



Zděné konstrukce

Petr Bílý

Katedra betonových a zděných konstrukcí
Fakulta stavební ČVUT v Praze

*Mé velké díky za poskytnutí rad a podkladů ke zpracování
přednášky patří panu Ing. Pavlu Košatkovi, CSc.*

Organizace předmětu

- Konzultace v B731
- Kontakt: petr.bily@fsv.cvut.cz



Literatura

- <http://people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1/133BZKEV.htm>
- ČSN EN 1996-1-1: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce, ÚNMZ 2023
- FprEN 1996-3: Design of Masonry Structures – Part 3: Simplified calculation methods for unreinforced masonry structures. CEN/TC250, 2022
- Košatka, P.: Příklady navrhování zděných konstrukcí 1, nakladatelství ČVUT, 1. dotisk 2010 *
- Košatka, P., Lorenz, K., Vašková, J.: Zděné konstrukce 1, nakladatelství ČVUT, 2. dotisk 2010 *

* Skripta zpracovaná podle 1. generace ČSN EN 1996. Oproti aktuálně platné normě obsahují dílčí odlišnosti (značení a hodnoty některých veličin, některé výpočetní vztahy), avšak vysvětlení principů navrhování je stále platné.



Dokončené rodinné a bytové domy podle svislé nosné konstrukce

Rok	Nosná konstrukce rodinných domů				Nosná konstrukce bytových domů			
	zděná	betonová	dřevěná	smíšená	zděná	betonová	dřevěná	smíšená
2000	95,3	1,4	1,4	2,0	77,3	6,1	0,0	16,7
2005	93,5	1,7	3,0	1,9	79,9	3,6	2,1	14,4
2010	88,8	1,9	7,0	2,3	76,3	5,1	3,0	15,6
2015	83,6	2,4	13,4	0,6	72,1	14,7	2,6	10,7
2020	82,0	1,5	15,6	0,8	76,8	20,0	0,7	2,4
2022	84,2	1,2	14,1	0,5	74,2	24,4	0,2	1,2

Zdroj: Český statistický úřad





Základy navrhování

Program Eurokódů pro stavební konstrukce

- EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí
- EN 1994 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobeton. konstrukcí
- EN 1995 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí
- **EN 1996 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí**
- EN 1997 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí
- EN 1998 Eurokód 8: Navrhování kcí odolných proti zemětřesení
- EN 1999 Eurokód 9: Navrhování konstrukcí z hliníkových slitin



Princip návrhu zděných konstrukcí

- Dílčí součinitele spolehlivosti γ_M podle Národní přílohy normy ČSN EN 1996-1-1

Zdicí prvky kategorie I na návrhovou maltu	2,0 (2,5/2,2)
Zdicí prvky kategorie I na předpisovou maltu	2,2 (2,7/2,5)
Zdivo vyzdžené ze zdicích prvků kategorie II	2,5 (3,0/2,7)
Kotvení výztuže	2,2
Betonářská a předpínací výztuž	1,15

- Hodnoty v závorce platí pro zdivo z porobet. prvků na lehkou maltu/maltu pro tenké spáry





Stropní konstrukce

V prezentaci jsou pro ilustraci obecných principů použity obrázky z katalogů společností HELUZ a Wienerberger.

Detaily jiných výrobců se mohou lišit.

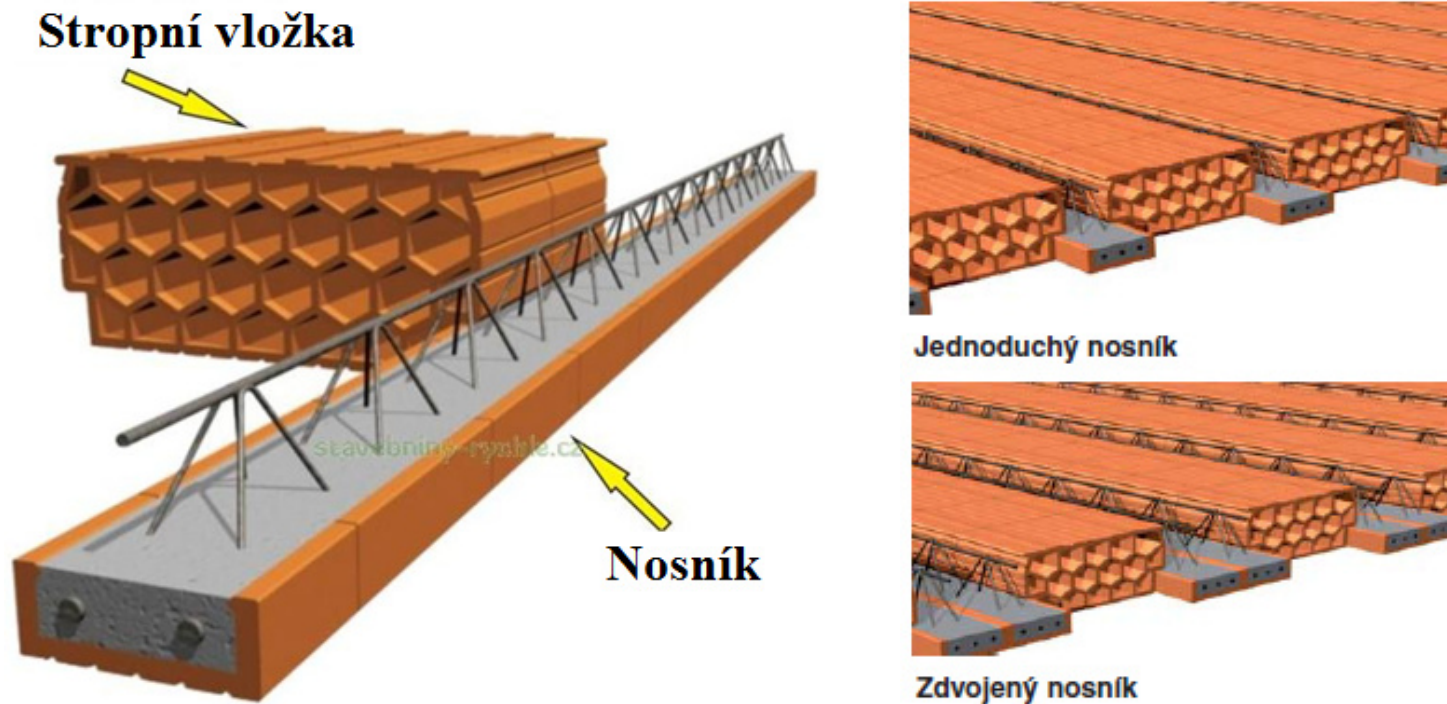
Vždy je nutno nastudovat podklady konkrétního výrobce!!!

Hlavní typy stropních konstrukcí zděných staveb

- Dřevěné trémové – typické u historických staveb
- Železobetonové – typické u rozsáhlejších staveb
- **Vložkové stropy** – lehké prvky, jednoduchá manipulace X pracnost => výhodné pro menší stavby. **Světly rozpon až 8 m.**
- Keramické panely – alternativa vložkových stropů; rychlá výstavba X náročnější manipulace



Vložkové stropy

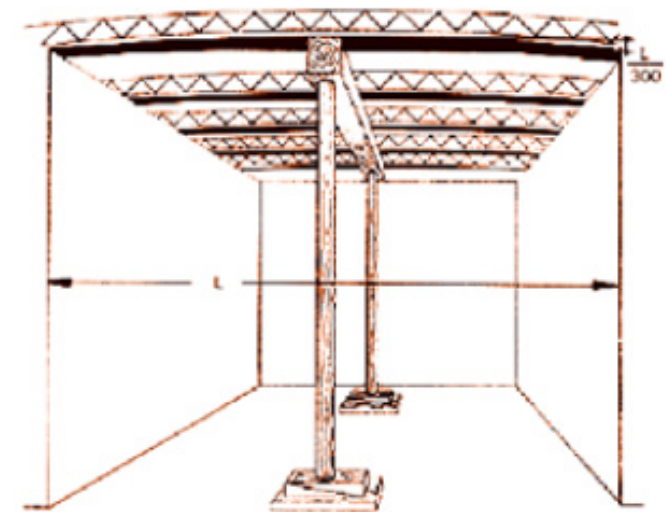


- Nosníky – čistý ŽB, popř. keramická forma. Prostorová výztuž. Zdvojené – na vyšší zatížení.
- Vložky – keramika, beton, porobeton



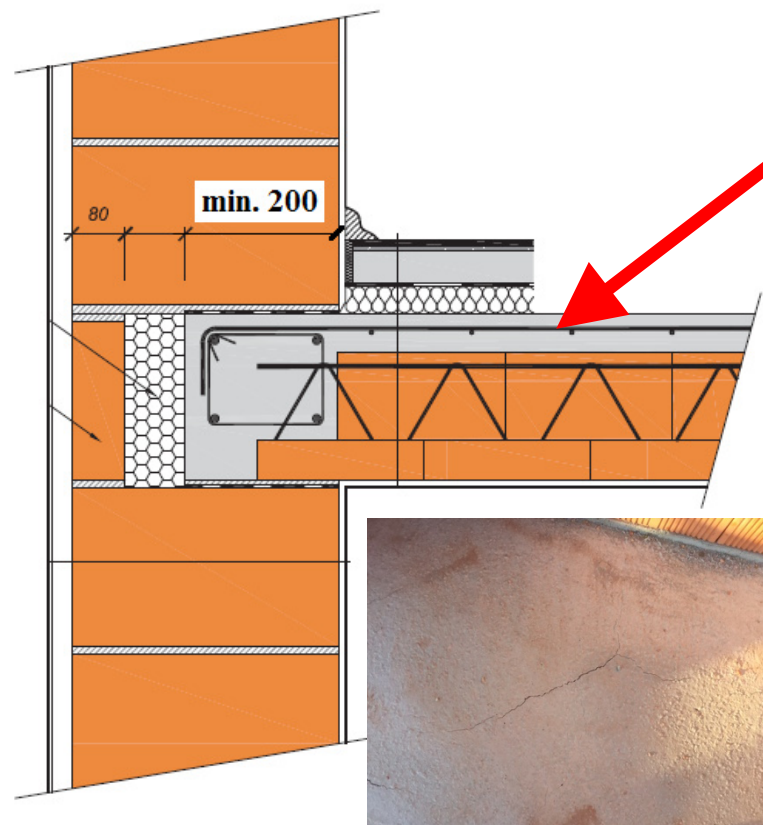
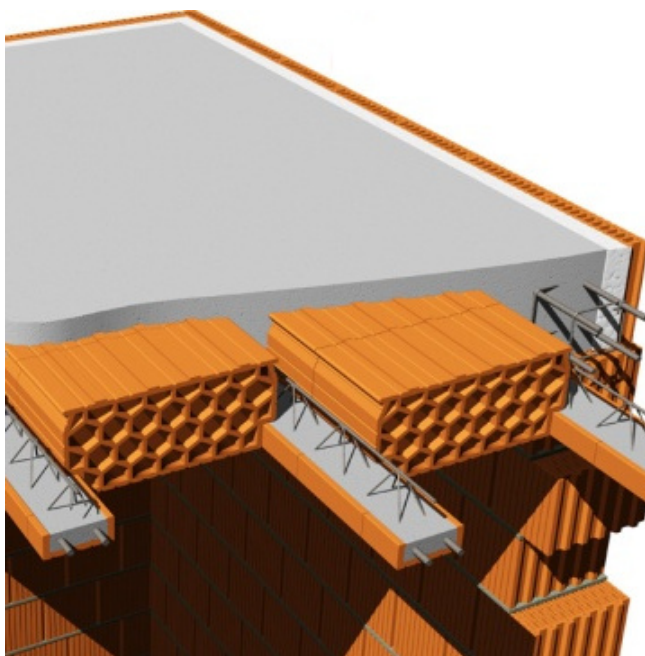
Vložkové stropy

- Uložení nosníků na stěnu – dodržet minimální délku uložení, způsob podepření, popř. i min. nadvýšení dané výrobcem!



Vložkové stropy

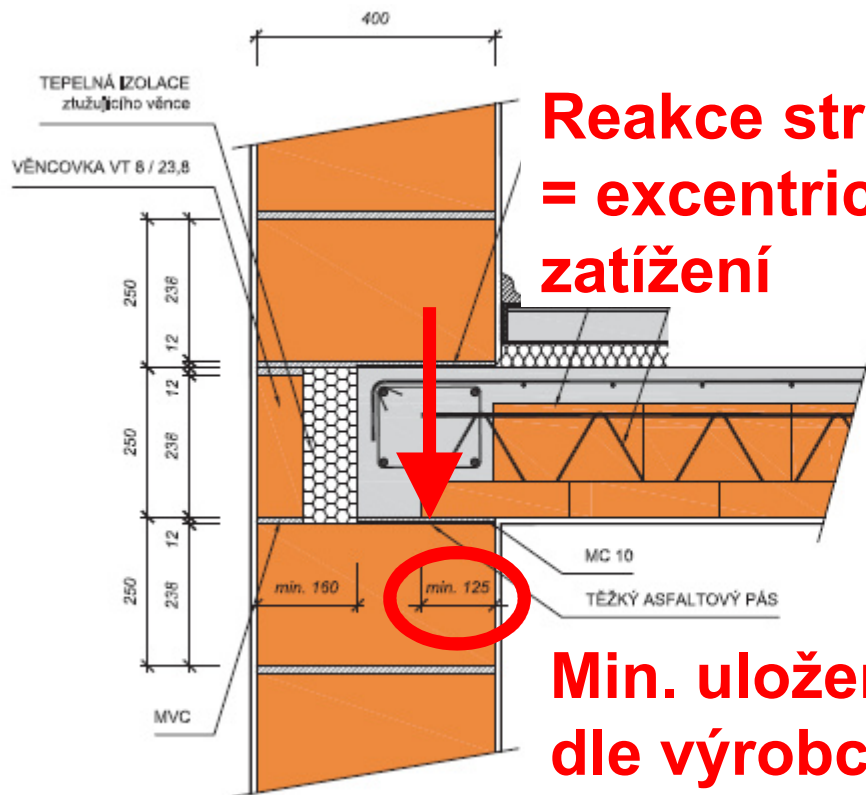
- Zmonolitnění konstrukce – dodržet min. výšku nabetonávky a třídu betonu danou výrobcem!
- Dodržet minimální rozměry ztužujícího věnce!



**ČSN EN
15037-1:
Nabetonávka
má být spojitě
vyztužena sítí
plně
zakotvenou v
podporách.
Plocha min.
50 mm²/m, tj.
např. KARI
4/200-4/200**

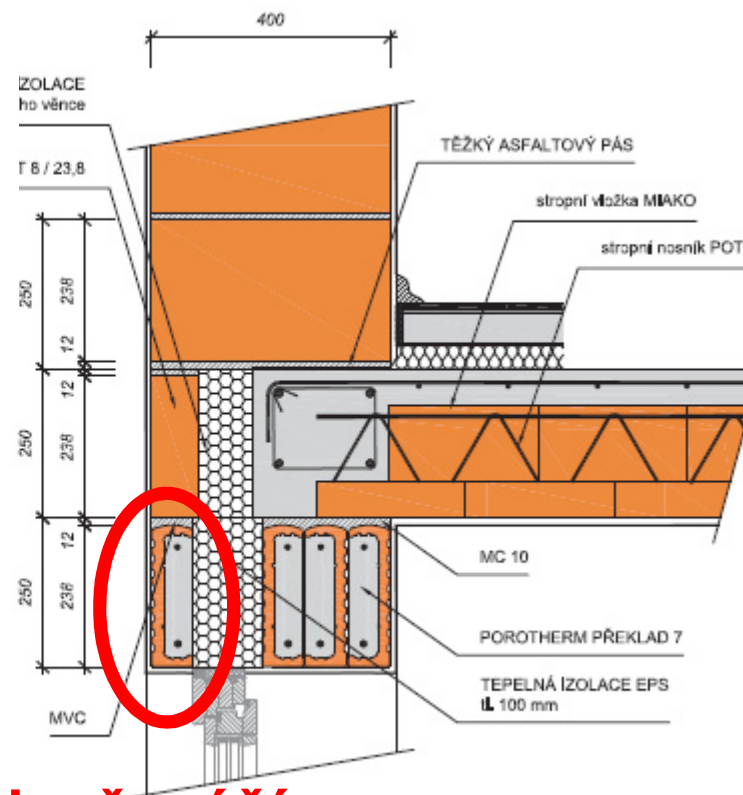


Vložkové stropy – detaily uložení



Reakce stropu = excentrické zatížení

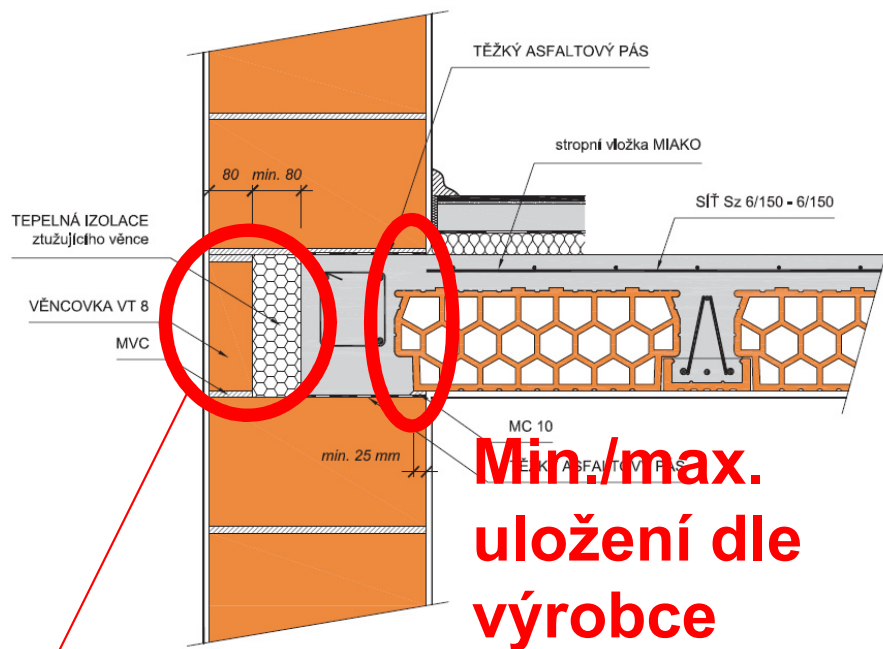
Min. uložení dle výrobce



Nepřenáší reakci od stropní kce



Vložkové stropy – detaily uložení

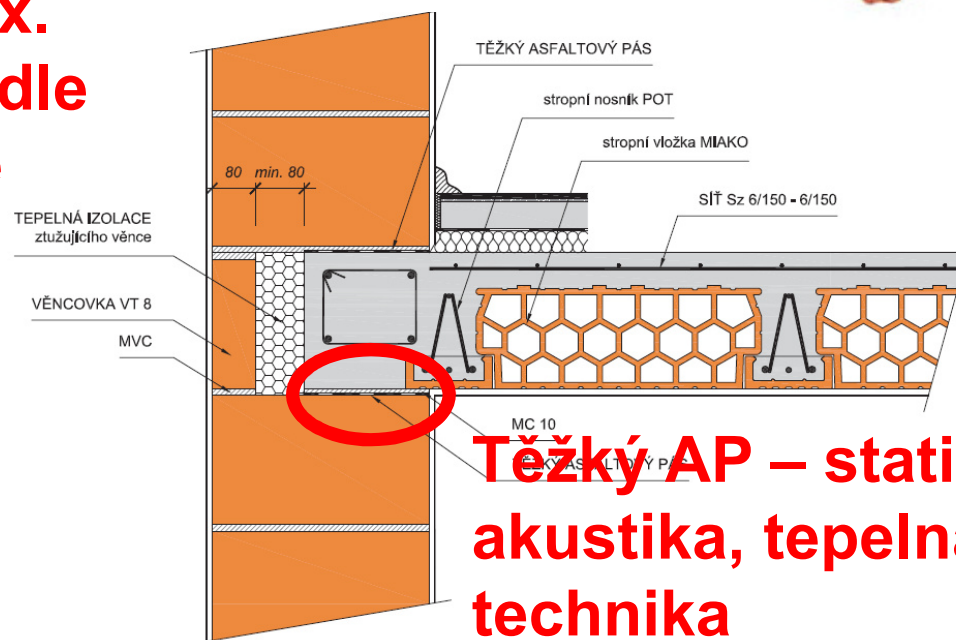
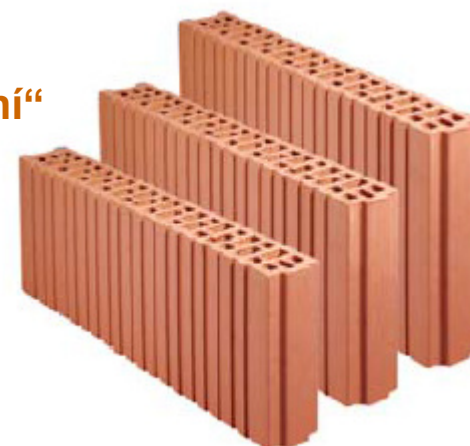


