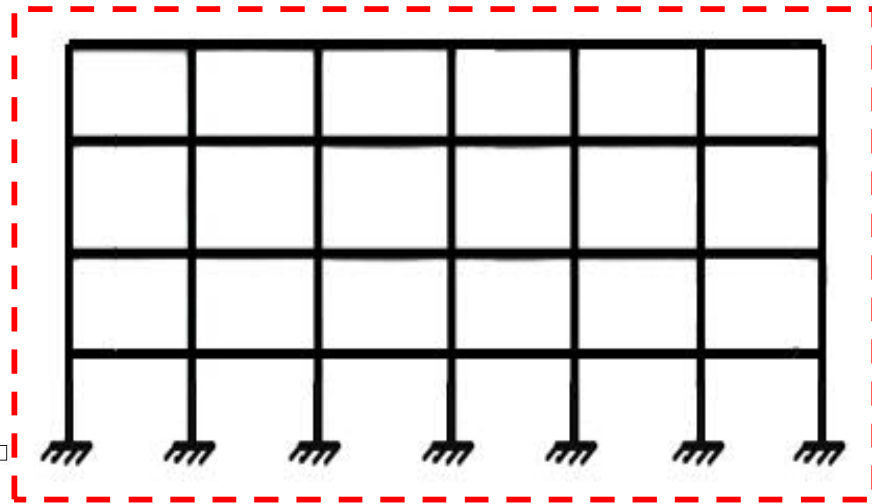
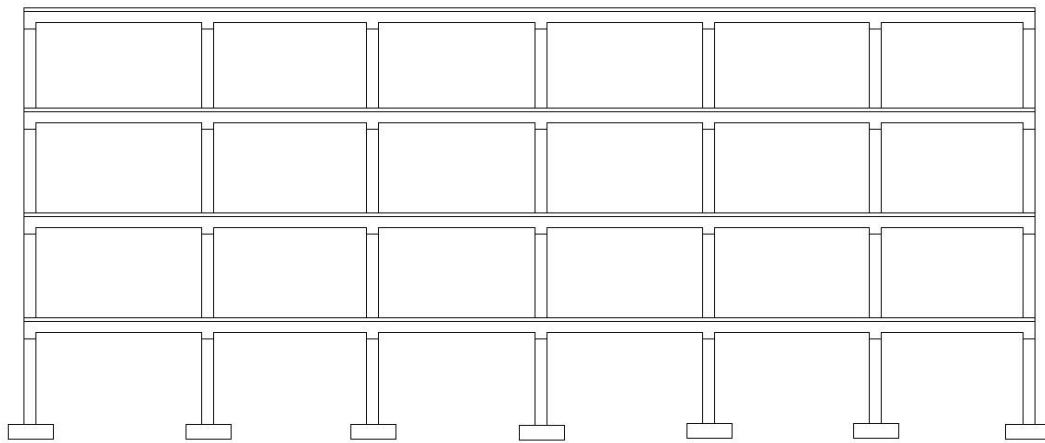


3D → 2D

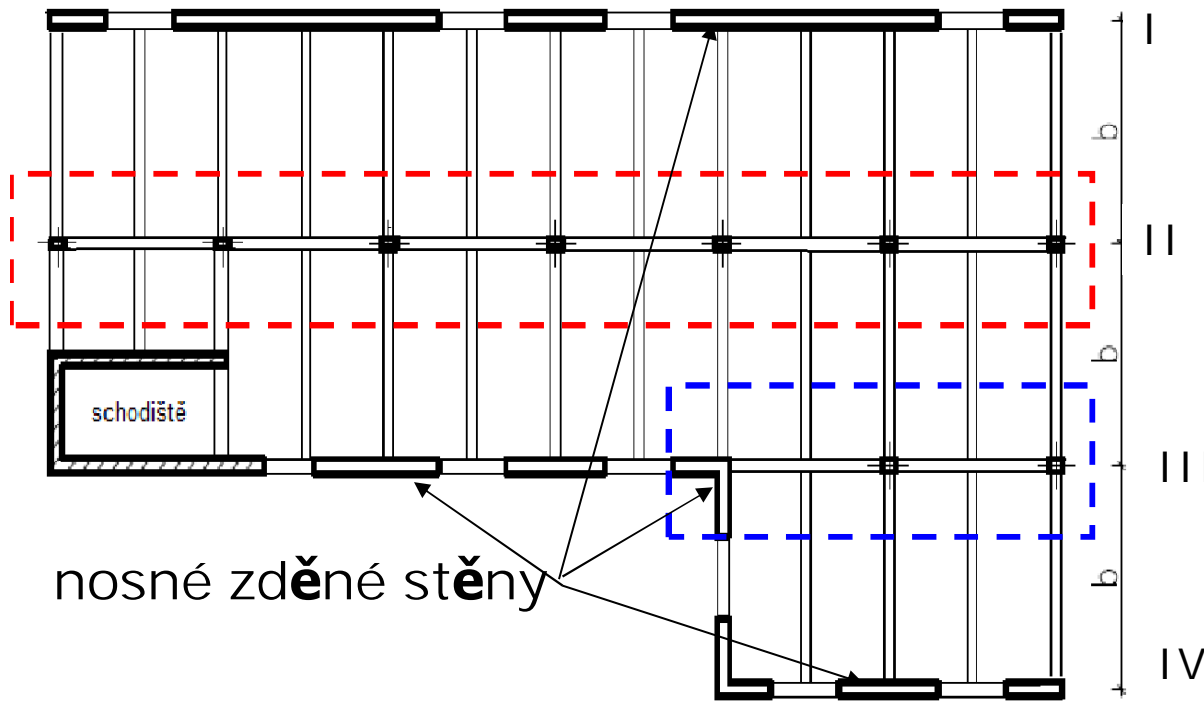
→ výseky

→ spojitý nosník

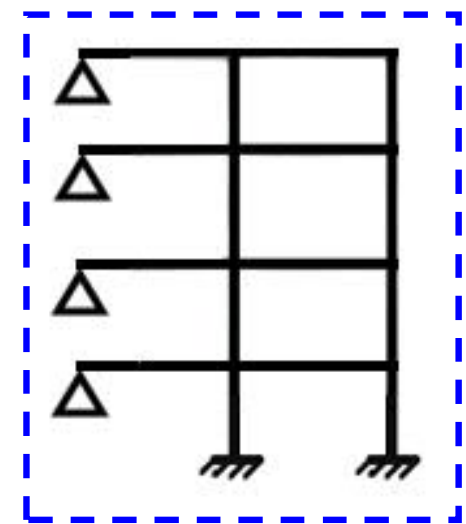
(→  $1/12 f l^2$ )