**Min./max.
uložení dle
výrobce**

**Bez věncovky
přesah zdiva
max. 1/6t**

Věncovky

- „Ztracené bednění“
- Eliminace tepelných mostů
- Podklad pro omítku

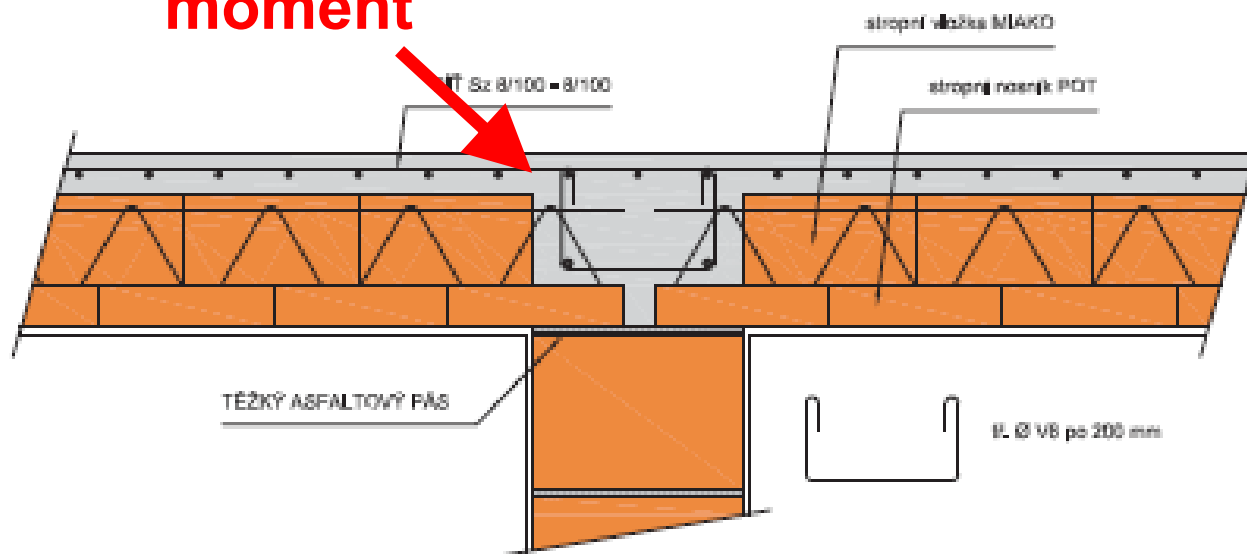


**Těžký AP – statika,
akustika, tepelná
technika**

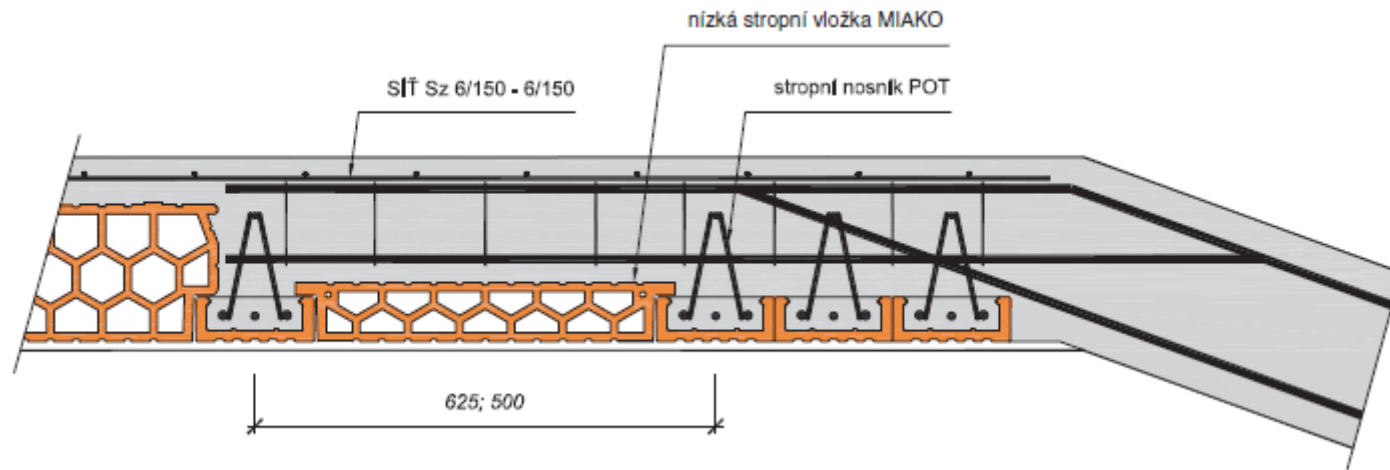


Vložkové stropy – vnitřní podpora

**Výztuž na
záporný
moment**

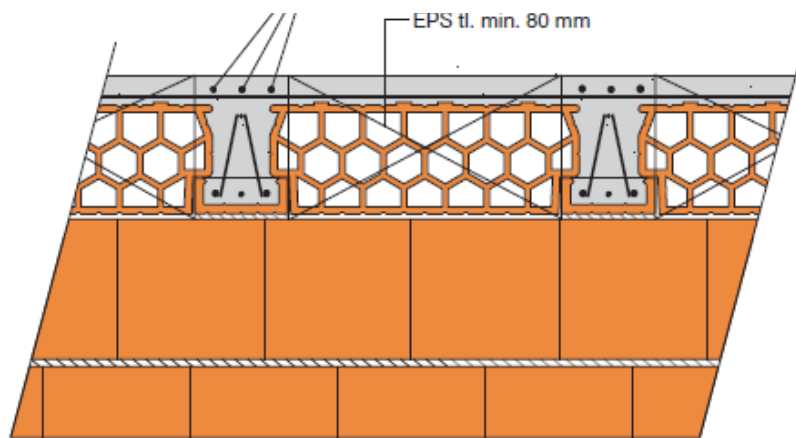
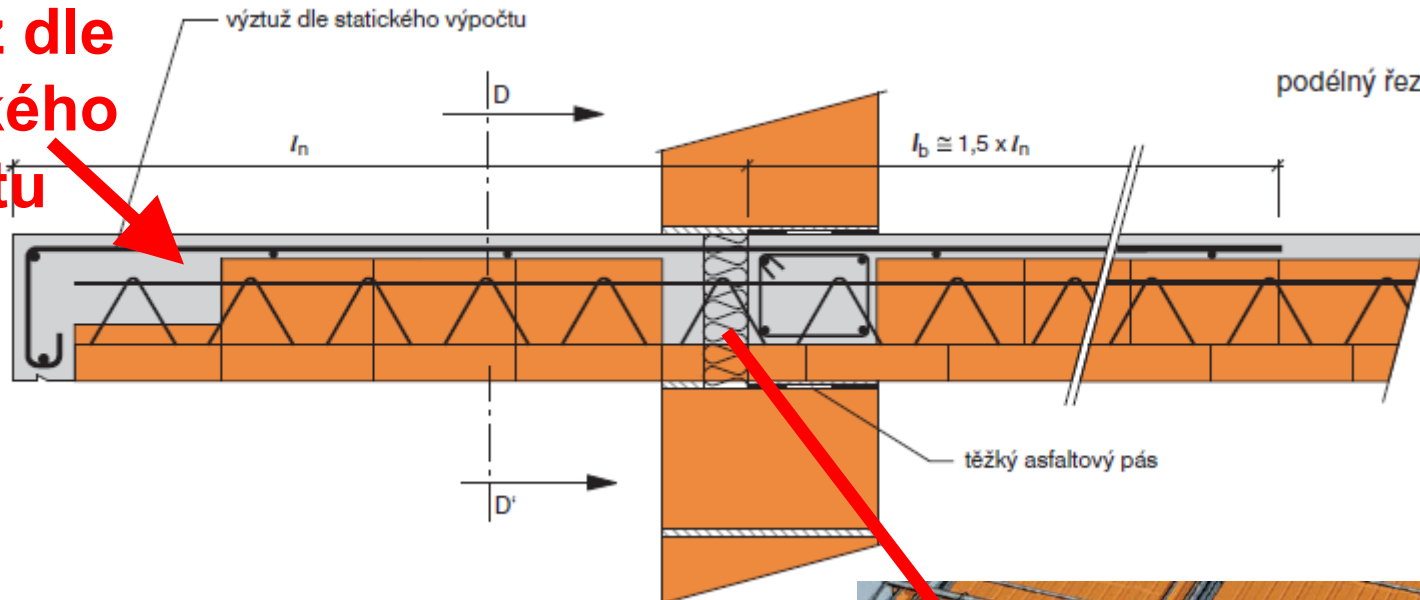


Vložkové stropy – podepření schodiště, konzola

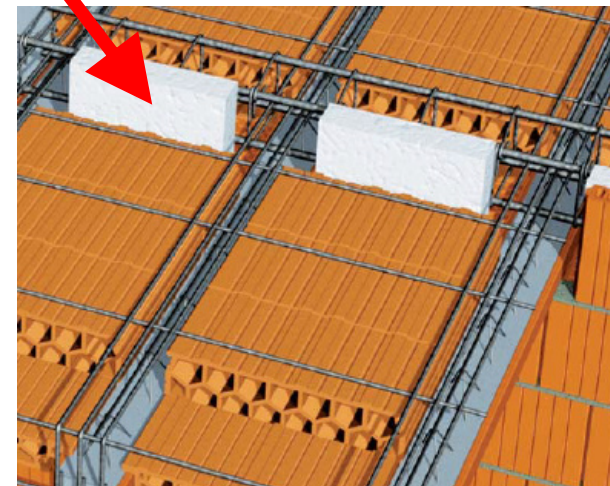


Vložkové stropy – balkonová konzola

Výztuž dle statického výpočtu

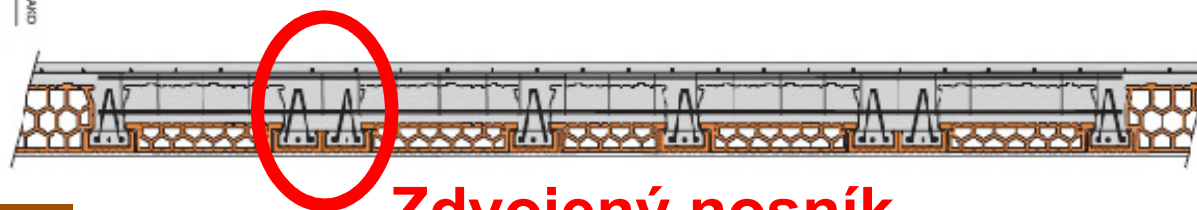
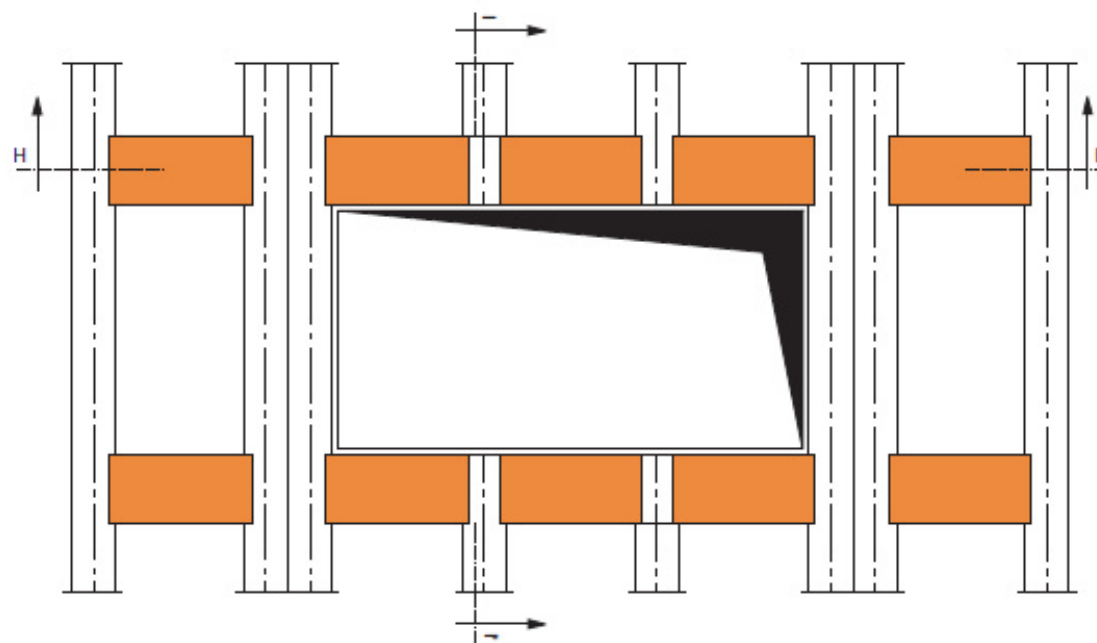
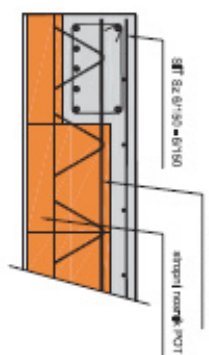
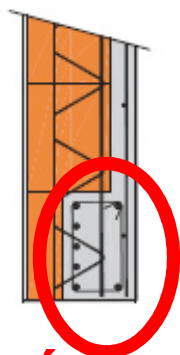


příčný řez D - D'



Vložkové stropy – prostupy

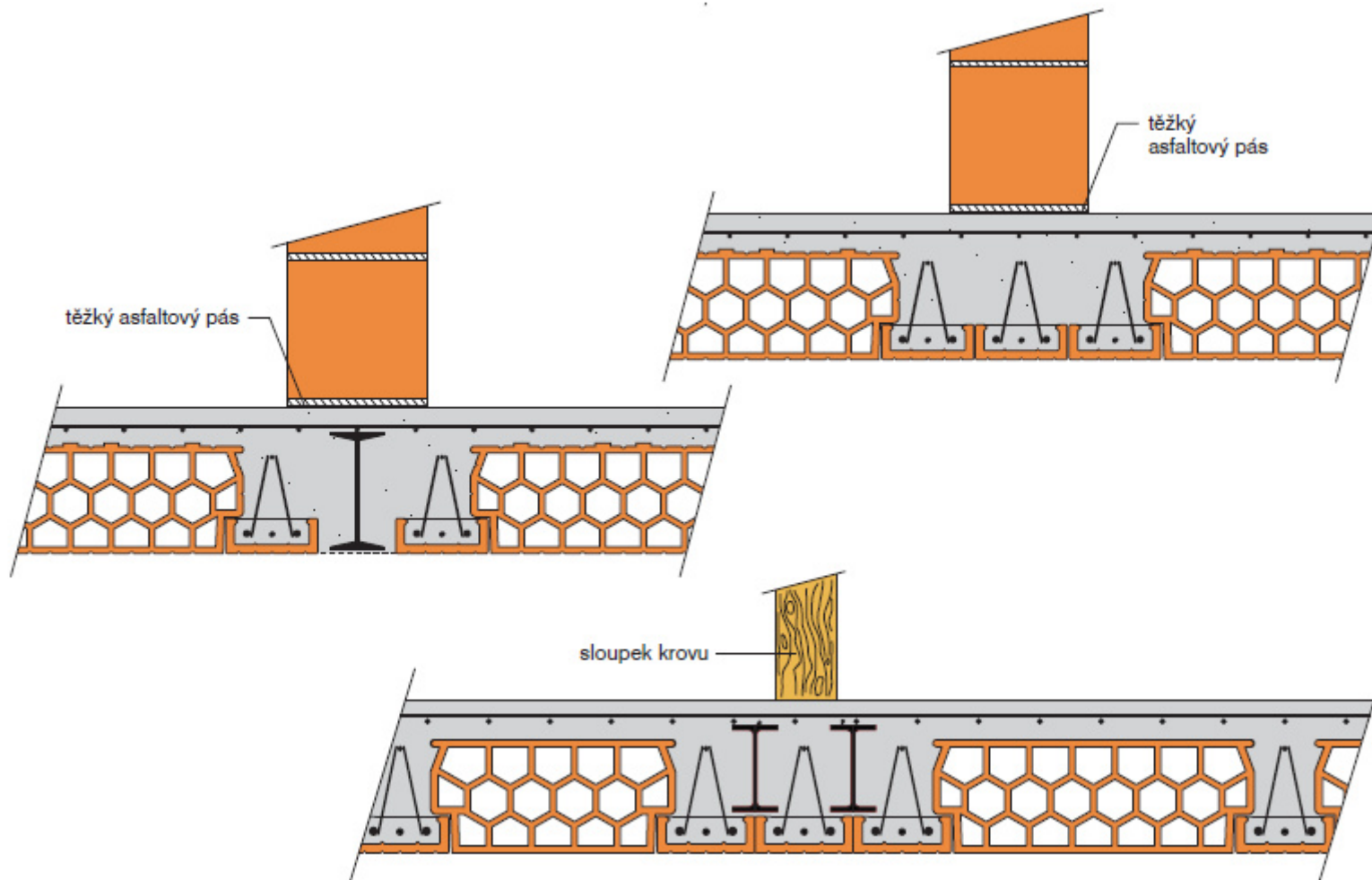
**Trámová
výměna**



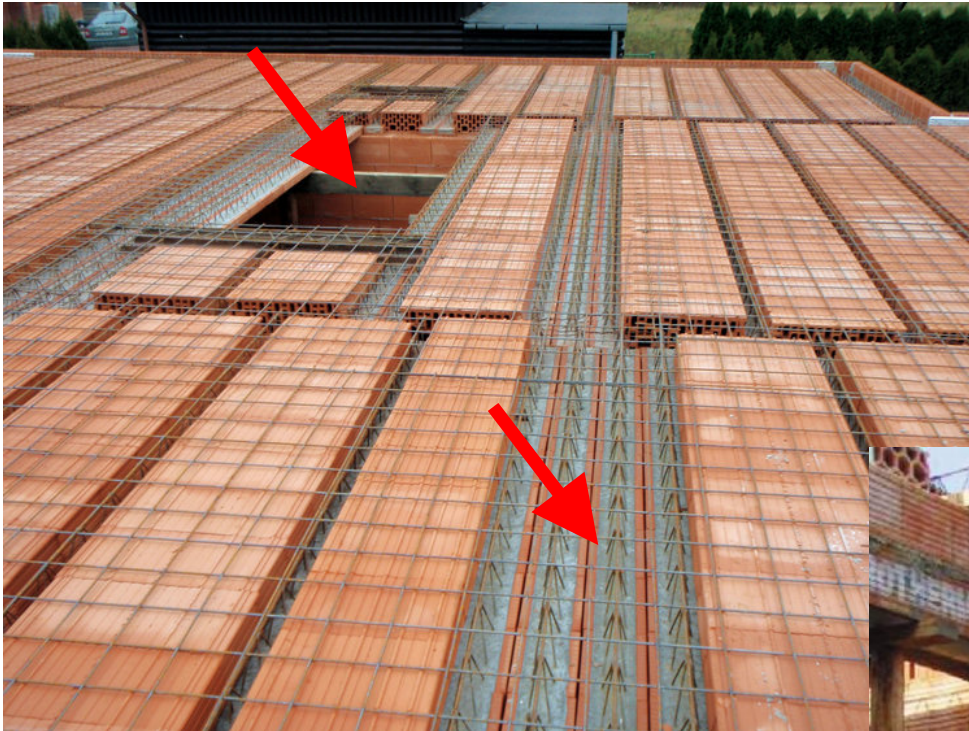
Zdvojený nosník



Vložkové stropy – těžké příčky, opření krovu



Vložkové stropy



Vložkové stropy – návrh

- Typické konstrukce při dodržení pokynů výrobce – tabulky

Únosnost stropu pro osovou vzdálenost nosníků **500 mm** a beton C 20/25, C 25/30

Délka nosníku [mm]	Světlé rozpětí [mm]	Výztuž trámečku průměr	MIAKO 15/50 PTH, h=210				MIAKO 19/50 PTH, h=250				MIAKO 23/50 PTH, h=290			
			beton C 20/25		beton C 25/30		beton C 20/25		beton C 25/30		beton C 20/25		beton C 25/30	
			g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k
1 750	1 500	2 ∅ 8	19,71	19,71	21,52	21,52	22,28	22,28	24,32	24,32	23,74	23,74	25,93	25,93
2 000	1 750	2 ∅ 8	16,59	16,59	18,15	18,15	18,77	18,77	20,53	20,53	19,96	19,96	21,85	21,85
2 250	2 000	2 ∅ 8	14,20	14,20	15,59	15,59	16,09	16,09	17,64	17,64	17,08	17,08	18,75	18,75
2 500	2 250	2 ∅ 8	12,32	12,32	13,56	13,56	13,97	13,97	15,36	15,36	14,08	14,08	16,30	16,30
2 750	2 500	2 ∅ 8	10,79	10,79	11,91	11,91	12,25	12,25	13,51	13,51	12,95	12,95	14,31	14,31
3 000	2 750	2 ∅ 10	11,58	11,58	12,76	12,76	13,17	13,17	14,50	14,50	13,95	13,95	15,38	15,38
3 250	3 000	2 ∅ 10	10,36	10,36	11,45	11,45	11,80	11,80	13,02	13,02	12,47	12,47	13,79	13,79

- Odhad tloušťky z empirie – $(1/25 - 1/20)L$





Překlady

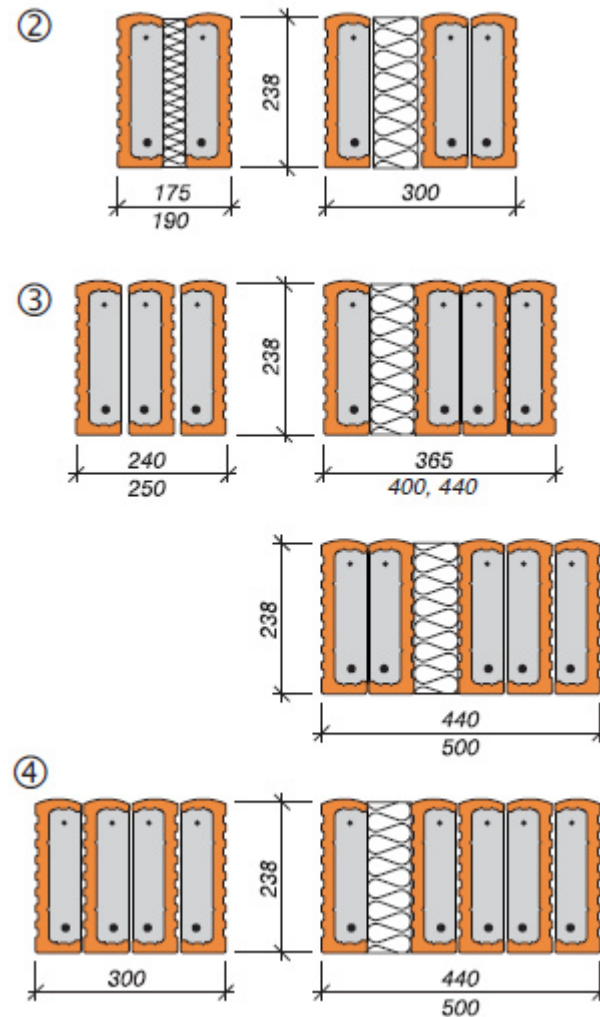
Překlady

- Prvky sloužící k překlenutí otvorů ve stěnách
- Prefabrikáty (keramické, ŽB, vyztužený porobeton) nebo monolitické (větší rozpory a zatížení)



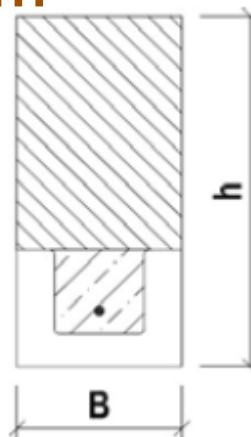
Klasické prefa překlady (keramické, ŽB, PoroB)

- Zabudovávají se ve skupinách podle tloušťky zdiva.
- *Překlady obecně:* Dodržet minimální uložení na stěnu, ukládat vždy do maltového lože tl. min. 10 mm

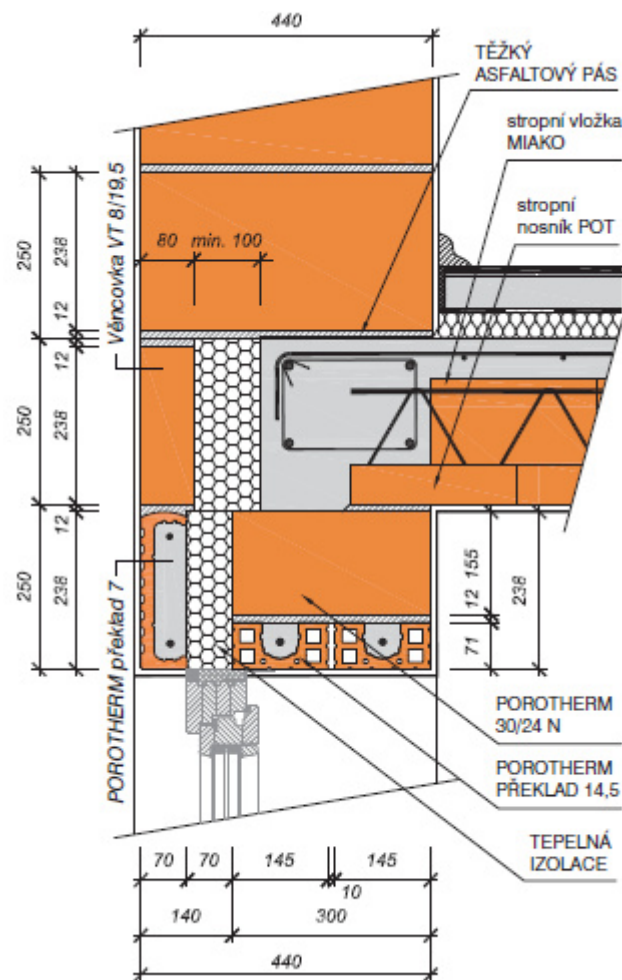


Ploché překlady

- Nejsou nosné samy o sobě
- Nutno spráhnout s tlakovou zónou (nadbetonávka, nadezdívka)
- Za účinnou tlakovou zónu nelze považovat zdivo nad stropní konstrukcí!!!

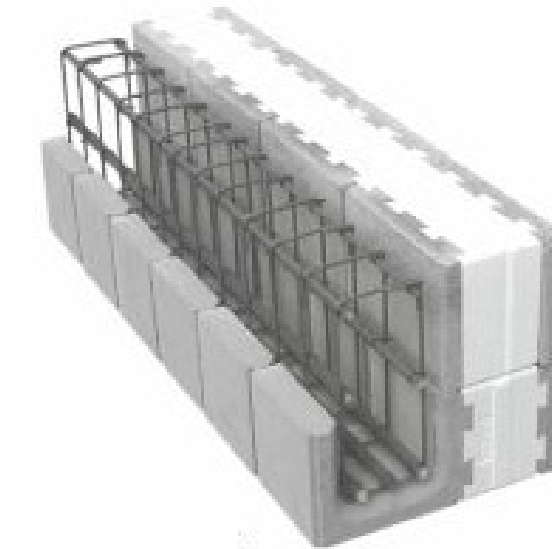
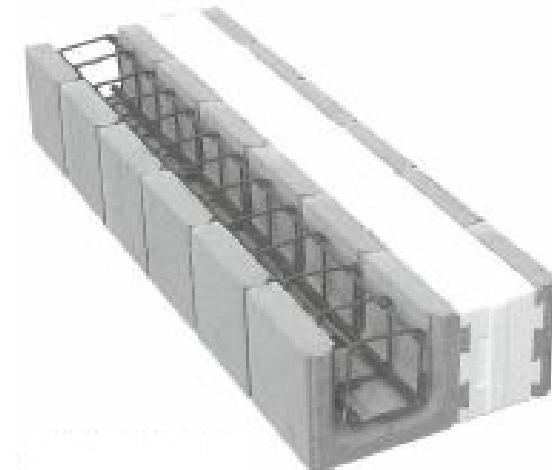


people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1



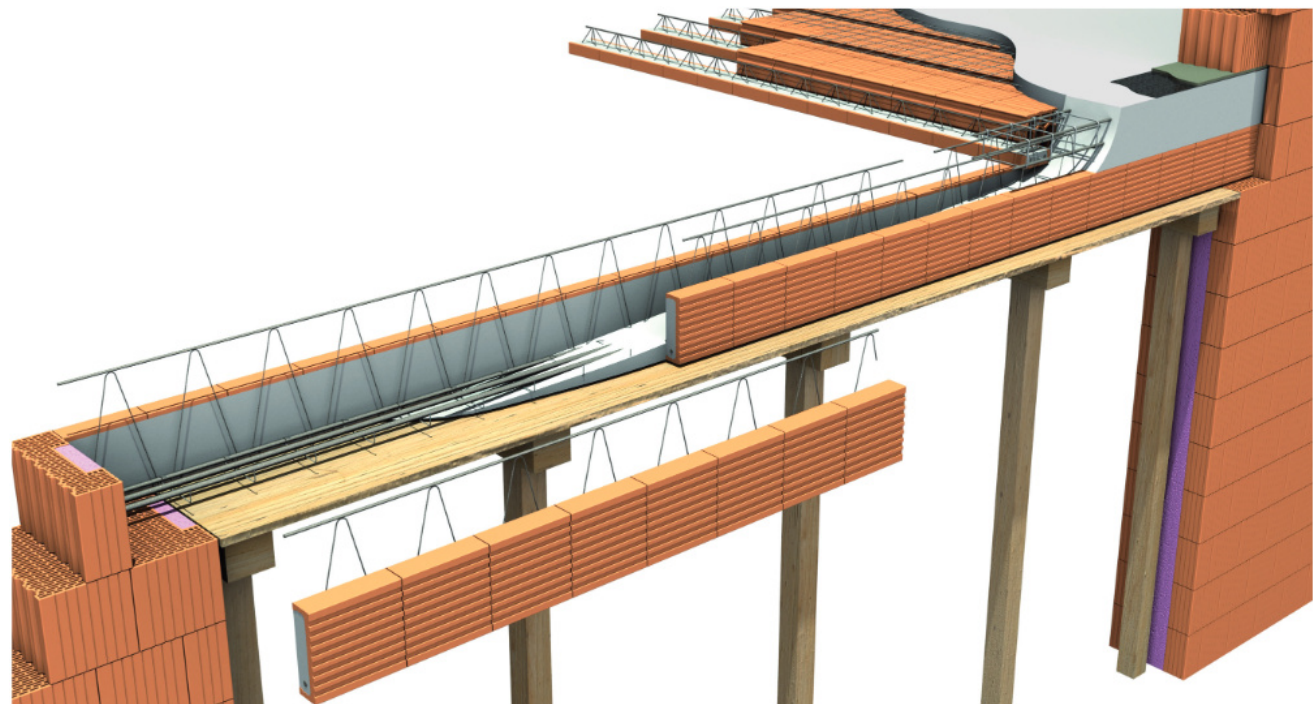
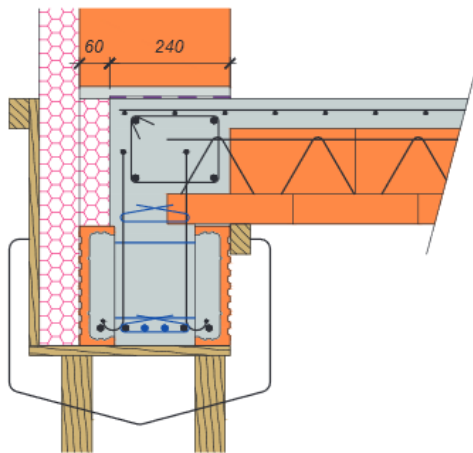
Skládané překlady

- Nejsou nosné samy o sobě
- „Ztracené bednění“ – vyváže se výztuž, kce se zmonolitní
- Lze dosáhnout velmi vysoké únosnosti



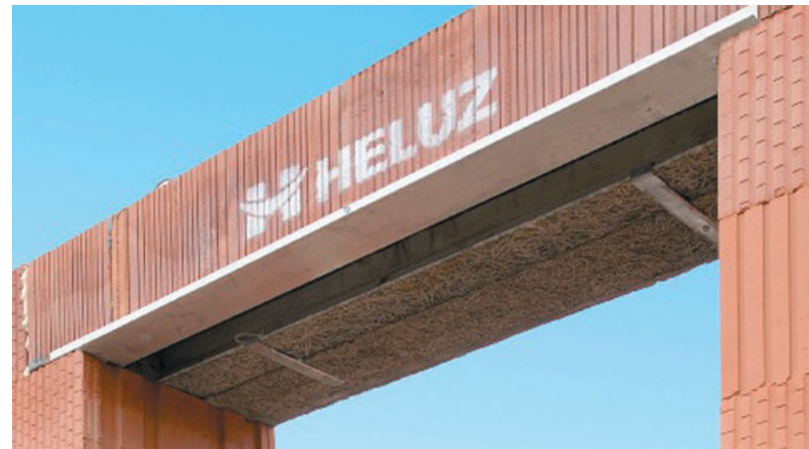
Skládané keramické překlady

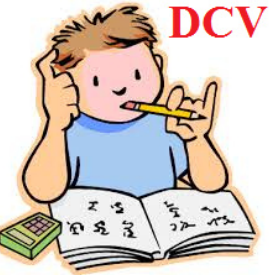
- Nejsou nosné samy o sobě
- „Ztracené bednění“ –
vyváže se výztuž, kce se
zmonolitní



Roletové překlady

- Jsou nosné samy o sobě
- Zabudování roletových/žaluziových prvků přímo do konstrukce
- Zabudovaný tepelně izolační prvek





Návrh překladů

- Tabulky výrobců

Délka mm	Uložení mm	Světlost mm	Q_u kN	M_u kNm	Zatížení q_d ①	Zatížení - kombinace překladů		
					q_d ②	q_d ③	q_d ④	
1000	125	750	14,7	1,62	16,7	33,5	50,3	67,0
1250		1000	14,5	3,06	19,2	38,4	57,6	76,8
1500		1250	14,5	3,06	12,7	25,4	38,1	50,8
1750		1500	14,4	4,84	14,4	28,8	43,2	57,6
2000	200	1600	14,3	4,84	12,7	25,5	38,2	50,9
2250		1850	14,2	5,81	11,6	23,2	34,9	46,5
2500	250	2000	14,2	5,81	10,0	20,0	30,0	40,0
2750		2250	14,2	7,83	10,1	20,3	30,4	40,6
3000		2500	14,2	7,83	7,6	15,2	22,9	30,5
3250		2750	14,2	7,83	5,7	11,4	17,1	22,8
3500		3000	14,2	7,83	4,3	8,7	13,0	17,3

- DCV: Skica řezu a pohledu na okenní nadpraží
- Pozor, které překlady skutečně přenášejí reakci od stropu!