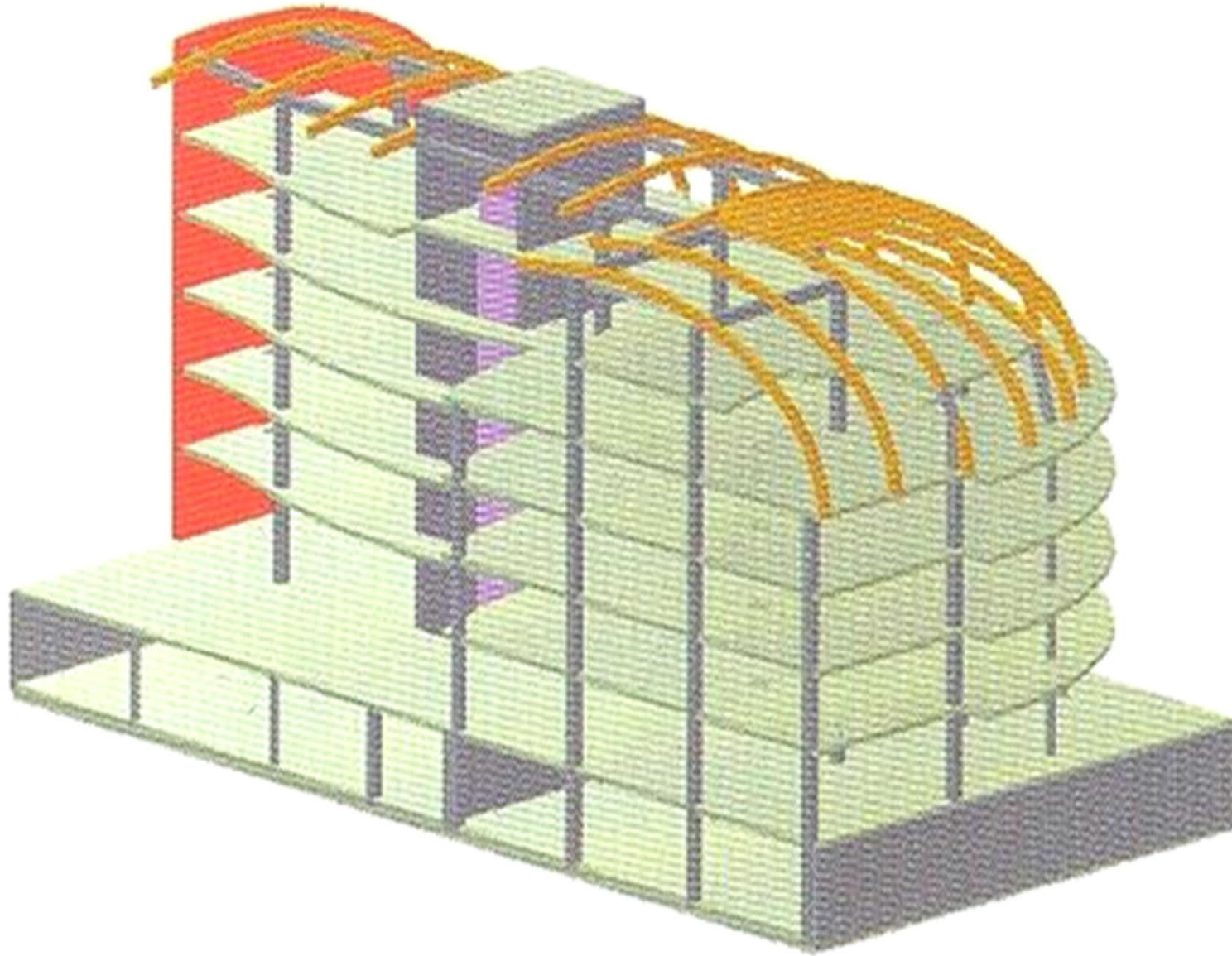
Rám řady II



Rám řady III



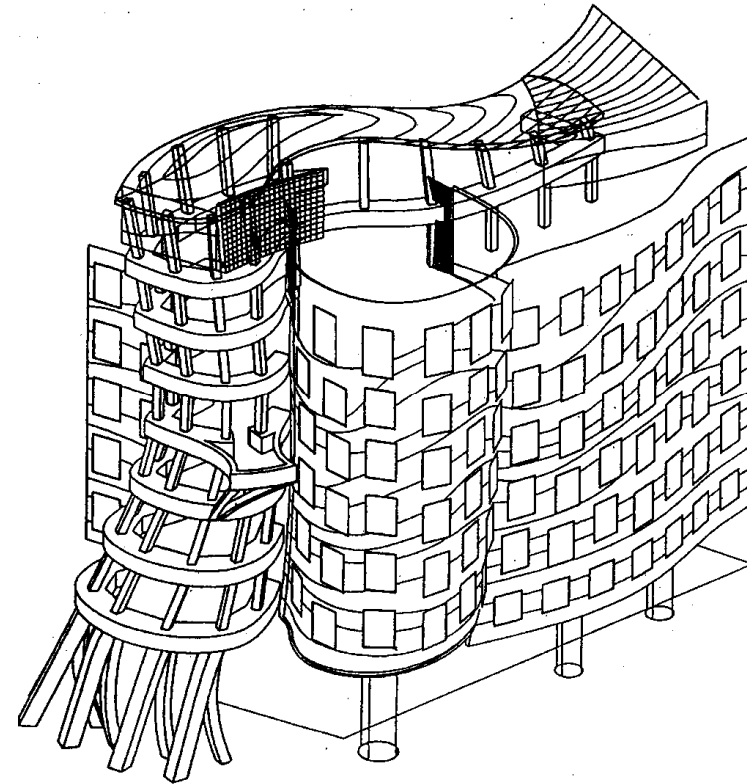
# 3D model konstrukce (stěny, desky, pruty)



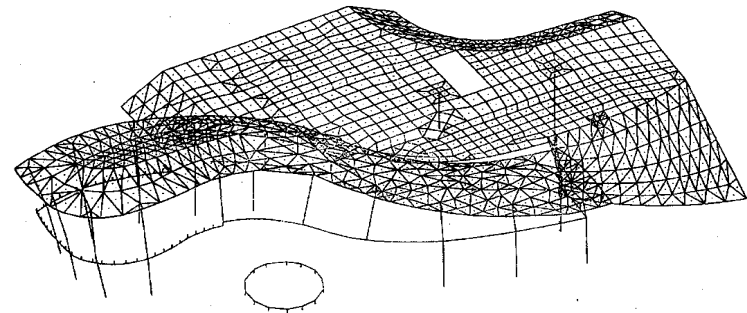
# Celkový 3D model konstrukce



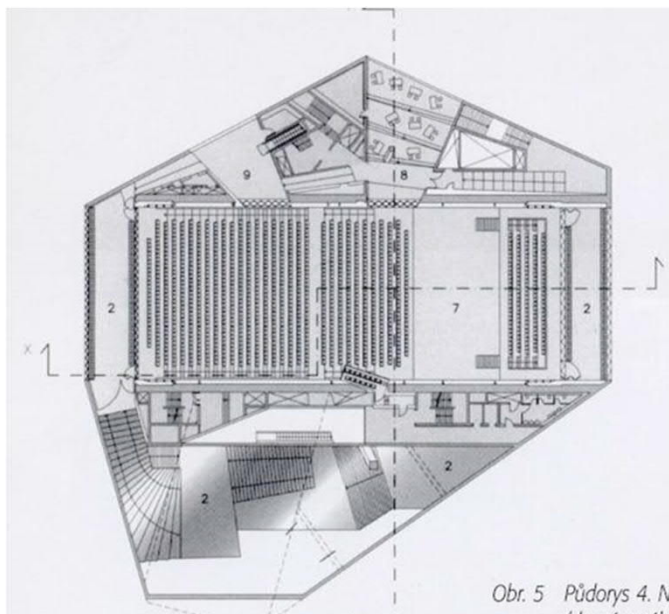
viz **článek** v **časopise**  
Beton a zdivo 1997/3



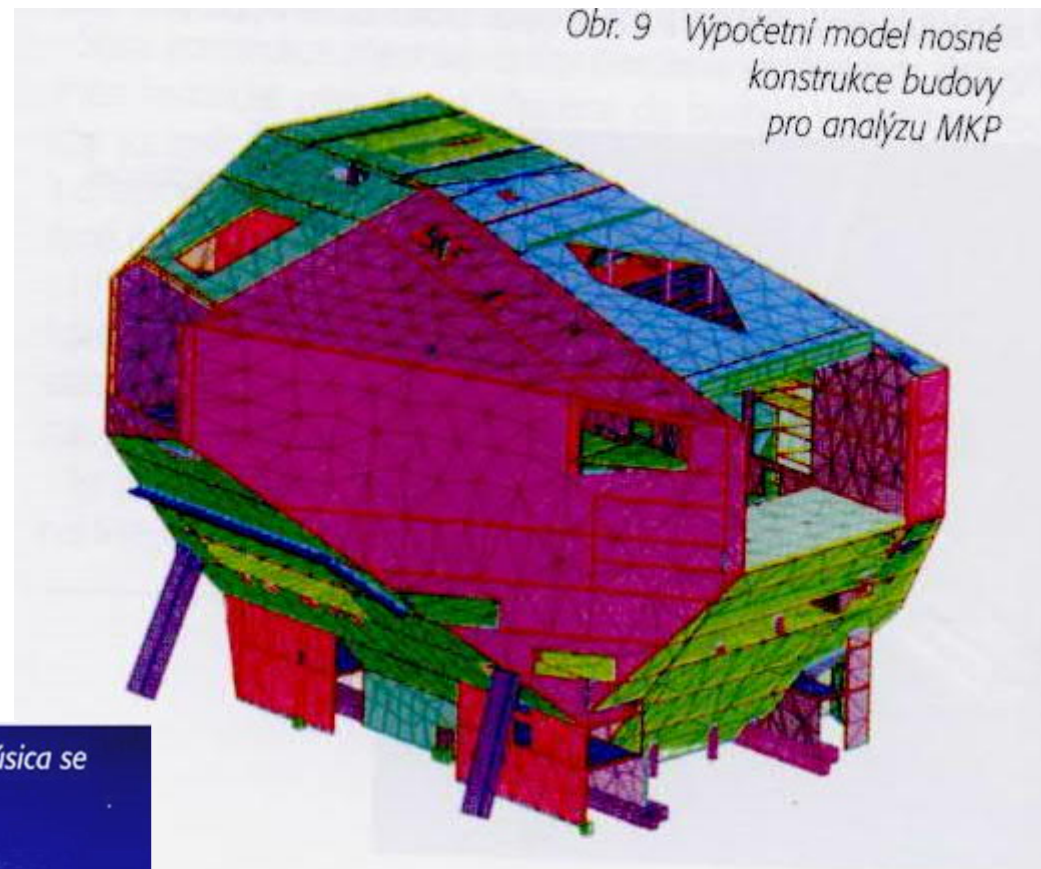
+ **podrobnější** modely  
dílčích **částí**