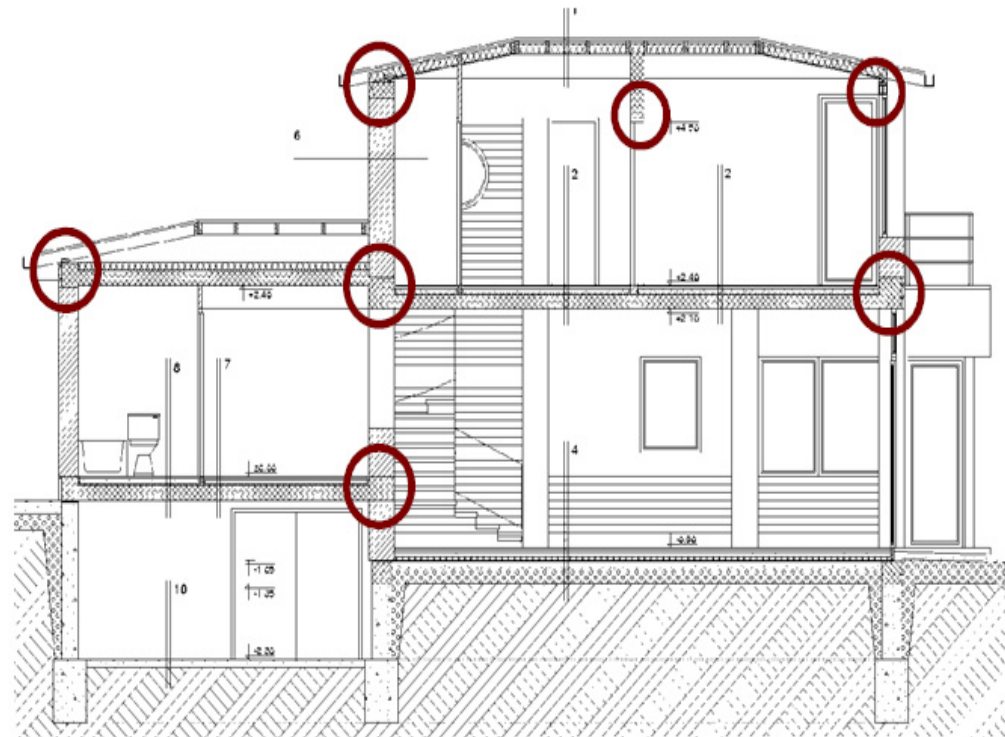




Ztužující věnce

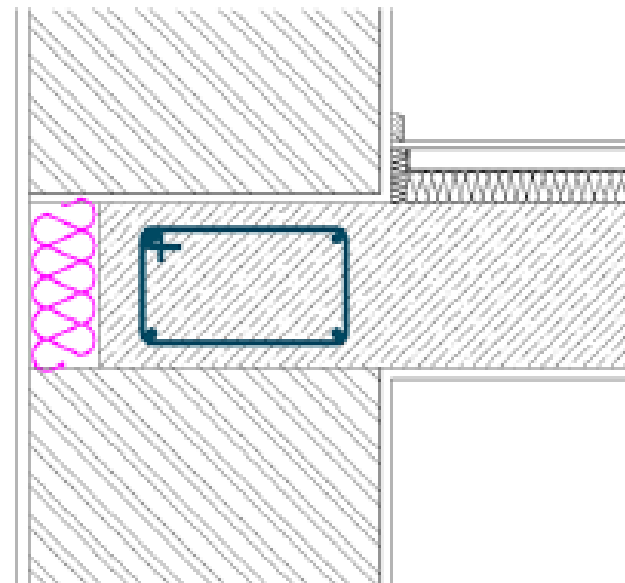
Ztužující věnce – funkce

- Ztužení budovy ve vodorovném směru (propojení stropní kce s nosnými zdmi)
- Roznášení osamělých břemen (nosníky, krov, pilíře)
- Zachycení tahových sil (nerovnoměrné sedání aj.)
- Zmonolitnění prvkové stropní konstrukce

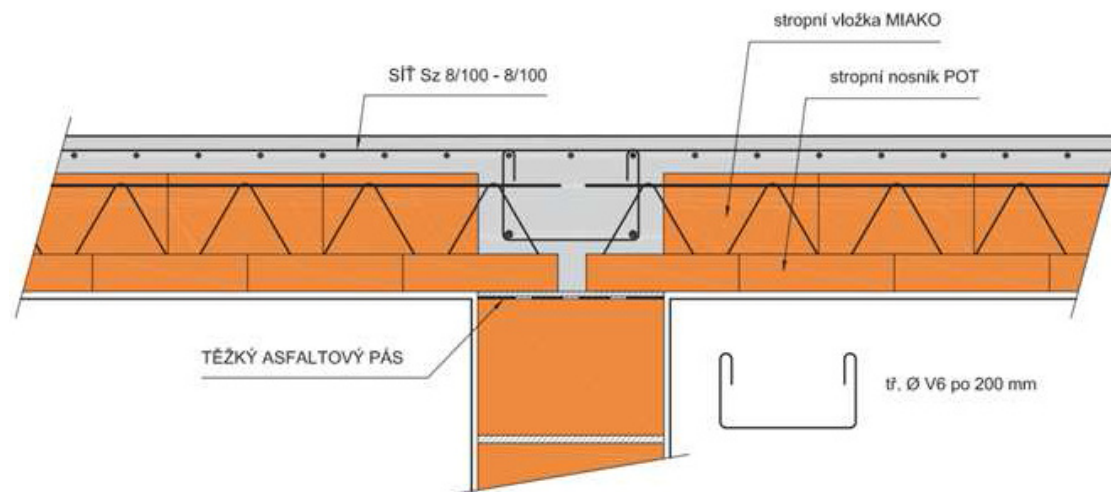
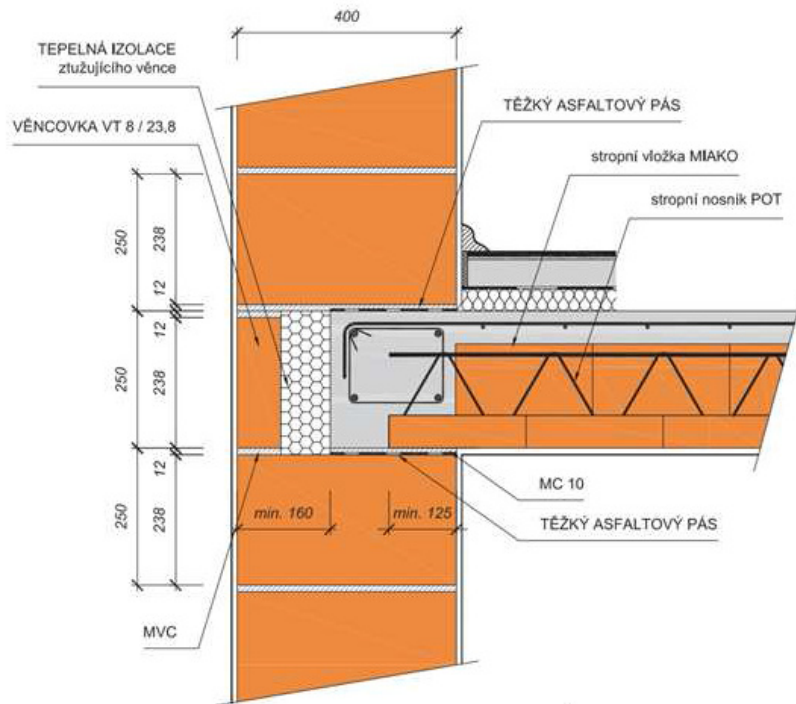


Ztužující věnce – konstrukční zásady

- Na všech nosných a ztužujících stěnách v úrovni stropní kce
- U šikmých střech pod pozednicí
- Návrh na přenos tahové síly min. 50 kN
- Výztuž min. 4x Ø10 + třmínky
- Účinný rozměr min. 150 (lépe 200) x 200 mm
- Izolovat – tepelný most



Ztužující věnce u keramických stropů



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec + sednutí základu



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec + podkopání základu



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec + blesková povodeň



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec +
vodorovná síla od krovu



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Zásah do základů při rekonstrukci



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Neaktivovaná ocelová táhla + obkopání základu kvůli hydroizolaci + déšť



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Věnec pod pozednicí nesvázaný s příčnou stěnou





Výkresy skladby

Co je výkres skladby?

- Zobrazuje stropní konstrukci a svislé nosné konstrukce
- Jde o **pohled shora na vyskládanou stropní konstrukci**
- V každém směru alespoň jeden **sklopený řez** (obecně tolik, aby byly zobrazeny všechny potřebné detaily)
- Obvykle na části půdorysu **detailně rozkreslena skladba** jednotlivých prvků, na zbytku stačí definovat polohu os nosníků

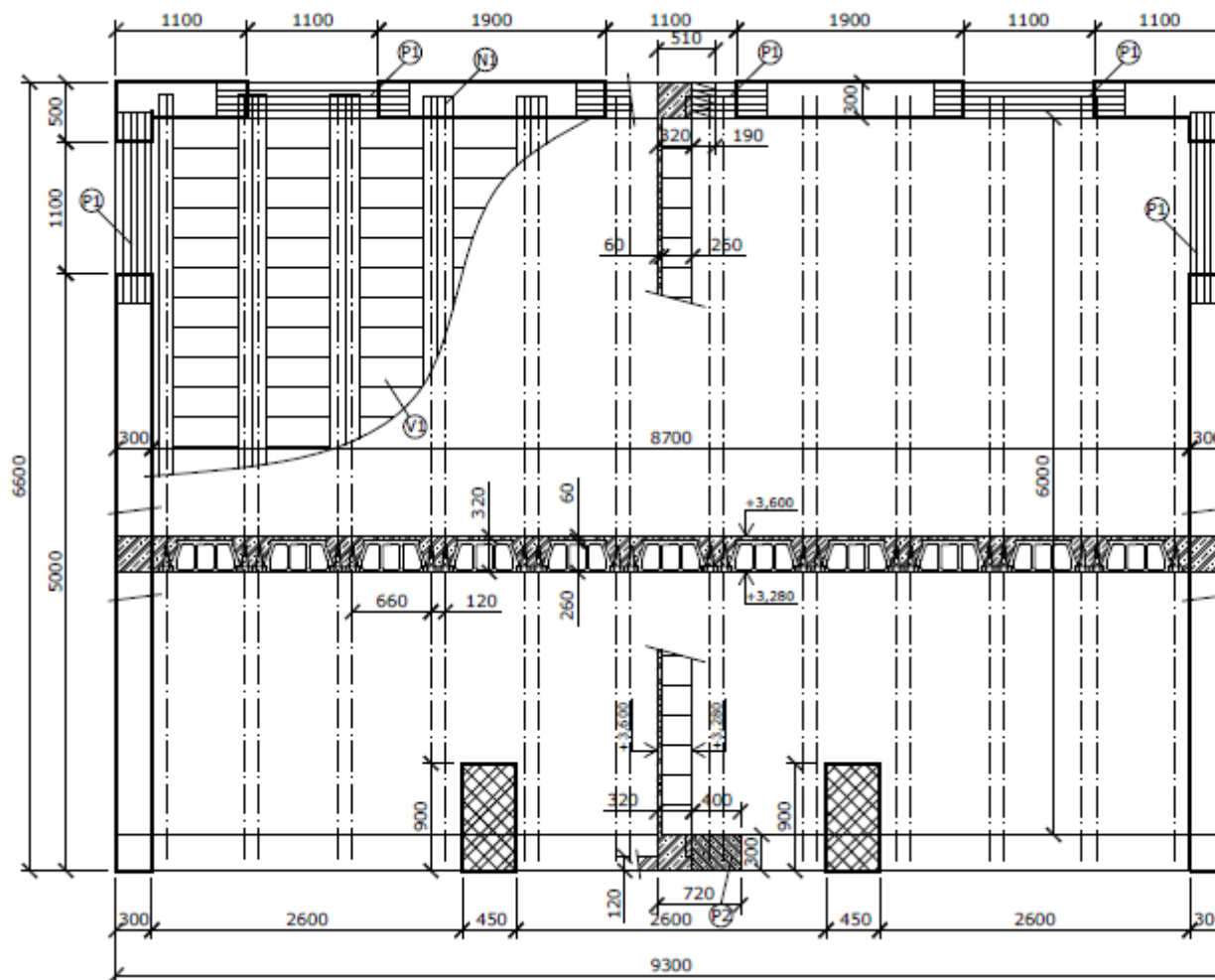


Zásady výkresu skladby

- Čáry:
 - Pohled shora na prvky stropní konstrukce tence plně
 - Nosné svislé konstrukce tlustě plně
 - Sklopené řezy tence plně
 - Osy nosníků tence čerchovaně
- Popis překladů, vložek a nosníků – přímo k prvku nebo označení v bublině + legenda
- Legenda materiálů: Zdivo = zdící prvky + malta
- Co je vidět zvenku, kótovat zvenku



Vzor výkresu skladby



LEGENDA

-  BETON TŘÍDY C20/25
-  ZDIVO Z CIHEL BS KLATOVY CV-B P15 (290/140/65) NA MC10
-  ZDIVO Z CIHEL BS KLATOVY TN30 AKU P10 (400/300/190) NA MCS
-  ZDIVO Z CIHEL BS KLATOVY TP 12-B P3 (500/120/190) NA MCS
-  P1 PŘEKLAD PŘ-60/190/1600, L=1600 mm, ULOŽENÍ 250 mm (25 ks)
-  P2 PŘEKLAD MONOLITICKÝ 300/400, L=9300 mm
-  N NOSNÍK ST-S22=640/1400, L=6400 mm, ULOŽENÍ 200 mm (24 ks)
-  V1 STROPNÍ VLOŽKA SV-M26 (264 ks)

POZNÁMKY

- V SOULADU S ČSN EN 15037-1 BUDE V CELÉ PLOŠE DO NADBETONÁVKY PŘI HORNÍM LÍCI VLOŽENA VÝZTUŽNÁ KARI SÍŤ Ø4 à 150 mm / Ø4 à 150 mm
- MUSÍ BÝT DODRŽENA MINIMÁLNÍ HODNOTA KRYCÍ VRSTVY VÝZTUŽE STANOVENÁ PODLE ČSN EN 1992-1-1
- PŘI PROVÁDĚNÍ MUSÍ BÝT DODRŽENY POKYNY PRO MONTÁŽNÍ PODEPŘENÍ A MINIMÁLNÍ NADVÝŠENÍ NOSNÍKŮ PODLE POKYNOVÝ VÝROBCE
- NEJLÍNĚJŠÍ SOUČÁSTI TOHOTO VÝKRESU JSOU VÝKRESY DETAILŮ A STATICKÝ VÝPOČET

VÝKRES SLOUŽÍ POUZE JAKO FORMÁLNÍ VZOR ZPRACOVÁNÍ VÝKRESU SKLADBY PRO STUDENTY

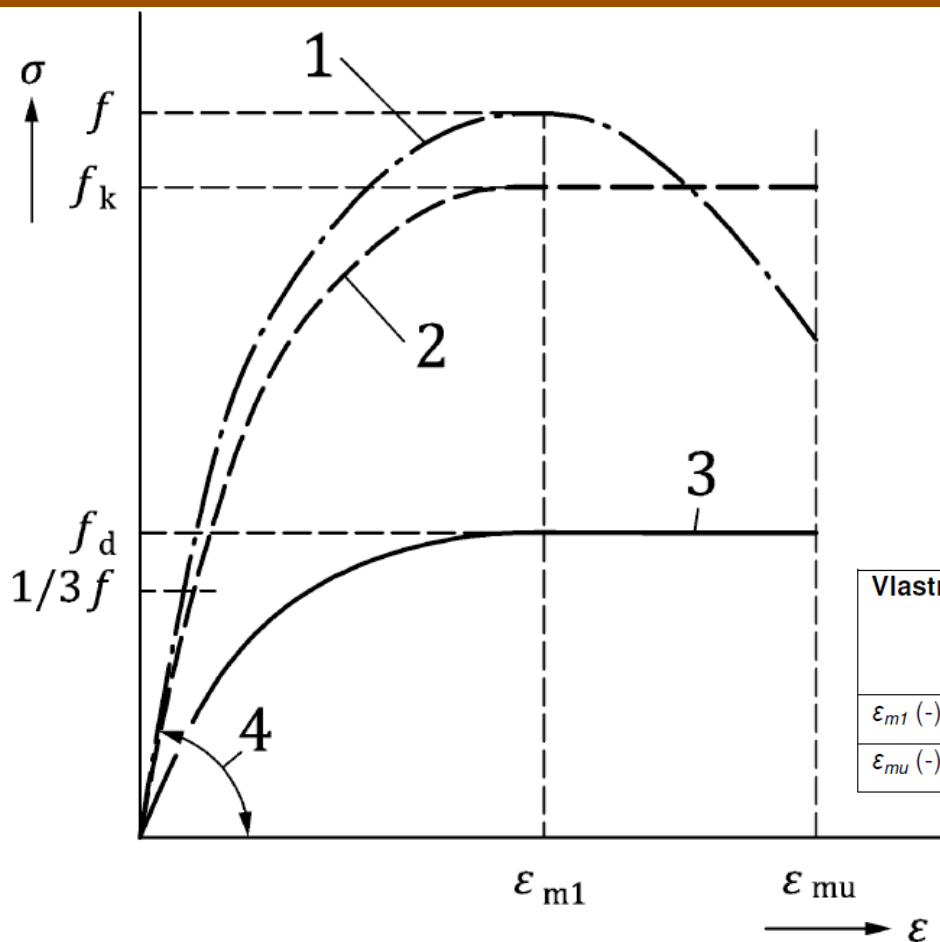
VÝKRESY STUDENTŮ BUDOU OBSAHOVAT VŠE, CO TENTO VZOR (VČETNĚ POZNÁMEK), JINAK NEBUDOU SCHVÁLENY!!!