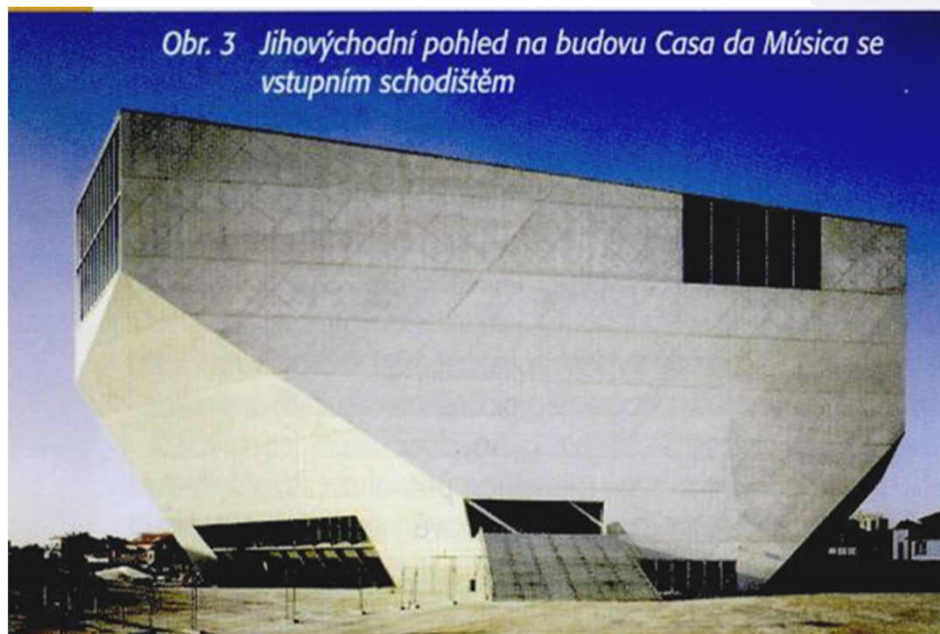




Obr. 5 Půdorys 4. N



Obr. 9 Výpočetní model nosné konstrukce budovy pro analýzu MKP

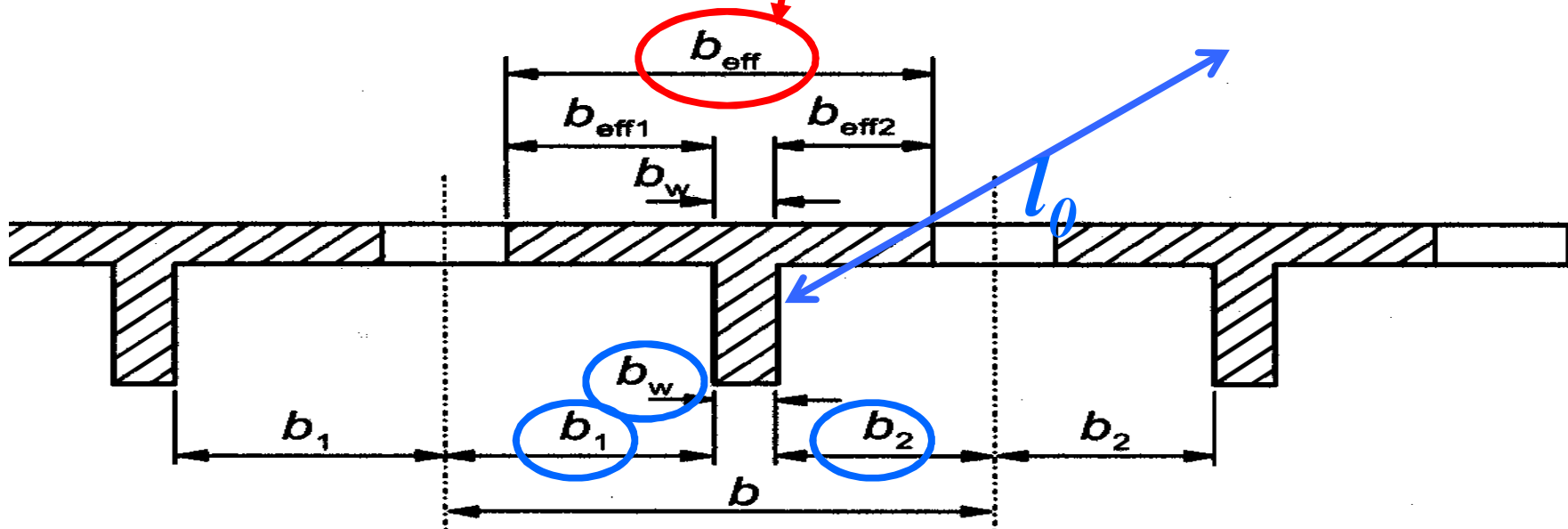


Obr. 3 Jihovýchodní pohled na budovu Casa da Música se vstupním schodištěm

viz **článek** v **časopise**  
Beton TKS 2006/1

# Idealizace - souvislosti

- spolupůsobící šířky
- rozpětí trámů a desek
- idealizace podepření – redukce momentů
- žebrové a kazetové desky
  - jako plné (splnění požadavků na uspořádání)

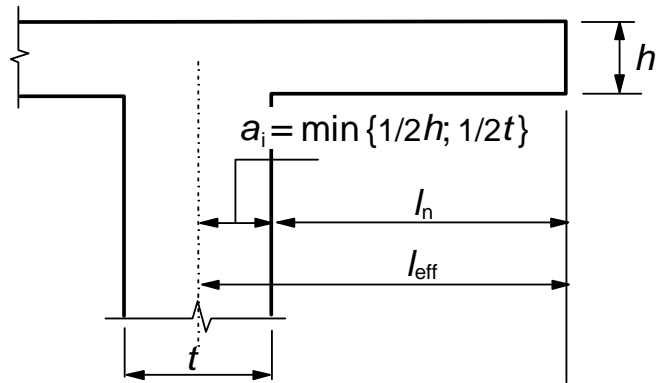
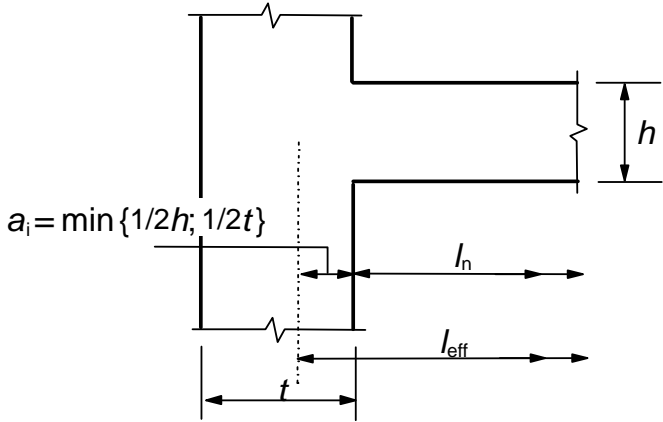
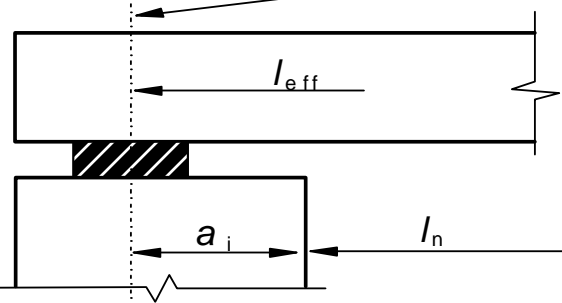
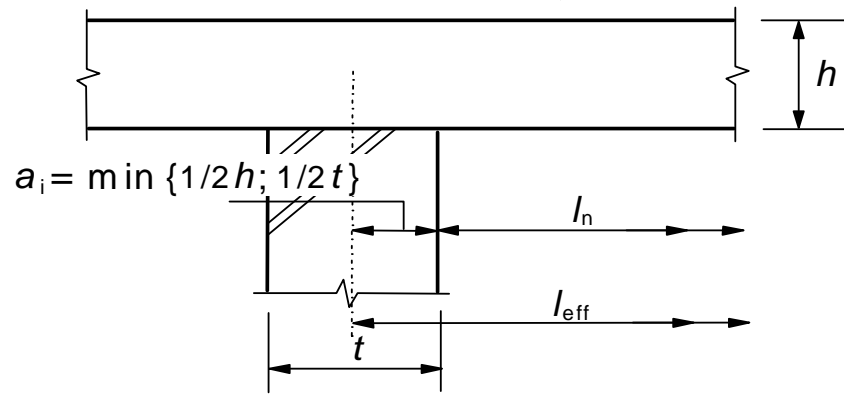
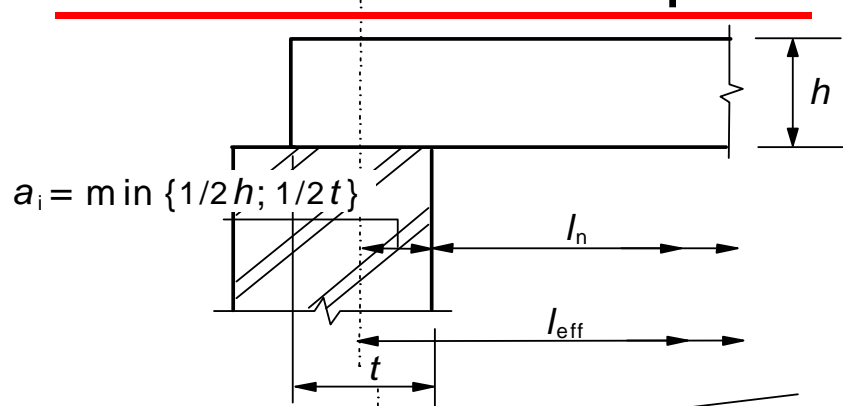