Zdivo: Materiály, vlastnosti

Pracovní diagram zdiva pro namáhání v tlaku



Legenda

- 1) typický, skutečný průběh
- 2) idealizovaný diagram (parabolicko-obdélníkový)
- 3) návrhový diagram
- 4) $\arctg(E)$

Vlastnost	Zdicí prvky Skupiny 1 jiné než z betonu s lehkým kamenivem a z autoklávaného pórobetonu	Ostatní zdicí prvky
ε_{m1} (-)	0,002	0,001 75
ε_{mu} (-)	0,003 5	0,002

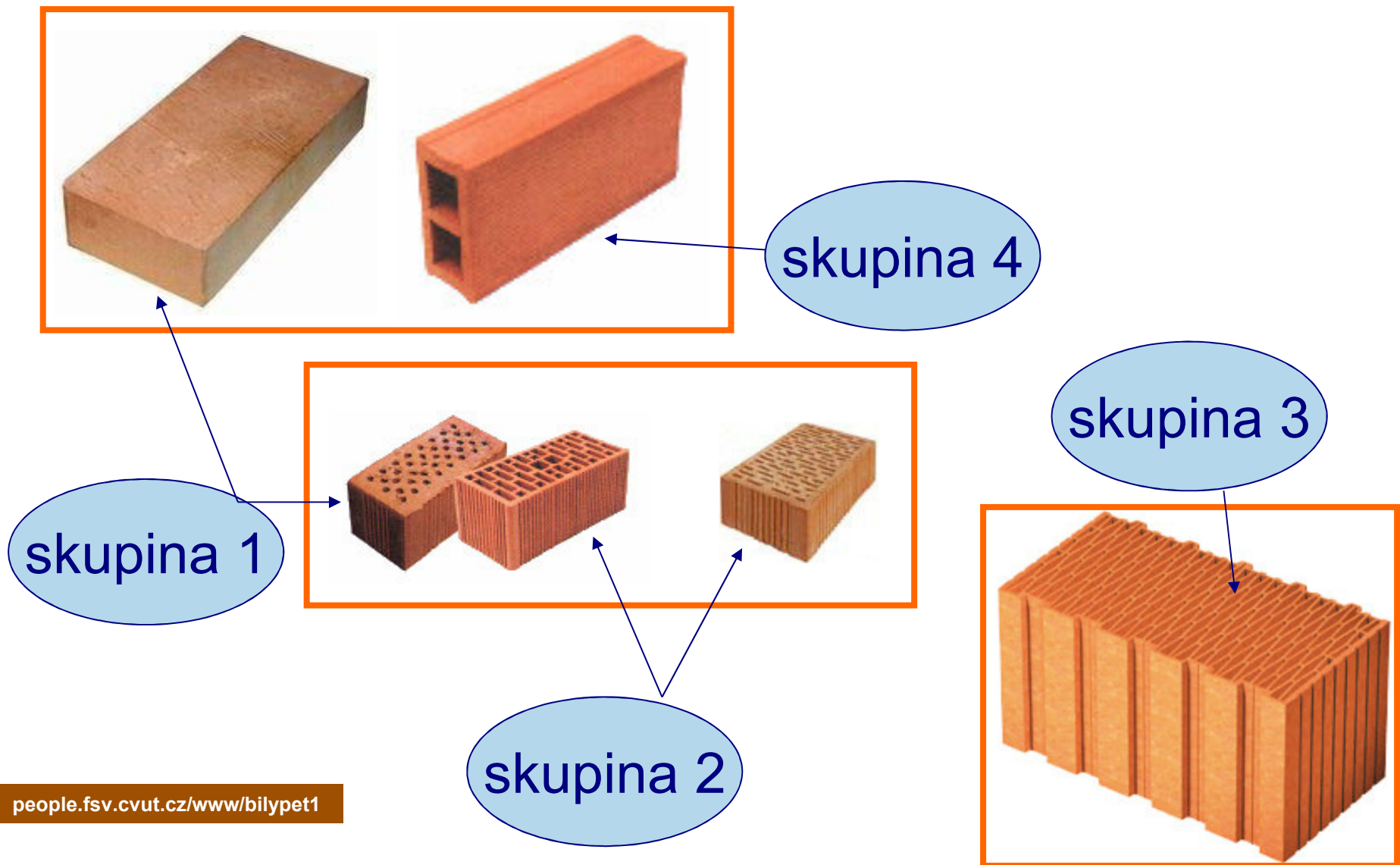


ZDIVO = ZDICÍ PRVKY + MALTA

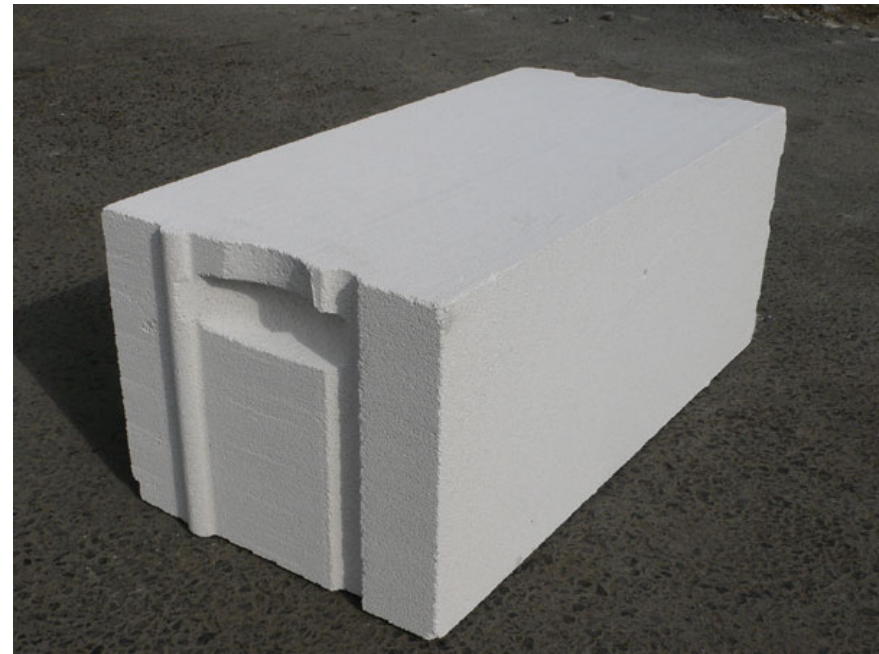
- **ZDICÍ PRVKY** ČSN EN 771-X Specifikace zdicích prvků
ČSN EN 772-X Zkuš. metody pro zd. prvky
- **Kategorie zdicích prvků**
 - Kategorie I: pravděpodobnost, že se nedosáhne deklarované pevnosti je menší než 5%
 - Kategorie II: zdicí prvky nesplňující kategorii I
- **Skupiny zdicích prvků (zjednodušeně)**
 - Skupina 1: svislé otvory do 25% objemu prvku
 - Skupina 2: svislé otvory do 55% objemu prvku
 - Skupina 3: svislé otvory do 70% objemu prvku
 - Skupina 4: vodorovné otvory



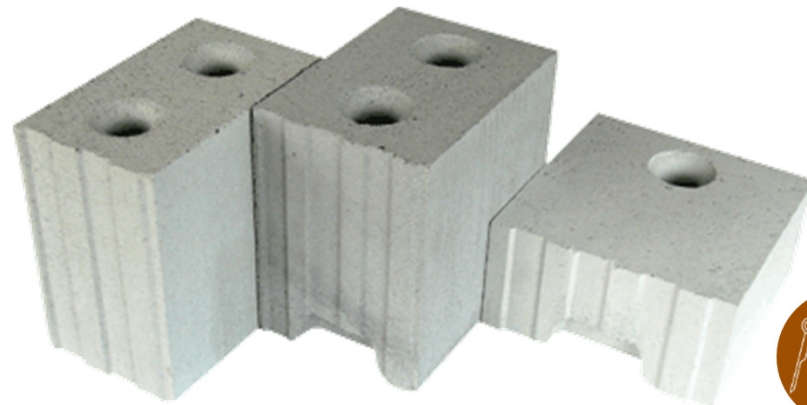
Skupiny pálených zdicích prvků



Další materiály zdicích prvků



- Beton
- Porobeton
- Vápenopísek



Normalizovaná průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku

- **ČSN EN 772-1: Zkušební metody pro zdící prvky –**
- Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku, příloha A

$$f_b = \eta \delta f_u \text{ [MPa]}$$

$\eta = 1$	kondicionování na vzduchu nebo kondicionování pro dosažení 6% vlhkosti
$\eta = 0,8$	kondicionování pro dosažení vysušeného stavu
$\eta = 1,2$	kondicionování pod vodou
δ	vliv rozměrů zdícího prvku
f_u	<u>průměrná</u> pevnost zdícího prvku v tlaku [MPa]



Normalizovaná průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku

- Tabulka A.1 – Součinitel tvaru δ vyjadřující vliv rozměrů zdícího prvku

Šířka [mm] Výška [mm]	50	100	150	200	250 a větší
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
250 a větší	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15



Malty

- **ČSN EN 998-2:** Specifikace malt pro zdivo – Část 2: Malta pro zdění
- Pevnost malty v tlaku f_m se stanoví podle ČSN EN 1015-11
- Druhy malt

- obyčejné – tloušťka ložné spáry 10 nebo 12 mm

- pro tenké spáry – ložná spára 0,5 až 3mm

- lehké (s pórovitým kamenivem)
– ložná spára (5), 10 nebo 12 mm

lepidlo

celoplošné lepidlo

~~PU pěna~~

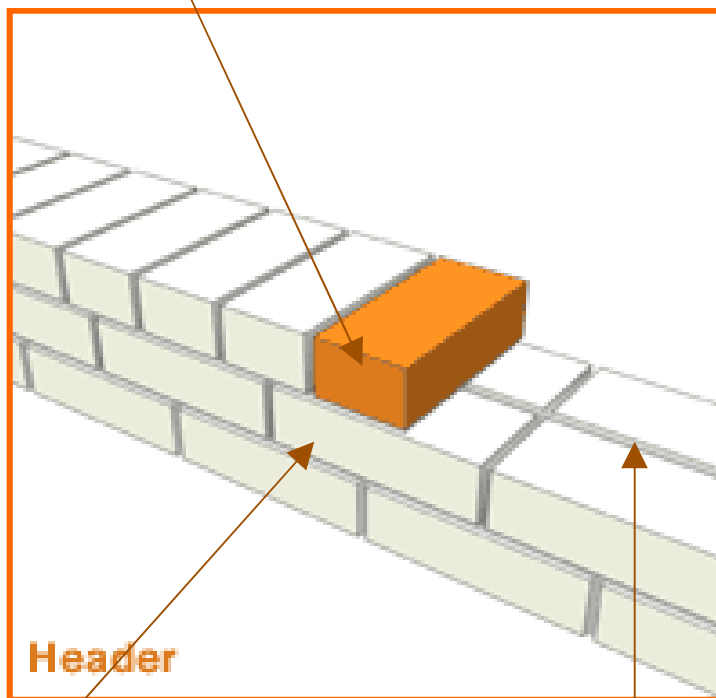
PU nelze počítat dle normy!

-
- návrhové M5 tovární výroba
 - předpisové 1 : 1 : 5 na stavbě: objemové díly cementu, vápna, písku

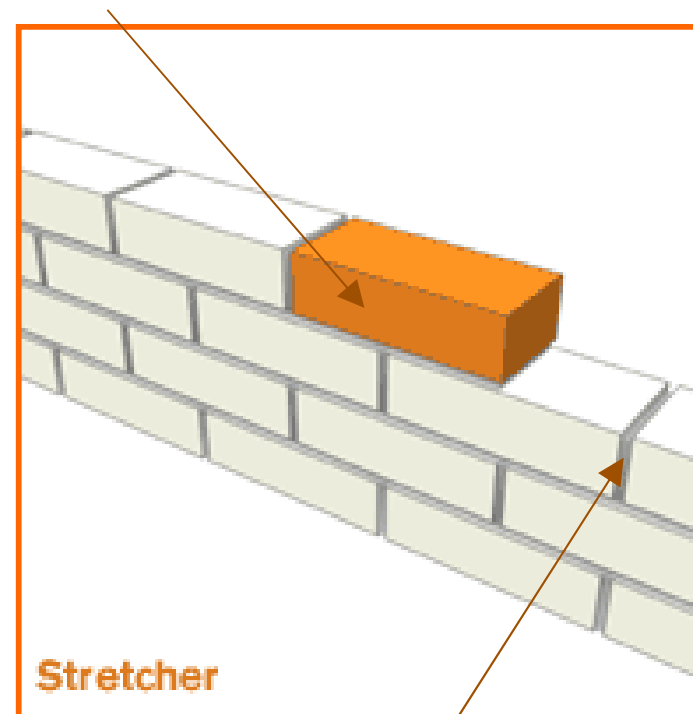


Konstrukční zásady: Vazba zdiva

Vazák



Běhoun



ložná spára

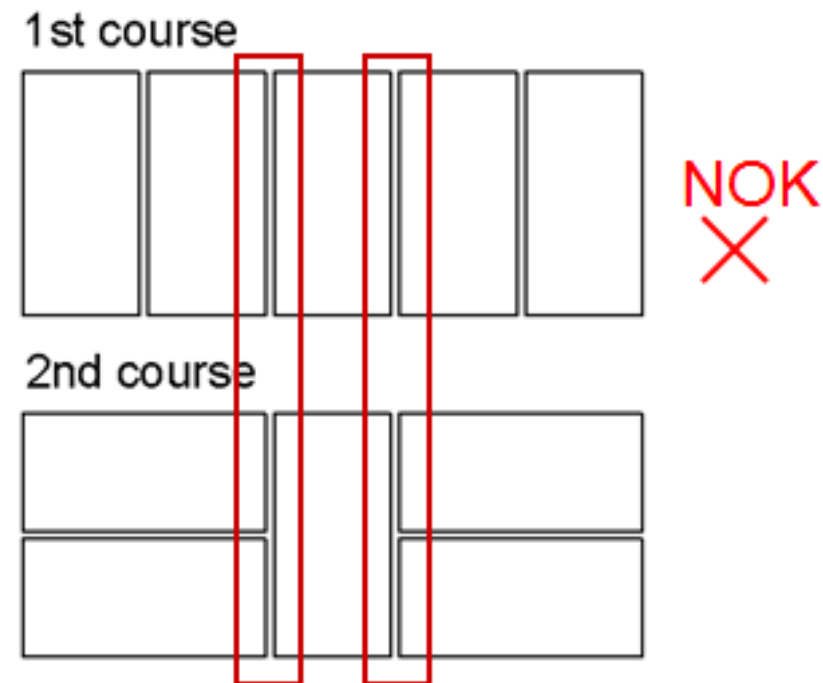
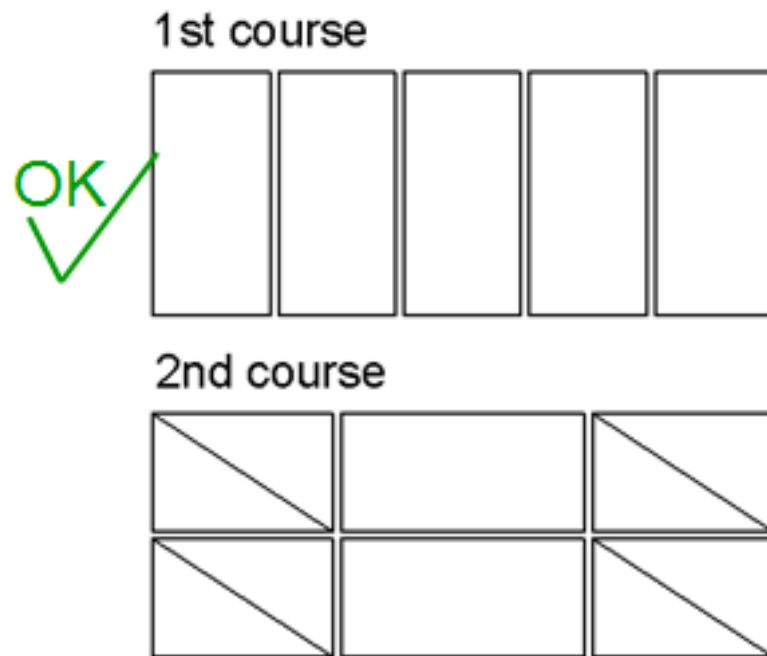
podélná styčná spára

příčná styčná spára



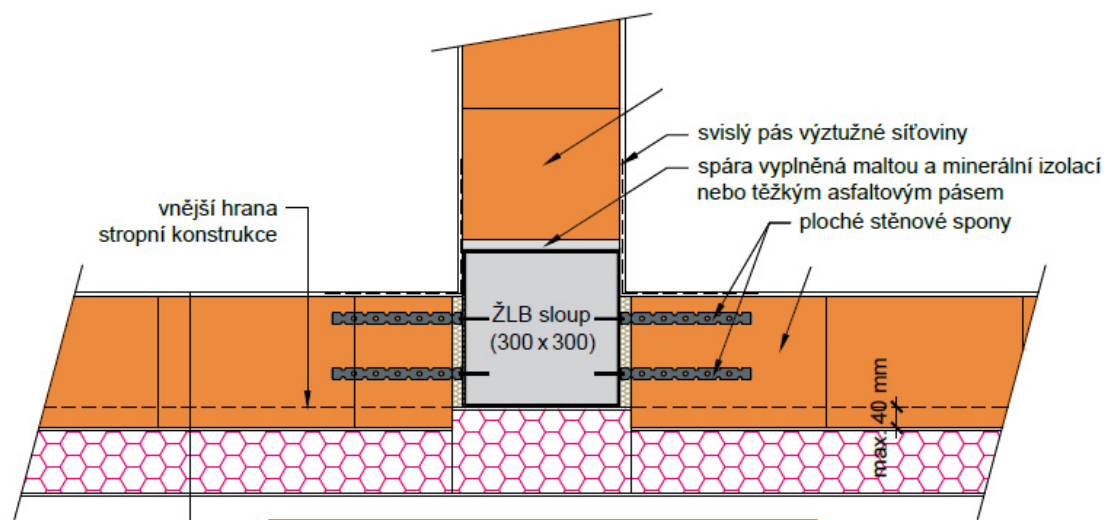
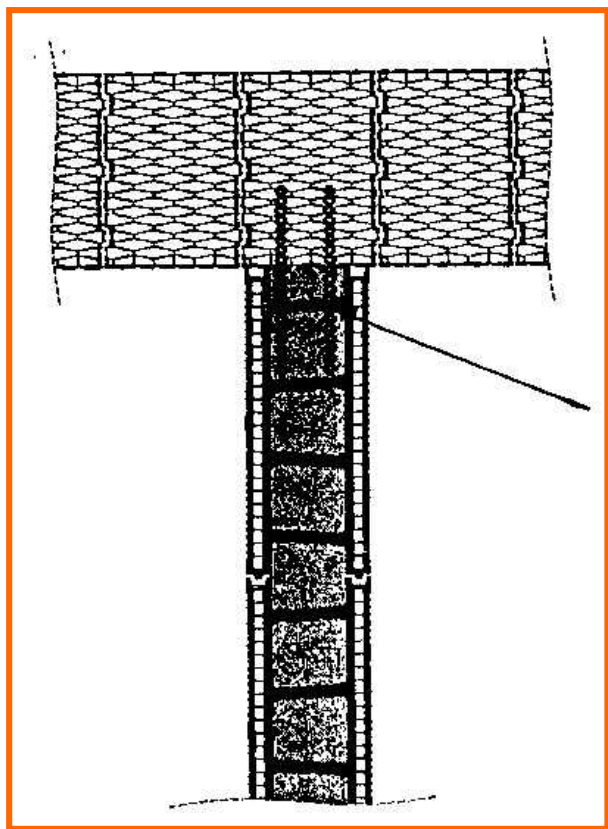
Konstrukční zásady: Vazba zdiva

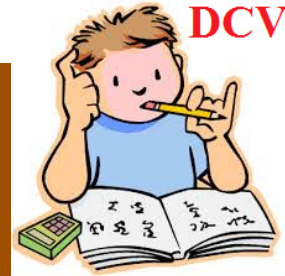
- Návrh vazby: sudá/lichá vrstva
- Spáry v sudé/liché vrstvě se nesmějí překrývat



Konstrukční zásady : Stěnové spony

- Stěny nepropojené vazbou, napojení na ŽB kce – spojení pomocí nerez. spon v ložných sparách





Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

- Stanovení výpočtem **charakteristické hodnoty pevnosti zdiva v tlaku f_k**
- Zdivo z obyčejné malty a malty s pórovitým kamenivem:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

- Zdivo na maltu pro tenké spáry s pálenými zdicími prvky skupiny 1 a 4, vápenopískovými zdicími prvky, betonovými prvky s hutným nebo pórovitým kamenivem nebo s prvky z pórobetonu

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85}$$



Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

- Zdivo na maltu pro tenké spáry s pálenými zdicími prvky skupiny 2 a 3

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7}$$

kde

K je součinitel závislý na druhu zdicích prvků a malty,

f_b se uvažuje ≤ 75 MPa při použití obyčejné malty;

se uvažuje ≤ 50 MPa při použití malty pro tenké spáry;

f_m se uvažuje ≤ 20 MPa či $\leq 2 f_b$ při použití obyč. malty;

se uvažuje ≤ 10 MPa při použití malty pro tenké spáry.



Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

- Součinitel K

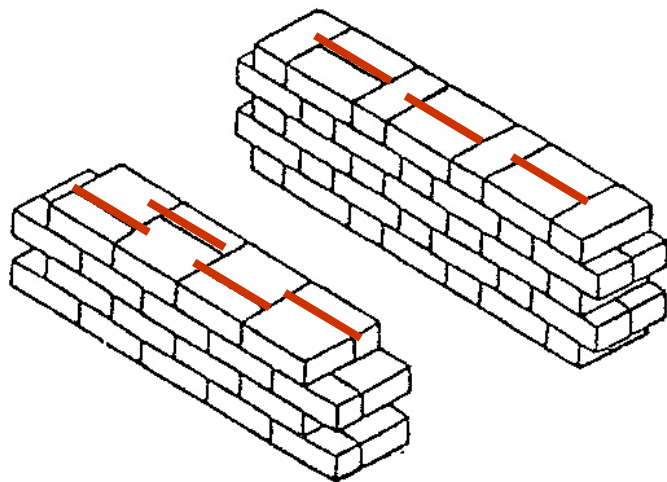
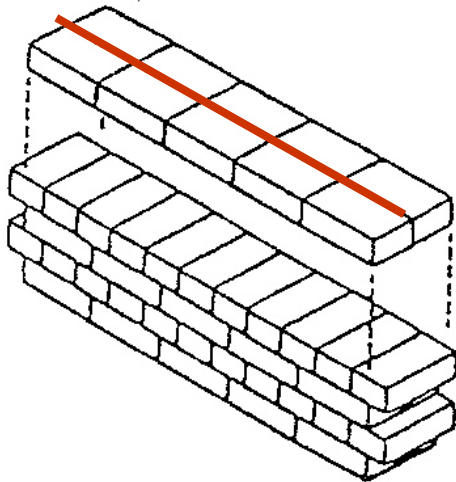
Zdicí prvky		Obyčejná malta	Malta pro tenké spáry	Lehká malta objemové hmotnosti	
				$600 \leq \rho_d \leq 800 \text{ (kg/m}^3\text{)}$	$800 < \rho_d \leq 1\,500 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
Pálené	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Vápenopískové	Skupina 1	0,55	0,80	a	a
	Skupina 2	0,45	0,65	a	a
Betonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	a	a
	Skupina 4	0,35	a	a	a
Pórobetonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Z umělého kamene	Skupina 1	0,55	0,80	a	a
Pravidelné zdicí prvky z přírodního kamene	Skupina 1	0,45	a	a	a

^a Tato kombinace malty a zdicích prvků se obvykle nepoužívá, a proto žádná hodnota není uvedena.



Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

- Součinitel K pro zdivo s podélnou styčnou spárou



Pro zdivo vyzdění na obyčejnou maltu, ve kterém se bude vyskytovat v celé délce stěny nebo její části podélná styčná spára,

např. tedy pro stěny a pilíře z klasických cihel ($290/140/65\text{mm}$) nebo z cihel metrického (německého) formátu ($240/115/71\text{mm}$) se

hodnota součinitele K vynásobí součinitelem 0,8.



Modul pružnosti zdiva

- Krátkodobý modul pružnosti zdiva E je sečnový modul při úrovni napětí v prvku $1/3f$
- Stanoví se zkouškami podle EN 1052-1 (při zkoušce zdiva v tlaku) nebo lze použít krátkodobý sečnový modul pružnosti zdiva:

$$E = K_E f_k$$

$K_E = 1000$ pro zdivo ze zdicích prvků pálených, vápenopískových, betonových tvárnic s hutným kamenivem a přírodního kamene;

$K_E = 700$ pro zdivo z tvárnic pórobetonových a tvárnic s pórovitým kamenivem



Pevnost zdiva ve smyku f_v

- Charakteristická hodnota pevnosti zdiva ve smyku f_{vk} , pokud **všechny spáry jsou zcela vyplněny maltou**:

$$f_{vk} = f_{vk0} + \mu_f \sigma_d \leq 0,065 f_b$$

Pokud **styčné spáry nejsou zcela vyplněny maltou**:

$$f_{vk} = 0,5f_{vk0} + \mu_f \sigma_d \leq 0,045 f_b$$

μ_f je charakteristická hodnota součinitele tření zdiva v ložné spáře;

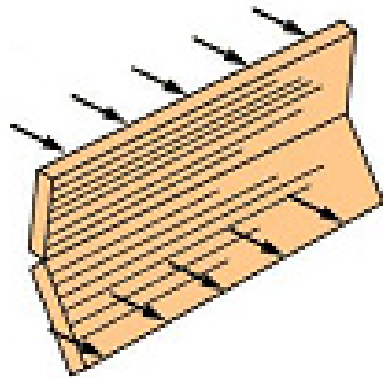
$\mu_f = 0,4$ pro smyk v rovině stěny (typicky pro ztužující stěny)

$\mu_f = 0,6$ pro smyk kolmo k rovině stěny (typicky pro suterénní stěny)

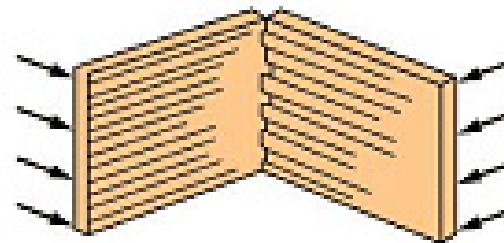


Pevnost zdiva v tahu za ohybu f_x

- Počáteční charakteristické hodnoty pevností v tahu za ohybu f_{xk1} a f_{xk2} se stanoví **zkouškou** podle ČSN EN 1052-2 nebo se určí podle tabulky v ČSN EN 1996-1-1 (podle druhu zdicích prvků a malty)



f_{xk1}



f_{xk2}



Návrhové pevnosti zdiva

- Návrhová pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám :

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

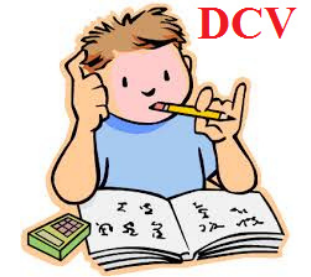
- Návrhová pevnost zdiva ve smyku:

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

- Návrhová pevnost zdiva v tahu za ohybu:

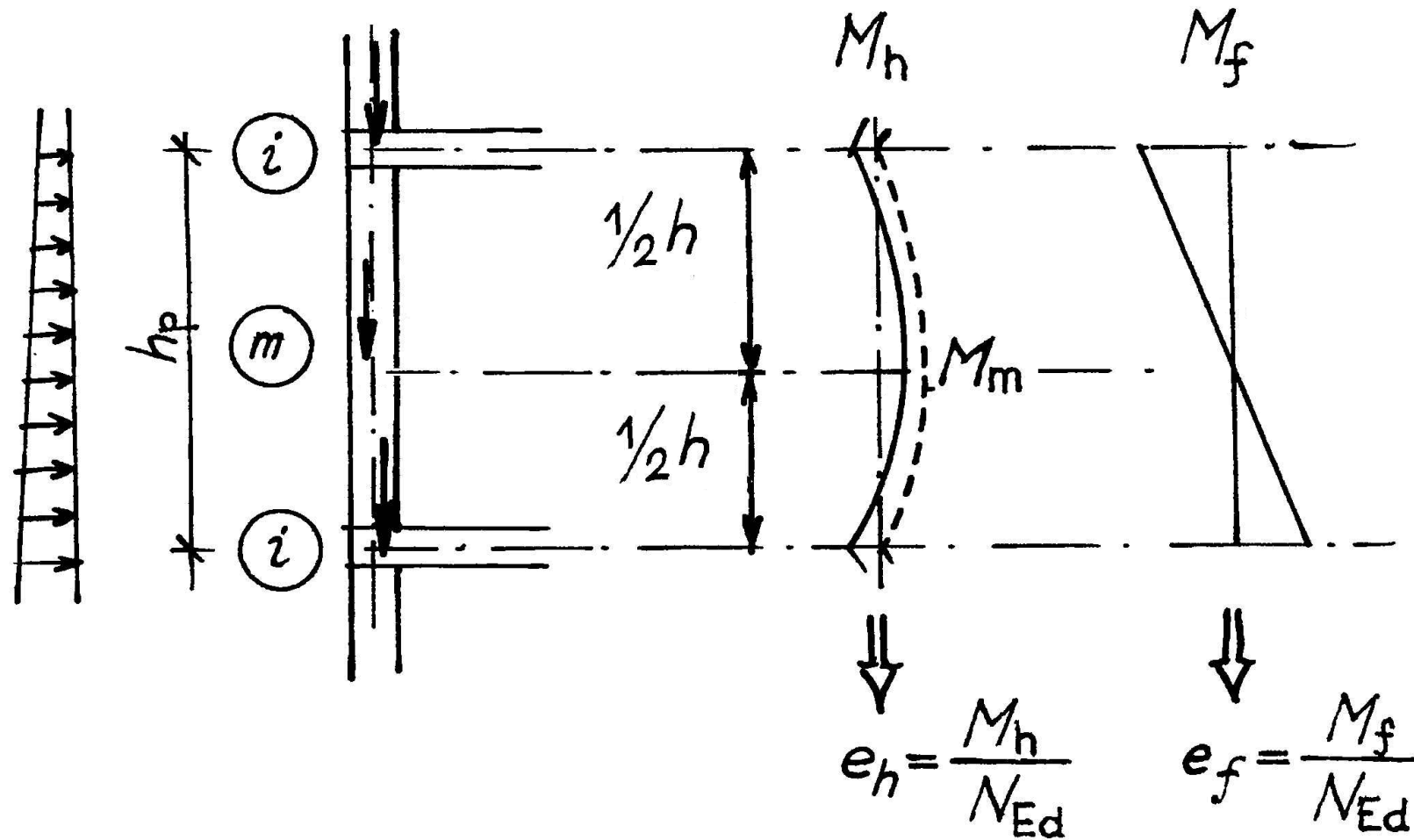
$$f_{xd} = f_{xk} / \gamma_M$$





Nevyztužené zděné stěny (pilíře) namáhané převládajícím svislým zatížením

Posuzované průřezy



Návrhová únosnost

$$N_{Rd\ i,m} = \Phi_{i,m} b t f_d$$

$\Phi_{i,m}$ součinitel vlivu výstřednosti zatížení a
vzpěru

t rozměr průřezu v směru výstřednosti (tloušťka)

b šířka průřezu

f_d návrhová pevnost zdiva

pro $A = tb < 0,1\text{m}^2 \rightarrow : N_{Rd} = \Phi tb (0,7 + 3A) f_d$,
kde $A [m^2]$



Štíhlost stěny/pilíře

- Zděné stěny a pilíře musejí splňovat kritérium štíhlosti

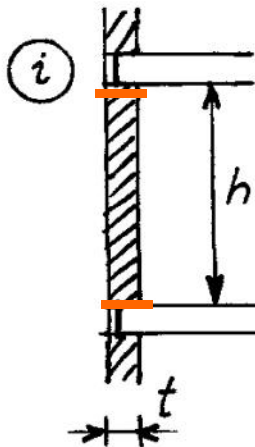
$$\frac{h_{\text{ef}}}{t_{\text{ef}}} \leq 27$$



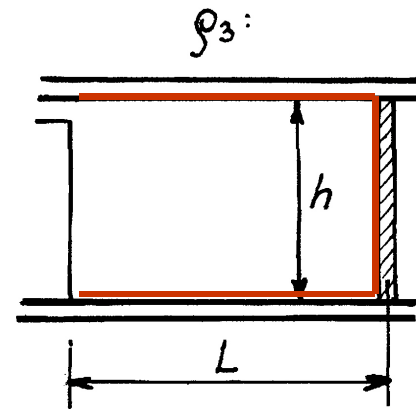
Vzpěrná (efektivní, účinná) výška h_{ef}

- $h_{ef} = \rho_n h$
- *Součinitel podle způsobu podepření stěny (pilíře) stropní konstrukcí*

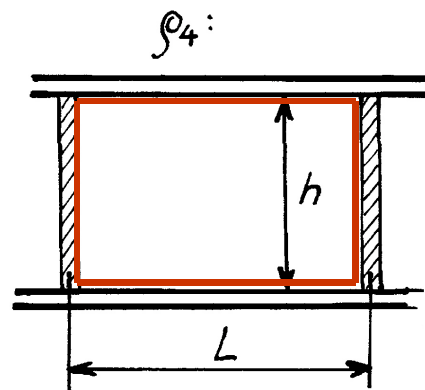
- ρ_2



- ρ_3



- ρ_4



Vzpěrná (efektivní, účinná) výška h_{ef}

ρ_2

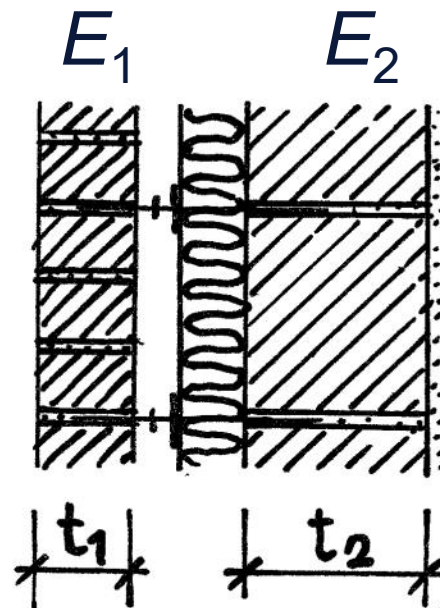
- $\rho_2 = 0,75$
 - Stěny, které jsou v hlavě a v patě z obou stran ve stejné výšce bočně podepřeny železobetonovými stropy nebo střechami
 - Stěny, které jsou z jedné strany podepřeny železobetonovým stropem, který je do stěny zapuštěn na hloubku, která se rovná nejméně $2/3$ tloušťky stěny tak, že vytváří adekvátní podporu proti pootočení, a kde platí, že výstřednost působícího zatížení v hlavě stěny je menší než $1/6$ tloušťky stěny
- $\rho_2 = 1,00$
 - Ostatní stěny podepřené v hlavě i v patě



Účinná tloušťka t_{ef}

- $t = t_{ef}$ pro jednovrstvé a dvouvrstvé stěny, stěny s lícovou vrstvou, dutinové stěny s výplňovým betonem
- $t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} t_1^3 + t_2^3}$ pro dvouvrstvé stěny se vzduchovou dutinou účinně spojené sponami

$$k_{tef} = E_1/E_2 \leq 2$$

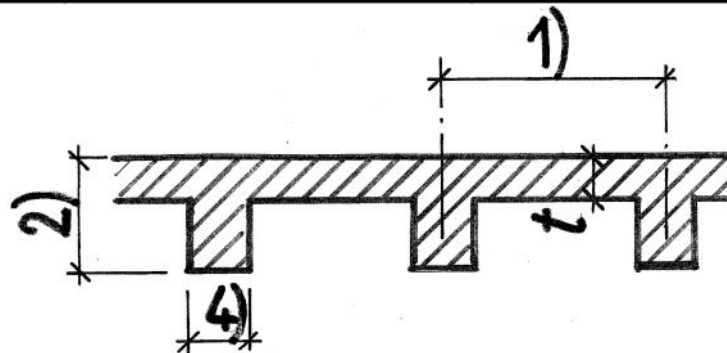


Účinná tloušťka t_{ef}

- Účinná tloušťka stěny zesílené pilíři

$$t_{ef} = \rho_t t$$

ρ_t - poměr osové vzdálenosti pilířů 1) k jejich šířce 4)	Poměr tloušťky pilířů 2) ke skutečné tloušťce stěny t , ke které jsou připojeny		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0