# Idealizace tvaru – prvky, **č**ásti konstrukce

- prutové → **STŘEDNICE** (úsečka, křivka)
- plošné → **STŘEDNICOVÁ ROVINA**  
(PLOCHA)
- Prostorové → **3D MODEL** (střednice,  
desky, stěny, příp. zakřivené střednicové plochy )

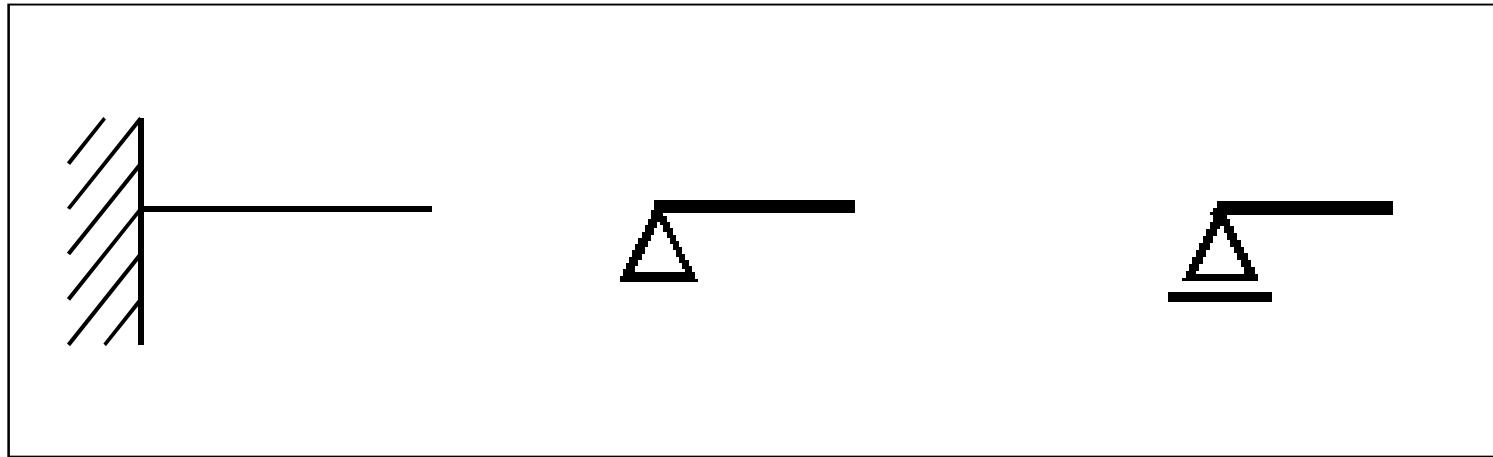
+ **řešit** vazby !

# Teoretická rozpětí (ustanovení norem)





# Idealizace podepření



$$u, v = 0$$

$$\varphi = 0$$

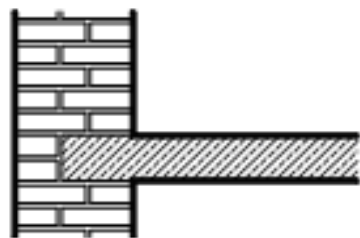
$$u, v = 0$$

$$\varphi \neq 0$$

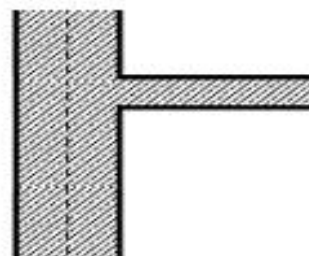
$$v = 0$$

$$u \neq 0$$

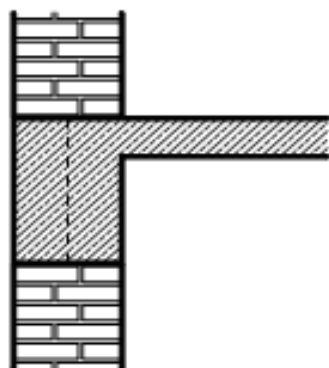
$$\varphi \neq 0$$



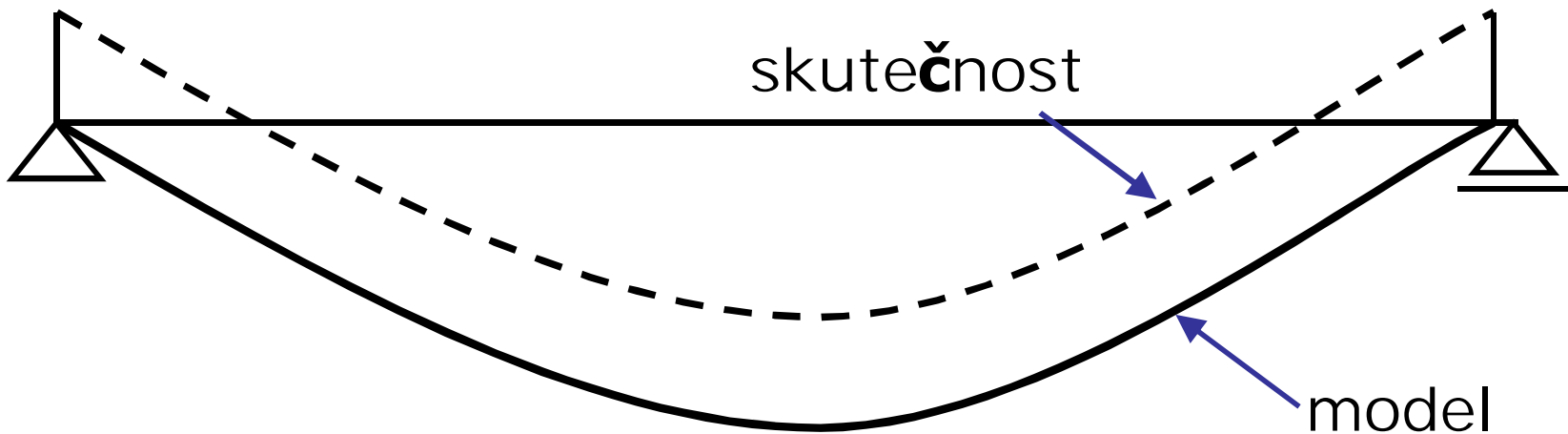
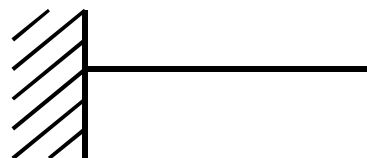
$$u, v \approx 0$$
$$\varphi \neq 0$$



$$u, v = 0$$
$$\varphi \approx 0$$



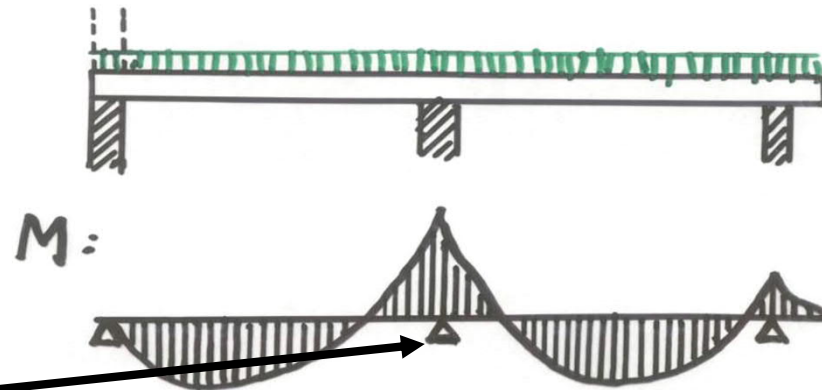
$$u, v \approx 0$$
$$\varphi \neq 0$$



# Redukce podporových momentů

## Spojité nosník:

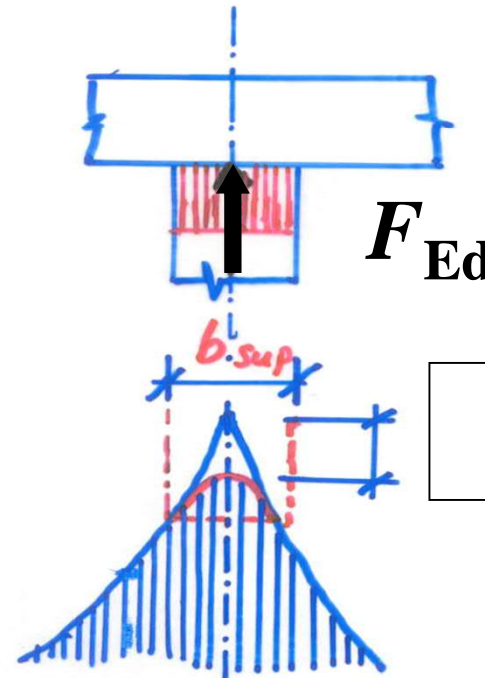
idealizace  
podepření



$$\Delta M_{Ed} = \frac{F_{Ed} \cdot b_{sup}}{8}$$

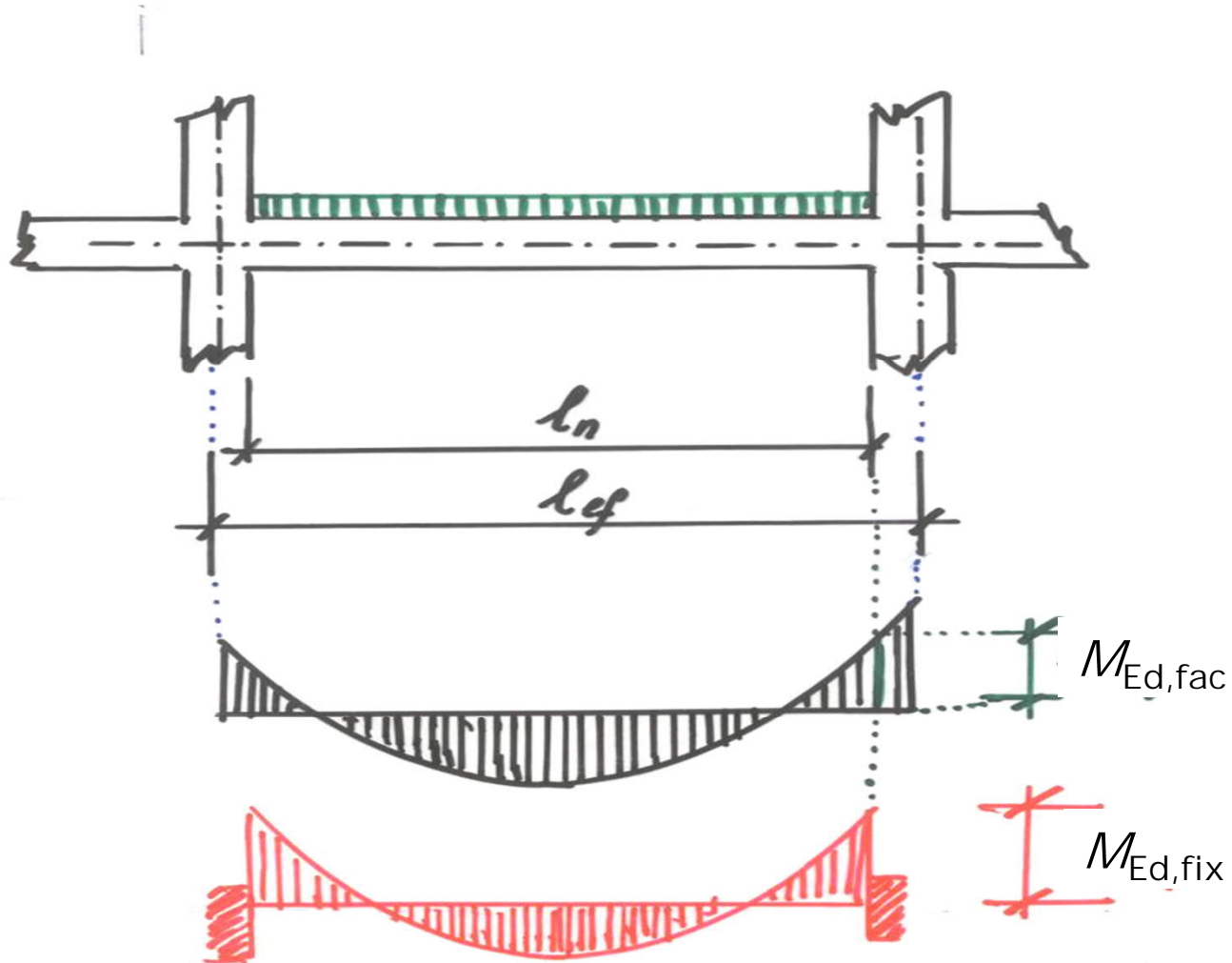
$F_{Ed}$  ... návrhová hodnota  
podporové reakce

$b_{sup}$  ... šířka podpory

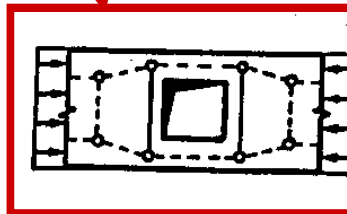
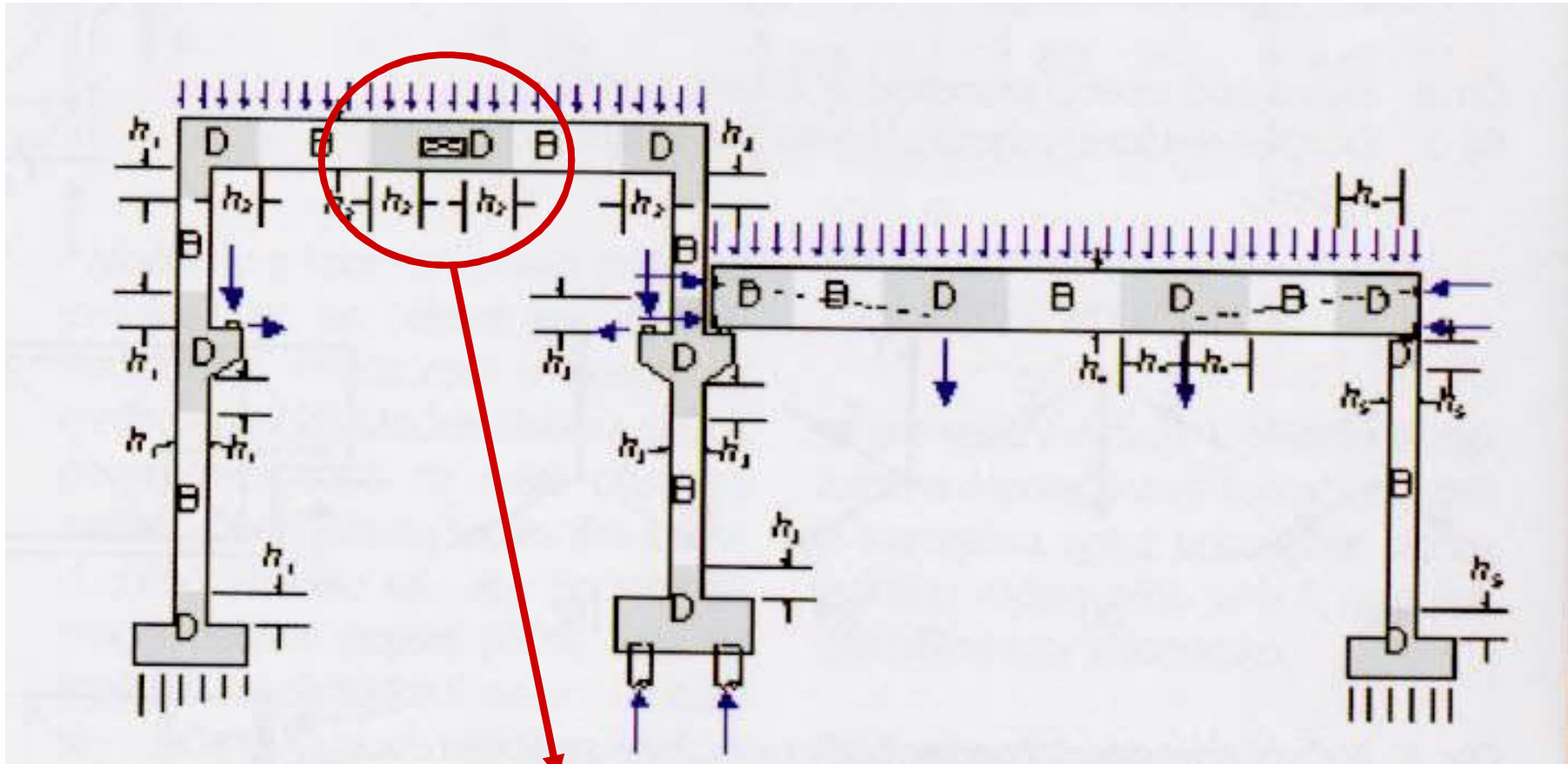