Φ_i – zmenšující součinitel v hlavě a patě stěny/pilíře (vliv výstřednosti)

$$\Phi_i = 1 - 2e_i / t$$

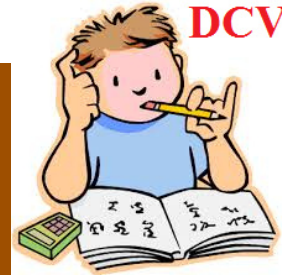
$$e_i = e_{fi} + e_{hi} + e_{init} \geq 0,05t \rightarrow \Phi_i \leq 0,9$$

e_{fi} . . . výstřednost od svislého zatížení

e_{hi} . . . výstřednost od vodorovného zatížení

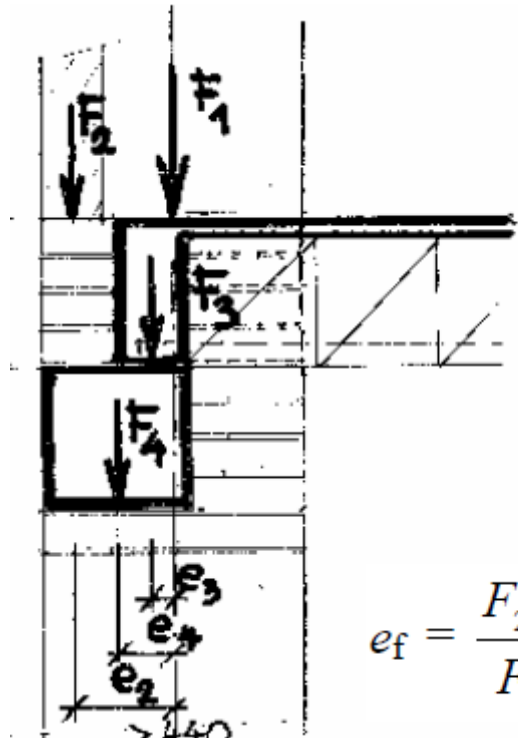
počáteční výstřednost: $e_{init} = h_{ef}/450$





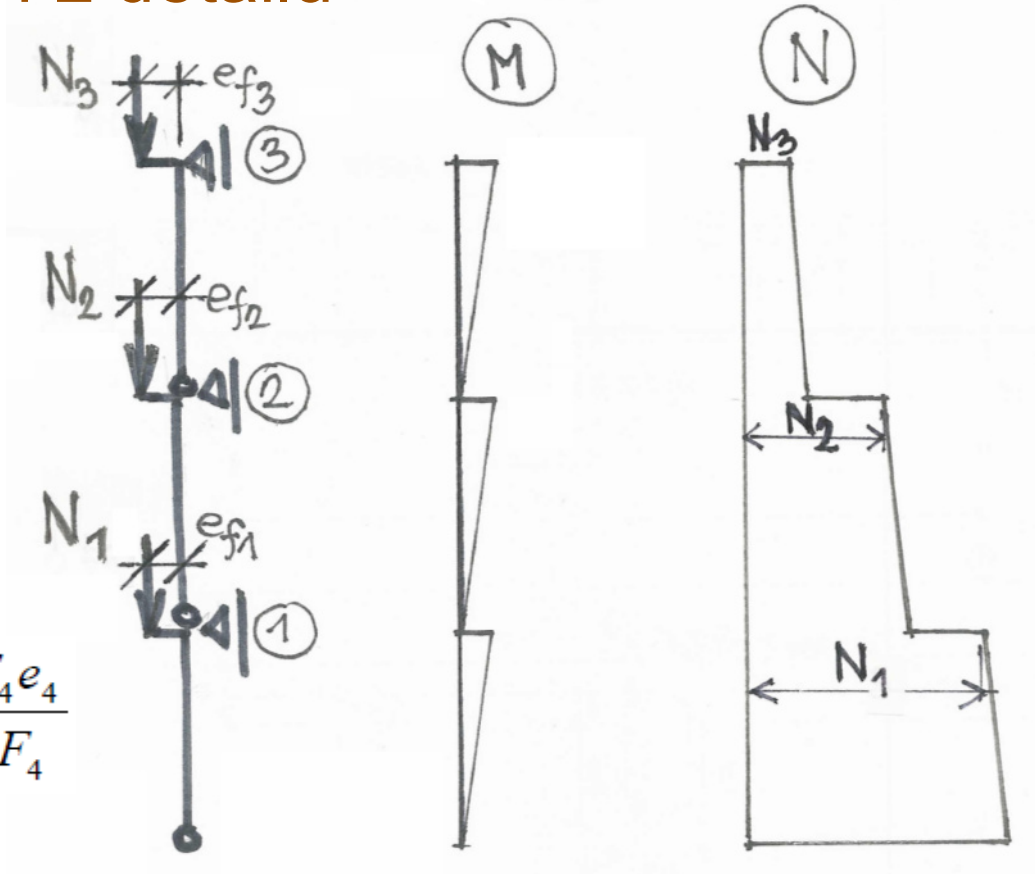
ii) Konstrukce s tuhými stropy – zjednodušený staticky určitý model

- Výstřednosti se stanoví z detailu



$$e_f = \frac{F_2 e_2 + F_3 e_3 + F_4 e_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$

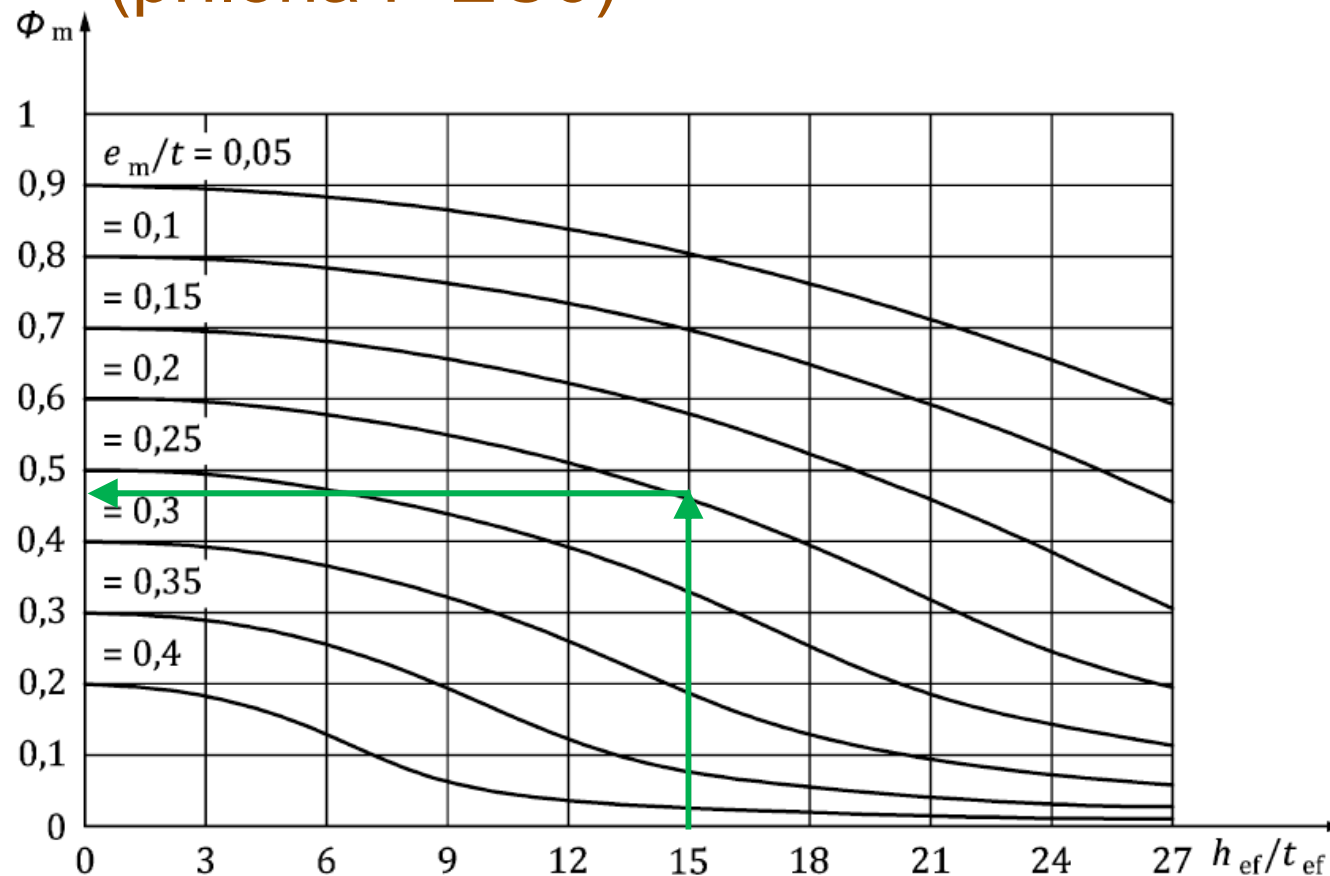
$$\sum_i F_i = N_{Ed} !!!$$



Φ_m – zmenšující součinitel v polovině výšky stěny/pilíře (vliv štíhlosti a výstřednosti)

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}}$$
$$\frac{e_m}{t}$$

vzorce nebo grafy pro různé K_E → Φ_m
(příloha F EC6)



ϕ_m – zmenšující součinitel v polovině výšky stěny/pilíře (vliv štíhlosti a výstřednosti)

- Výstřednosti v průřezu „m“

$$e_m = e_{fm} + e_{hm} \pm e_{init} \geq 0,05t \longrightarrow \phi_m \leq 0,9$$

e_{fm} . . . výstřednost od svislého zatížení

e_{hm} . . . výstřednost od vodorovného zatížení



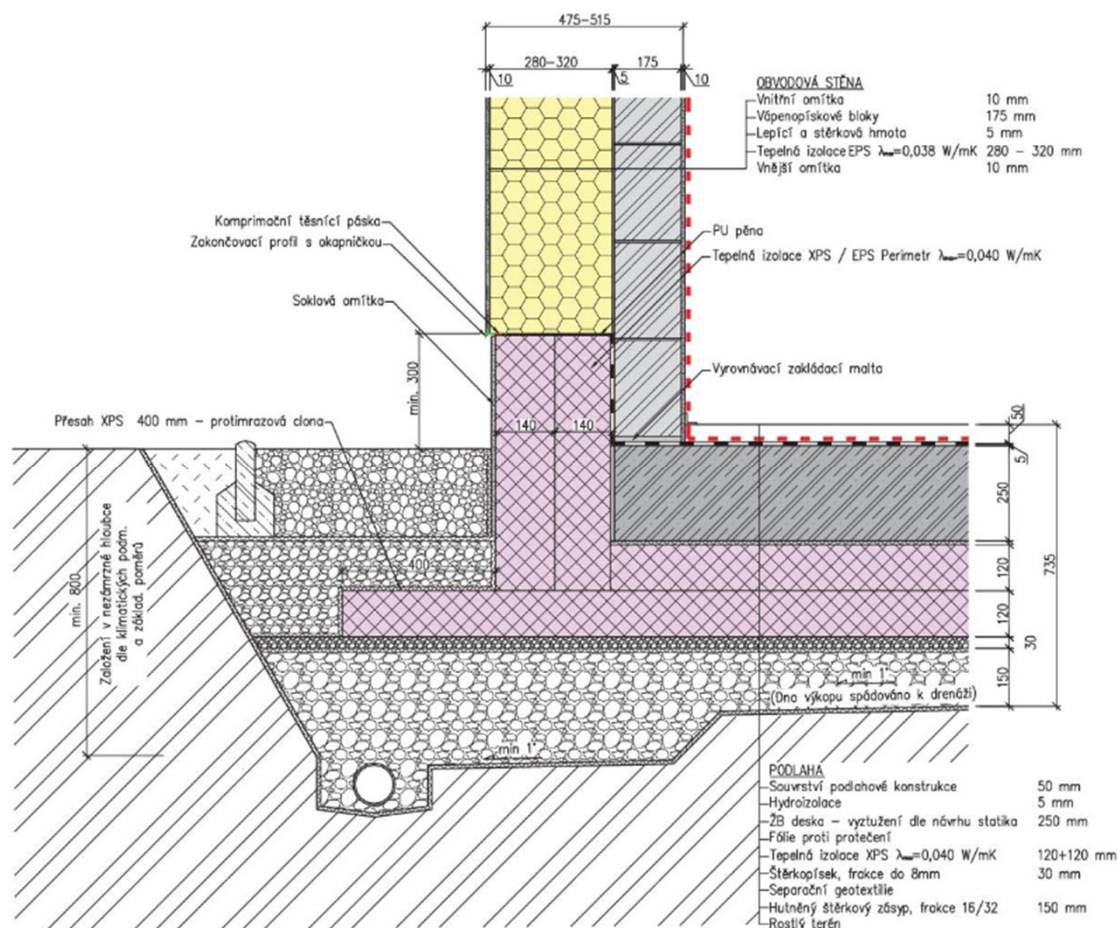
Šikmý ohyb

- Po pravoúhlý průřez vystavený ohybu v obou směrech se smí zmenšující součinitel Φ uvažovat jako součin součinitelů Φ stanovených pro jednotlivé směry zatížení
- Složitější průřezy – příloha I normy EC6



Nízkoenergetické domy

- Řešení bez izolačního bloku: založení na desce s dostatečnou vrstvou izolace



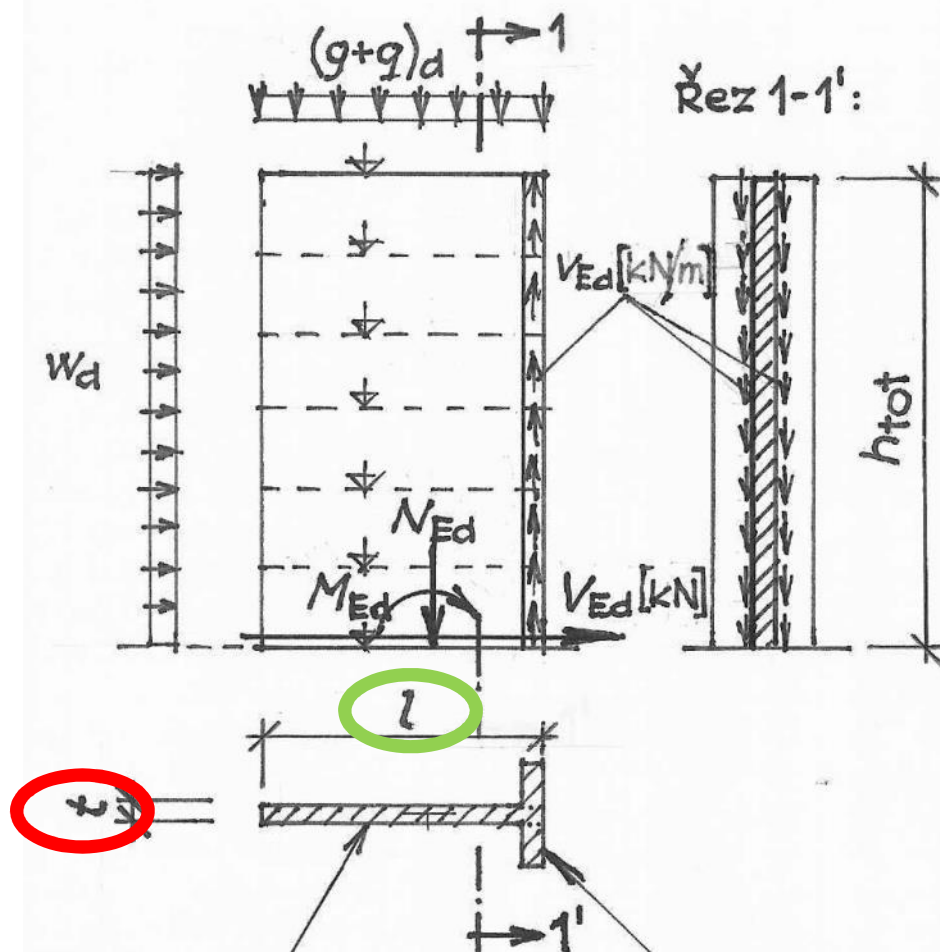
Detail převzat z
<https://www.pasivnidomy.cz/>





Ověřování spolehlivosti nevyztuženého zděného průřezu ve smyku

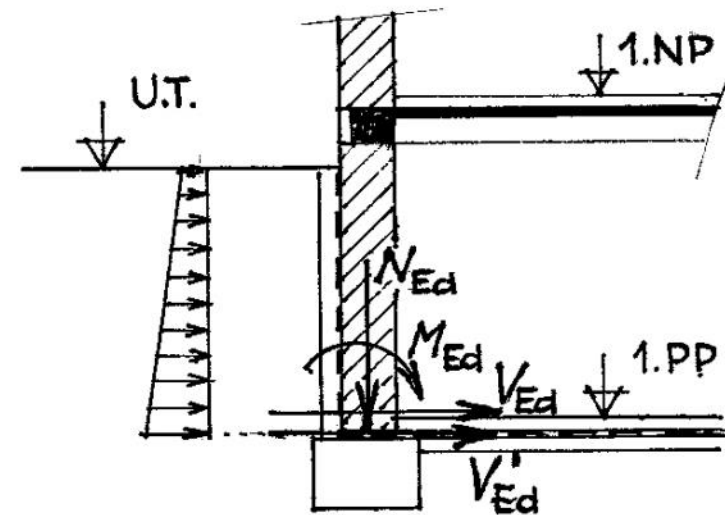
Typy stěn zatížených smykem



smyková stěna

people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1

**ztužující stěna
(příruba)**

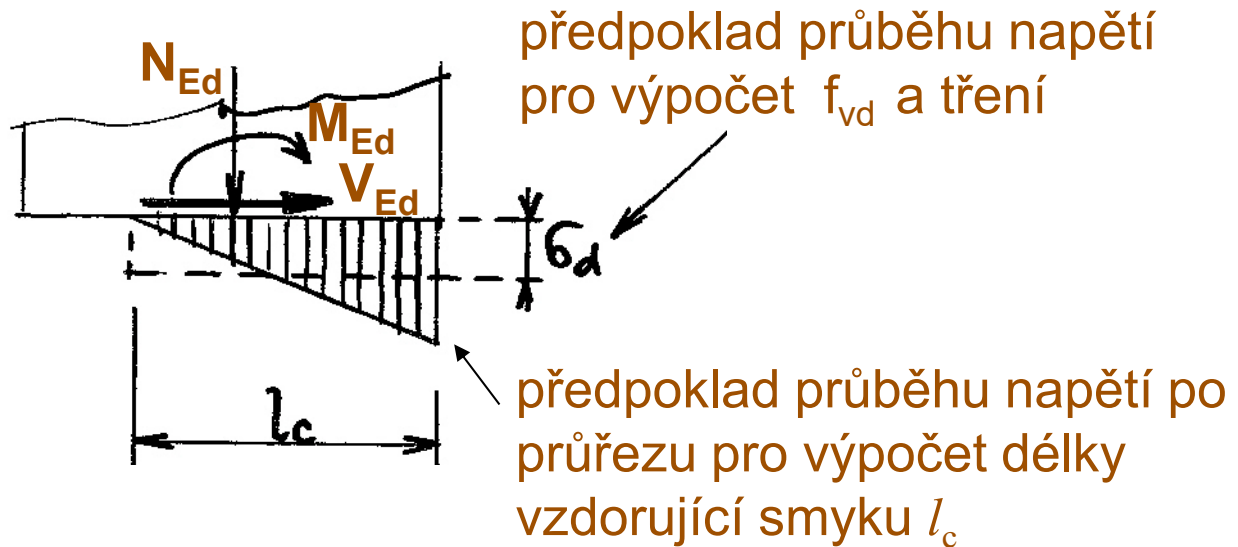


**suterénní
stěna**



Podmínka spolehlivosti zděného průřezu namáhaného smykem

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$



Mezní únosnosti

pro smykovou stěnu:

$$V_{Rd} = f_{vd} t l_c$$

pro suterénní stěnu:

$$V_{Rd} = f_{vd} b l_c$$

pro stěnu uloženou na izolaci (tření):

$$V_{Rd}' = 0,5 \sigma_d t l_c$$

$$V_{Rd}' = 0,5 \sigma_d b l_c$$

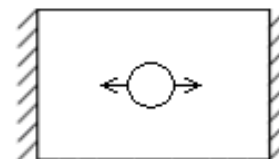




**Ověřování spolehlivosti stěn
z nevyztuženého zdiva
namáhaných bočním zatížením
kolmým na jejich rovinu
(Zdivo a ohyb)**