$$\Delta M_{Ed}$$

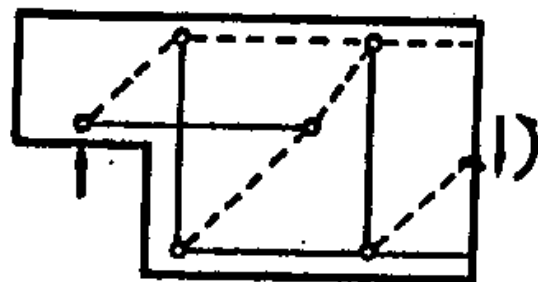
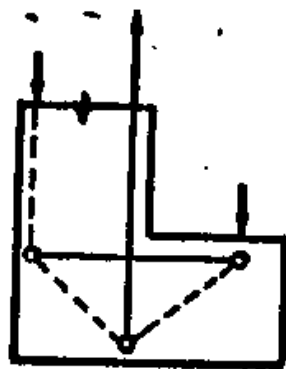
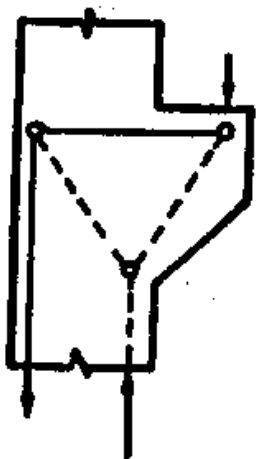
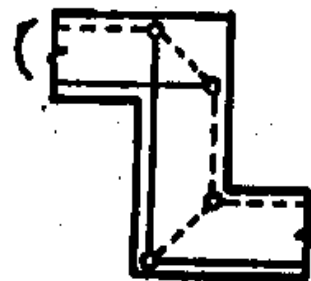
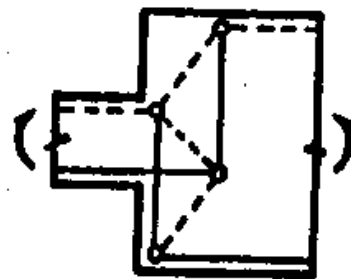
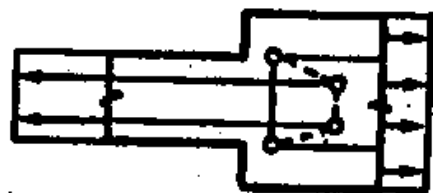
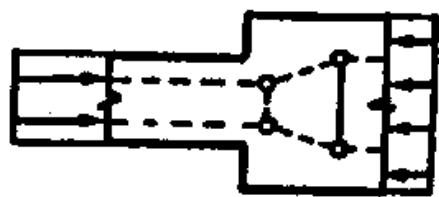
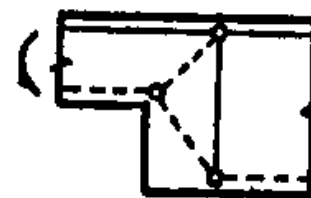
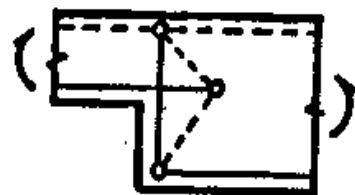
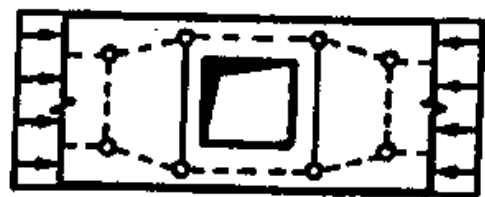
**ŽB tuhý styčník:**  $M_{Ed,red} \geq M_{Ed,fac}$   
 $\geq 0,65 M_{Ed,fix}$

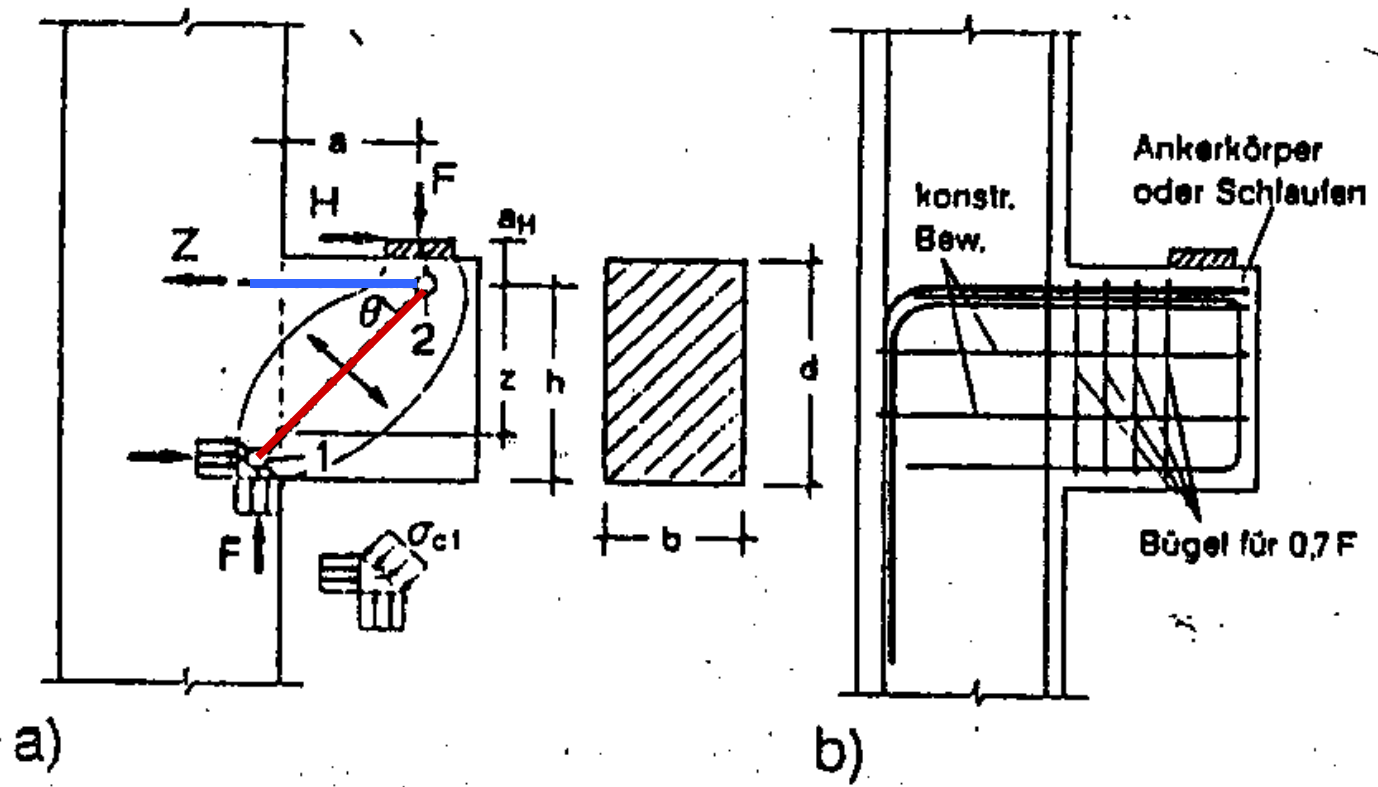


# PORUCHOVÉ OBLASTI



Příhradová analogie  
(model Strut & Tie)  
viz předmět BK02





# VÝPOČETNÍ METODY

- konstrukce staticky určité  
staticky neurčité
- VOLBA METODY (typu, přesnosti)
  - podle účelu výpočtu - **předběžný** x podrobný
    - MSÚ, MSP
  - podle přesnosti vstupních parametrů
  - podle typu konstrukce a modelu
  - podle možností



- Statické působení a chování ŽB prvku při postupném zatěžování

- vlastnosti betonu - lineární chování?

pevnost v tlaku x tahu

objemové změny

- spolupůsobení betonu a oceli

→ předpoklady jednotlivých metod výpočtu

- TYPY METOD PRO VÝPOČET BK

- Lineárně pružná analýza

- Lineárně pružná analýza s omezenou redistribucí

- Plastická analýza

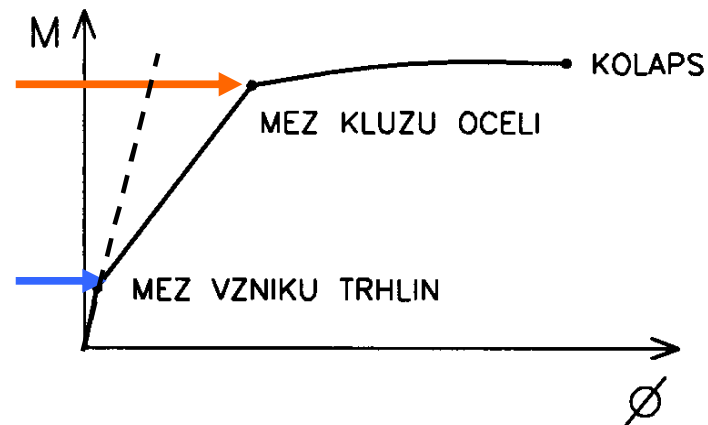
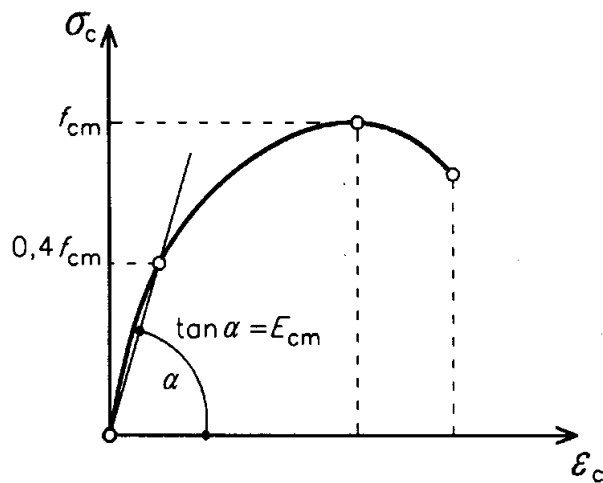
- Nelineární analýza

# Lineárně pružná analýza (LP)

Předpoklad neměnné tuhosti v průběhu zatěžování

→ u ŽB prvků nejsou uvažovány vlivy:

- trhlin (proměna momentu setrvačnosti průřezů)
- změny hodnot modulu pružnosti pro vyšší napětí (nelineární pracovní diagram betonu)



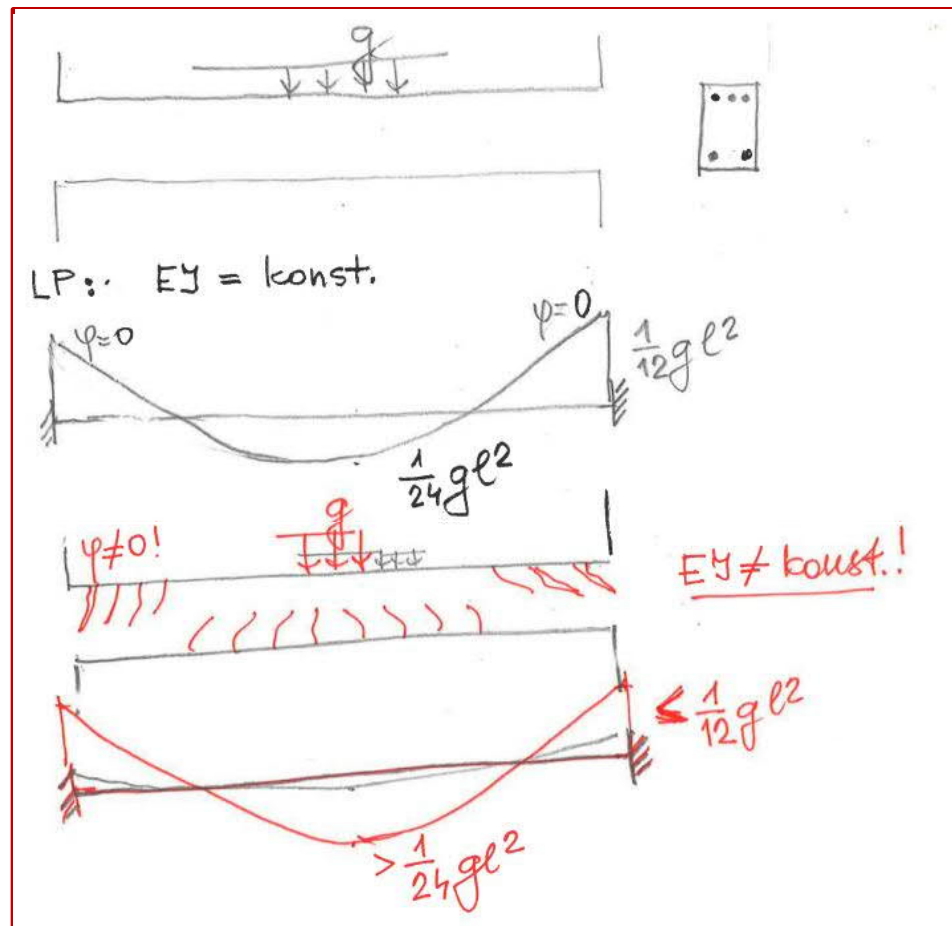
+ vliv objemových změn

(vliv dotvarování – pracovní diagram při dlouhodobém zatěžování - modul pružnosti → modul přetvárnosti)

# Chování ŽB prvku x LP

Příklady prvků – vliv výše uvedených vlivů na průběhy ohybových momentů:

- prostý nosník, konzola, nosník s převislými konci
- vetknutý nosník, spojitě nosníky

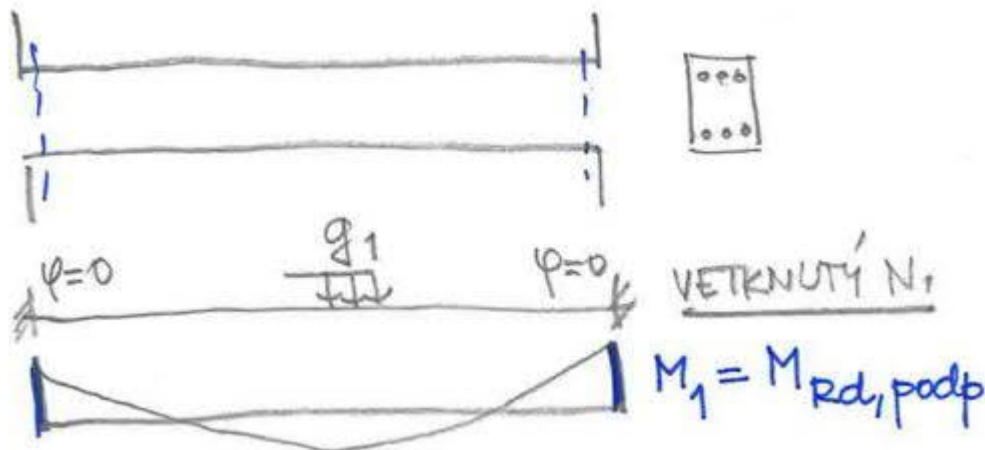


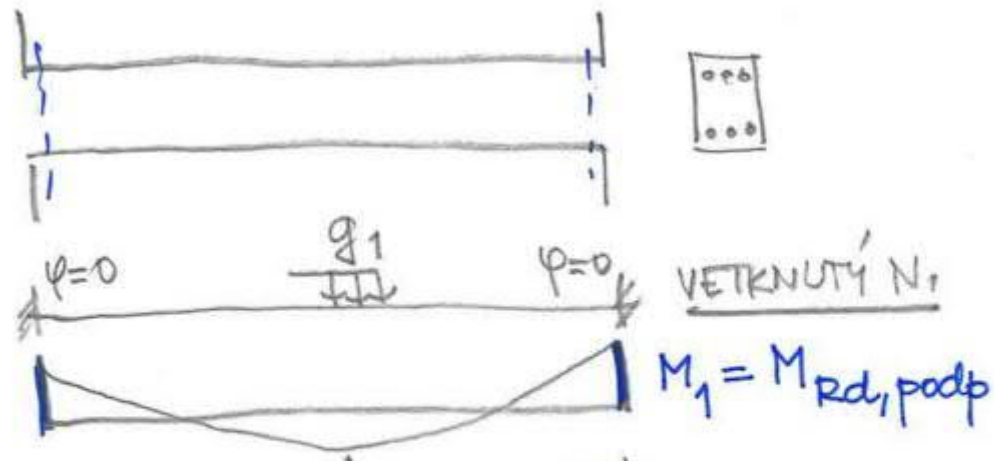
## Nelineární analýza

- při postupném zatěžování (po krocích) uvažováno nelineární chování materiálů (materiálové modely)
- zahrnut vliv geometrické nelinearity

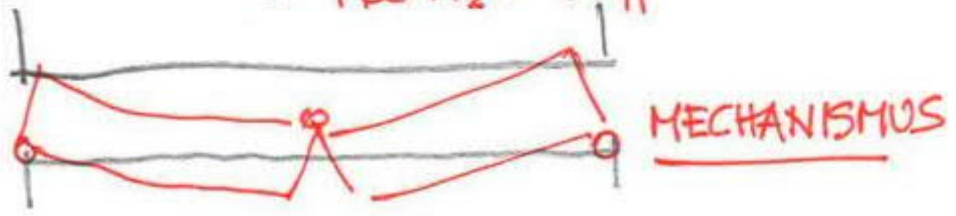
## Plastická analýza

- uvažován vznik plastických kloubů při postupném zatěžování - kontrola rotační kapacity
- MSÚ = vznik mechanismu
- příklad pro vetknutý nosník