Přehled metod

- Stěny namáhané kolmým **zatížením od větru**
 - **Metoda A** – předpoklad: “deska” podepřená po 4 nebo 3 stranách
 - **Metoda B** – předpoklad: klenbové působení (i pro zemní tlak a výbuch)
- **Suterénní stěny** (zatížené zemním tlakem v klidu) + volně stojící opěrné stěny (zatížené aktivním zemním tlakem)
 - Obecně platný postup ověření spolehlivosti průřezu: posoudit únosnost v tlaku + únosnost ve smyku
 - **Zjednodušená metoda**
 - Výjimečně: ohyb, pokud o spolehlivosti kce nerozhoduje porušení v ložné spáře f_{xk1}



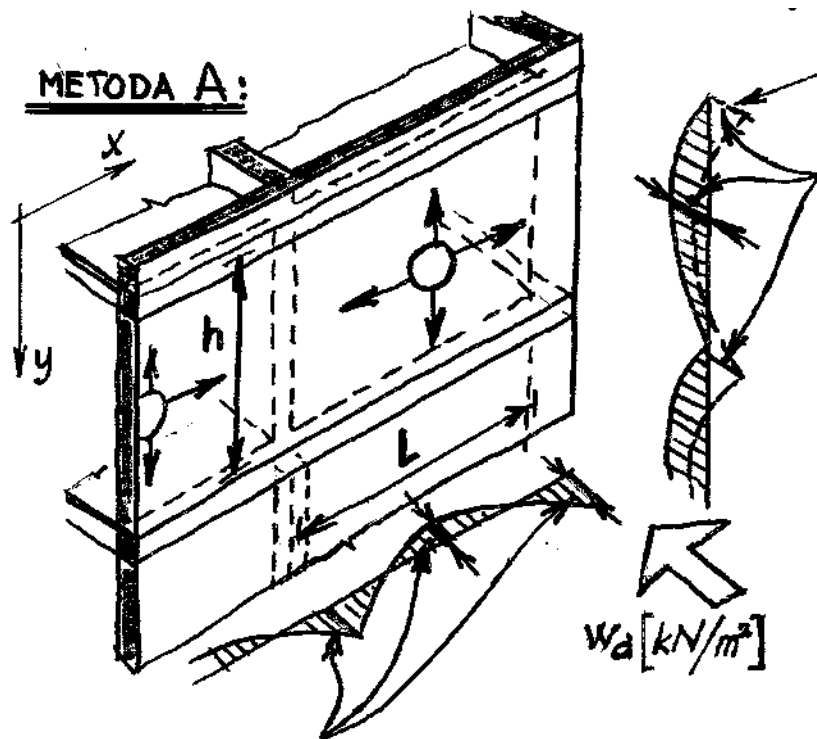
Metoda A

- Deskové působení stěny
- Uvážení ortotropních vlastností materiálu
- Obecná podmínka únosnosti: $M_{Ed} \leq M_{Rd}$
- Stěna musí být podepřená resp. spojitá podél 3 nebo 4 okrajů
- Platí pro stěny $t \leq 250$ mm
- Spolupůsobení dvou navzájem kolmých směrů při přenášení zatížení vyjadřuje ortogonální poměr pevností v ohybu $\mu = f_{xk1} / f_{xk2}$



Metoda A

- Statické schema, značení

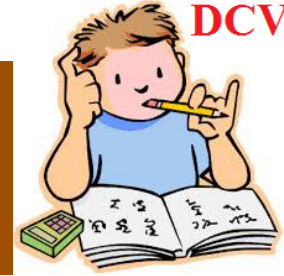


Vliv **svislého přetížení** na míru vetknutí

Momenty M_{Edy} , které vyvolávají porušení zděného průřezu stěny v rovině rovnoběžné s ložnými spárami (pevnost f_{xk1})

Momenty M_{Edx} , které vyvolávají porušení průřezu stěny v rovině kolmé na ložné spáry (pevnost f_{xk2})

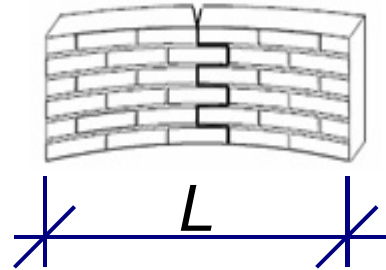




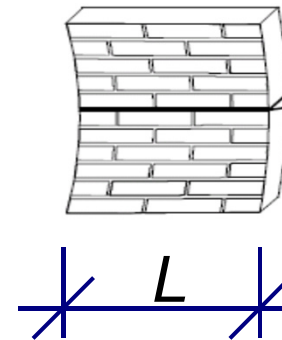
Metoda A

- Účinky zatížení

- $$M_{Edx} = \alpha w_d L^2$$



- $$M_{Edy} = \mu \alpha w_d L^2$$

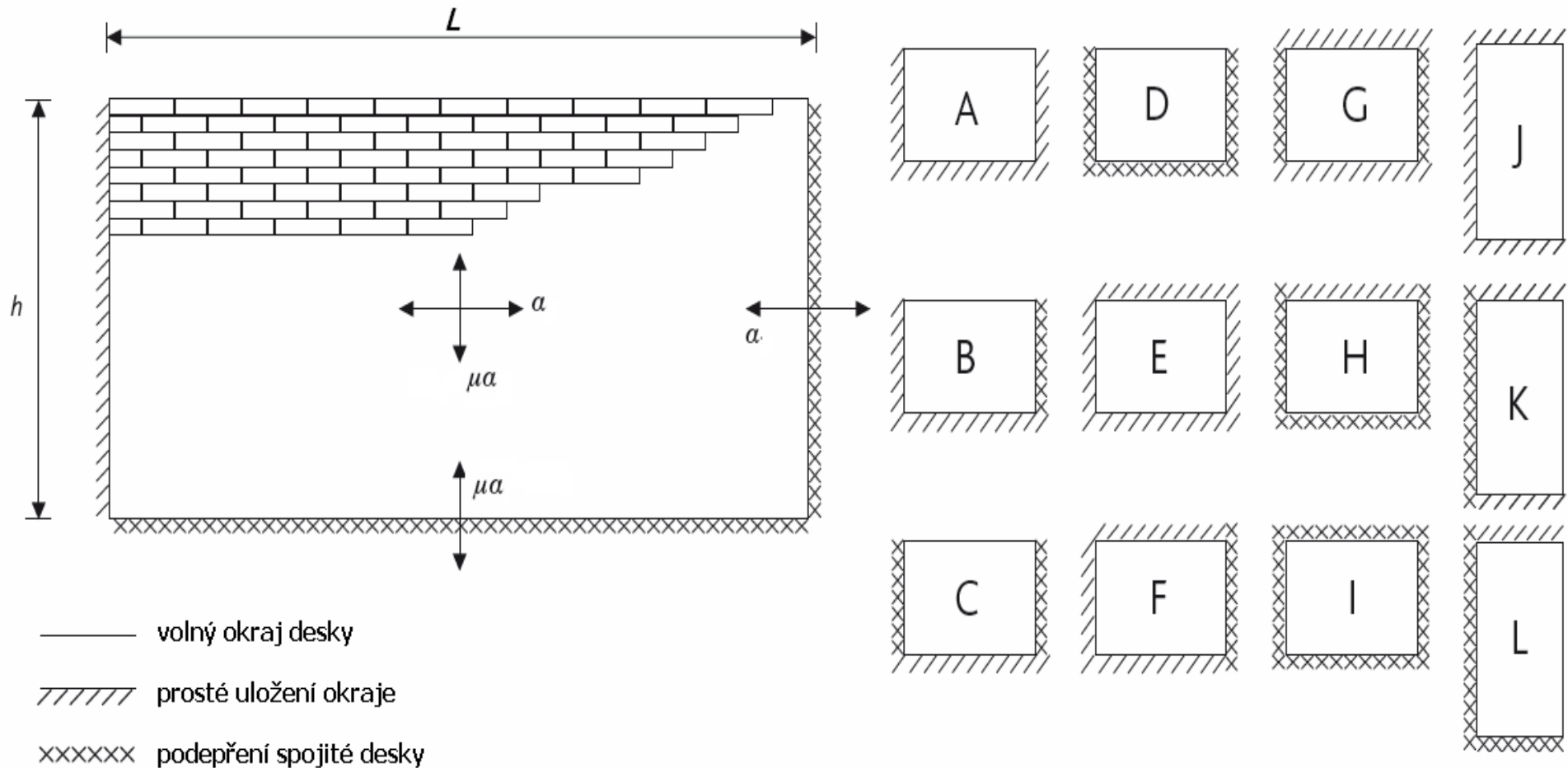


$$\mu = f_{xk1} / f_{xk2}$$

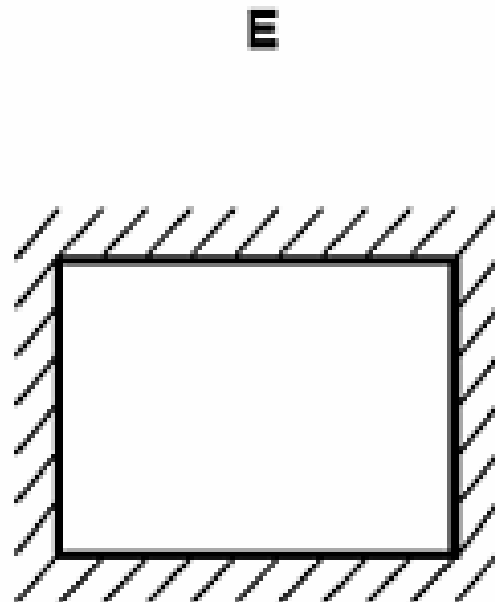


Metoda A

- Součinitele ohybového momentu ve stěnách namáhaných zatížením kolmým na jejich rovinu



Metoda A



μ	h/R							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,008	0,018	0,030	0,042	0,051	0,059	0,066	0,071
0,90	0,009	0,019	0,032	0,044	0,054	0,062	0,068	0,074
0,80	0,010	0,021	0,035	0,046	0,056	0,064	0,071	0,076
0,70	0,011	0,023	0,037	0,049	0,059	0,067	0,073	0,078
0,60	0,012	0,025	0,040	0,053	0,062	0,070	0,076	0,081
0,50	0,014	0,028	0,044	0,057	0,066	0,074	0,080	0,085
0,40	0,017	0,032	0,049	0,062	0,071	0,078	0,084	0,088
0,35	0,018	0,035	0,052	0,064	0,074	0,081	0,086	0,090
0,30	0,020	0,038	0,055	0,068	0,077	0,083	0,089	0,093
0,25	0,023	0,042	0,059	0,071	0,080	0,087	0,091	0,096
0,20	0,026	0,046	0,064	0,076	0,084	0,090	0,095	0,099
0,15	0,032	0,053	0,070	0,081	0,089	0,094	0,098	0,103
0,10	0,039	0,062	0,078	0,088	0,095	0,100	0,103	0,106
0,05	0,054	0,076	0,090	0,098	0,103	0,107	0,109	0,110



Metoda A

- Moment únosnosti M_{Rd}

$$M_{Rd} = f_{xd2} Z \quad \text{nebo} \quad (f_{xd1} + \sigma_d) Z$$

kde

- M_{Rd} = návrhový moment únosnosti
- f_{xd} = návrhová hodnota příslušné ohybové pevnosti
- σ_d = návrhová hodnota normálového napětí kolmo k potenciální ploše porušení
- Z = průřezový modul ($bt^2/6$)



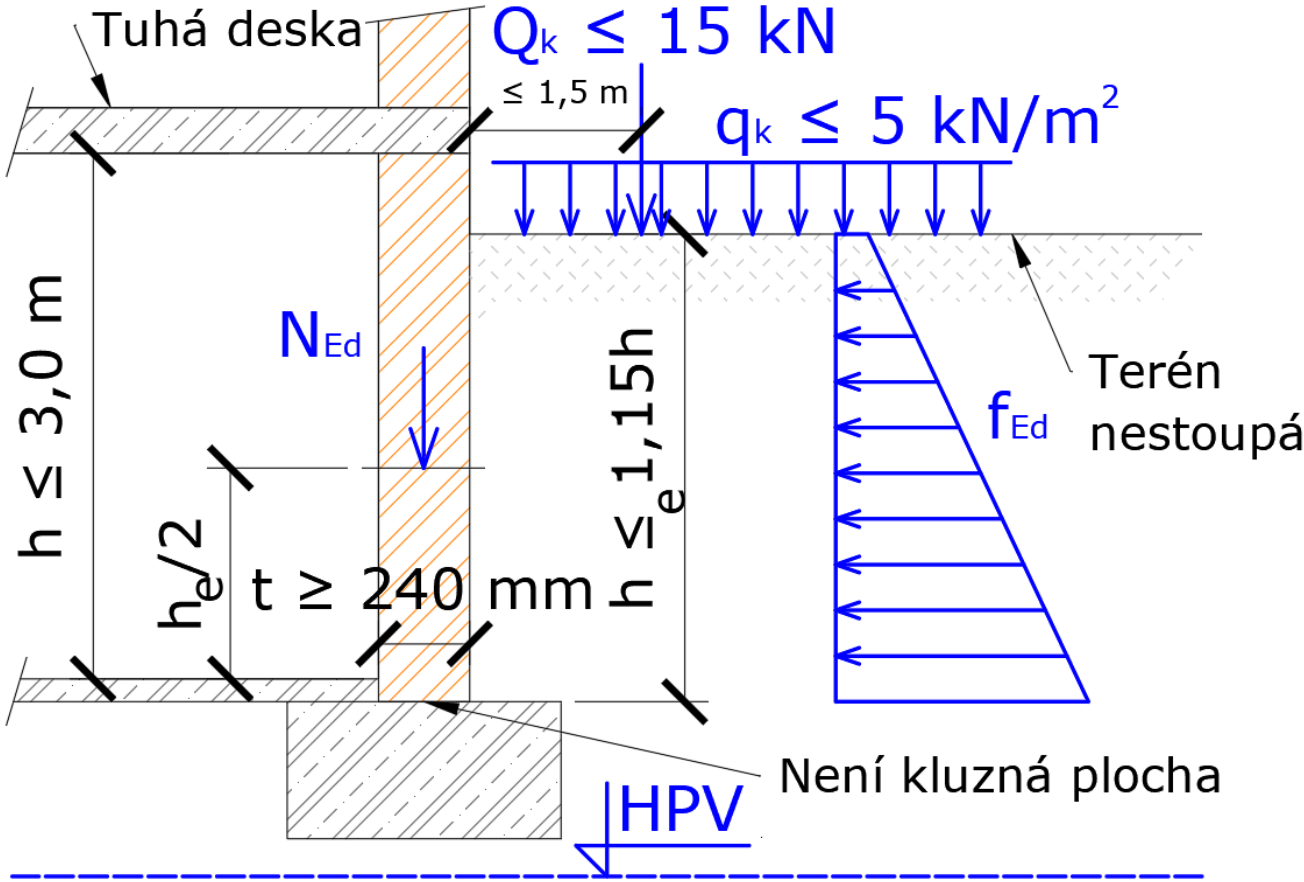


Zjednodušené metody navrhování nevyztužených zděných konstrukcí (ČSN EN 1996-3)



Stěny podzemních podlaží

- Podmínky



Stěny podzemních podlaží

- Zjednodušený výpočet stěn podzemních podlaží namáhaných zemním tlakem v klidu

$$N_{Ed,min} \geq F_{Ed} = 0,25K_e^{1,5} \frac{\gamma b h h_e^2}{\beta_e t} \quad N_{Ed,max} \leq N_{Rd} = \frac{b t f_d}{3}$$

$N_{Ed,max}$ je největší hodnota svislého zatížení ve stěně na úrovni poloviční výšky zásypu (návrhová hodnota veškerého zatížení – stálého i proměnného)

$N_{Ed,min}$ nejmenší hodnota svislého stálého zatížení ve stěně na úrovni poloviční výšky zásypu (charakteristická hodnota stálého zatížení)

F_{Ed} je boční účinek zásypu; γ je objemová hmotnost zásypu



Stěny podzemních podlaží

β_e součinitel pro zohlednění vodorovného přenášení zatížení

$$\beta = 1 \quad \text{pro } l_{cw} \geq 2h$$

$$\beta = 3 - (l_{cw}/h) \quad \text{pro } l_{cw} < L < 2h$$

$$\beta = 2 \quad \text{pro } l_{cw} \leq h$$

K_e součinitel zemního tlaku

h_e výška zásypu

h světlá výška stěny

f_d návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku

b šířka posuzovaného průřezu stěny

l_{cw} osová vzdálenost příčných stěn (podpůrných kcí)





**Hodně úspěchů při studiu
(nejen) zděných konstrukcí!**