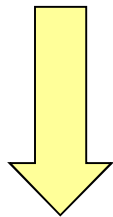


PRO  $M_2 = M_{Rd, pole} \rightarrow MSÚ$

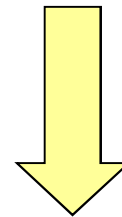


# Ověření plastického natočení (rotační kapacity)

$$\Theta_S \leq \Theta_{pl,d}$$

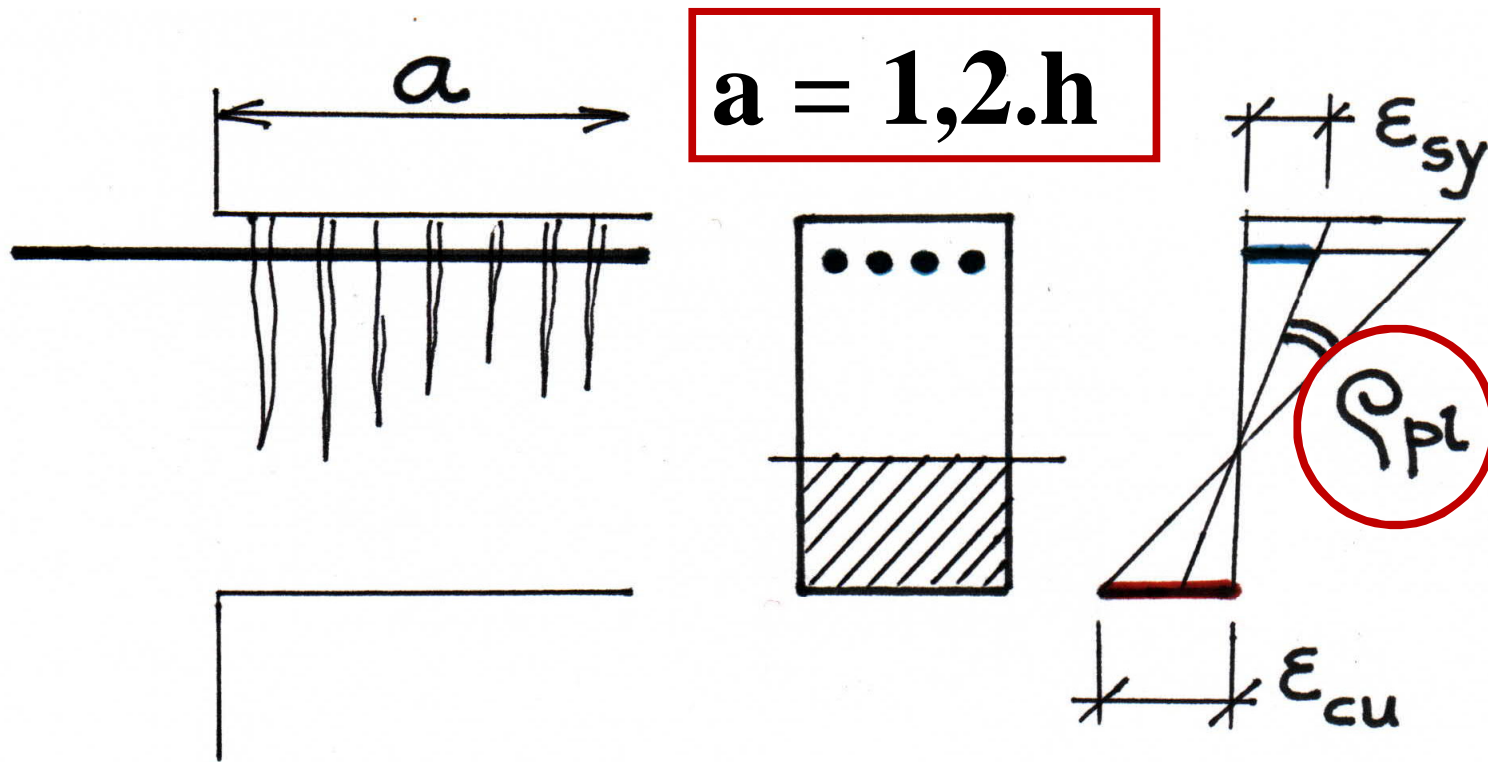


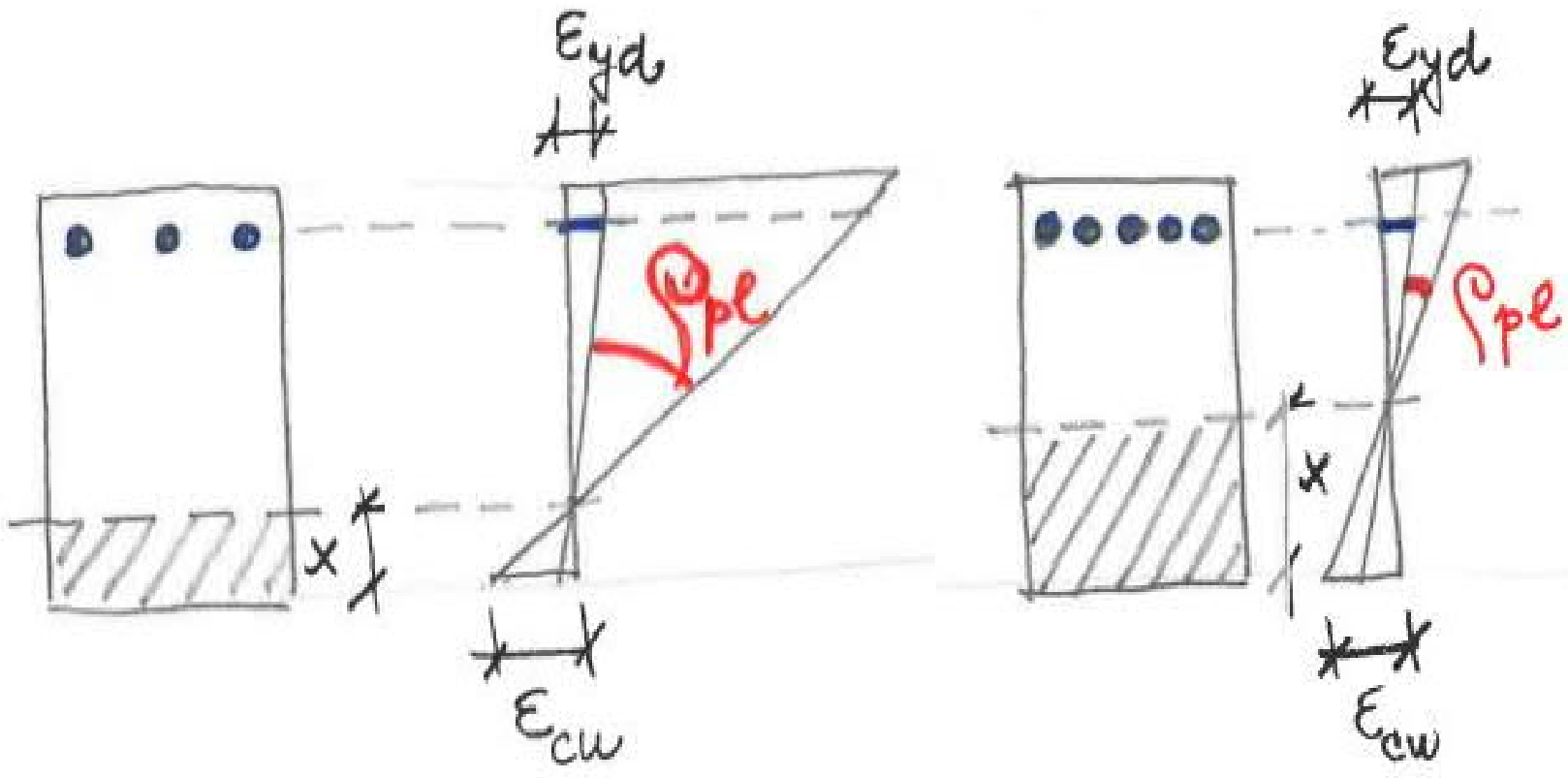
natočení v plastickém kloubu od účinku návrhového zatížení



přípustné plastické natočení v oblasti plastického kloubu

$$\textcircled{H} \rho_{pl,d} = \rho_{pl} \cdot a$$







## LP analýza s omezenou redistribucí

= úprava průběhu vnitřních sil z výpočtu podle LP za předpokladu vlivu proměn tuhosti při zatěžování

Pravidla a omezení úprav:

- rovnováha ve styčnicích i na prutech
- odpovídající úprava posouvajících sil
- dostatečná schopnost plastického pootočení v plastických oblastech
- v určitých případech se redistribuce nepřipouští

# Omezení míry redistribuce $\delta$ bez ověření rotační kapacity

$$\delta = M / M_{el}$$

$\rho_{pl}$  závisí na  $\xi = x/d$

⇒ omezení  $\delta$  závisí na  $\xi$

dále závisí na: výztuži - **třídě** tažnosti

betonu - vyšší **třídy** mají menší  
mezní **přetvoření**

# Omezení výšky tlačené oblasti $x$ ( $\xi = x/d$ )

podle metody výpočtu účinku zatížení:

- lineárně pružná analýza

$$\xi \leq \xi_{\text{bal},1}$$

- LP analýza s omezenou redistribucí

omezení  $x_u/d$  podmínkou:

$$\delta \geq k_i + k_j \cdot (x_u/d)$$

$$\delta \geq 0,7 \text{ pro ocel tř. B, C}$$

$$0,8 \text{ pro ocel tř. A}$$

$\delta$  je míra redistribuce

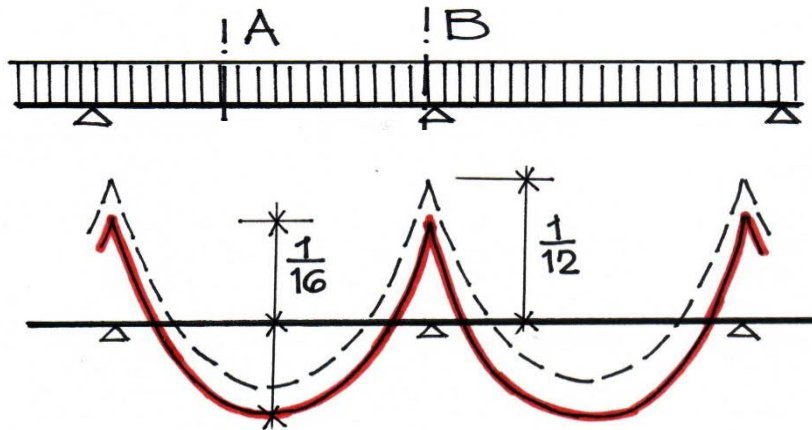
- plasticita

$$(x_u/d) \leq 0,45 \text{ (0,35)}$$

pokud platí  $(x_u/d) \leq 0,25 \text{ (0,15)}$ ,

není třeba ověřit rot.kapacitu

## Příklad redistribuce ohybových momentů ve středních polích spojitého nosníku:



$$\delta = M / M_{el}$$

pro tento případ:  $\delta = 0,75$

## Další příklady – jak provést redistribuci?

- krajní pole spojitého nosníku
- spojitý nosník s poli **různých** rozpětí
- spojitý nosník s **převislými** konci
- rámy svisle zatížené – redistribuce jen u **příčlích**

