

Podklad ke cvičení ze zděných konstrukcí v předmětu
Betonové a zděné konstrukce 2 (133BK02)

Podklad ke cvičení ze zděných konstrukcí v předmětu Betonové a zděné konstrukce 2 (133BK02)

Zpracoval: Ing. Petr Bílý, únor 2015

Vodorovné konstrukce

Obecně

- Veškeré rozměry (i zadané) **upravíme tak, aby odpovídaly rozměrovým modulům zdiva** použitého pro naši konstrukci.
- Rozlišujeme **skutečné a skladebné rozměry** – ve výkresech uvádíme skladebné (např. 300/150/75 mm pro cihlu plnou pálenou), ve výpočtech uvažujeme skutečné (např. 290/140/65 mm pro CPP).
- Zatížení počítáme **přehledně v tabulkách** (viz NNK). Pozor, máme jiné zatížení v běžném podlaží a na střeše.

Vložkové stropy

- Stropy jsou jednosměrně pnuté, prostě uložené. Tloušťka stropu by měla zhruba odpovídat empirickému vztahu, tj. cca:

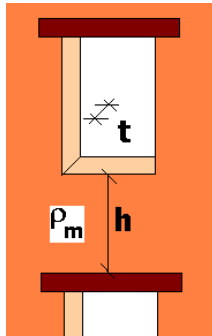
$$h = \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{20} \right) l$$

- Spočítáme návrhovou hodnotu zatížení na strop (bez vlastní tíhy) => podle hodnoty zatížení a podle rozpětí stropu **z tabulek výrobce** zvolíme vhodný strop (návrhové zatížení konstrukce bez vlastní tíhy musí být menší než nejvyšší dovolené návrhové zatížení podle tabulky).
- Primárně navrhovat **jednoduché stropní trámce**, teprve pokud nevyhoví, navrhnout stropy se zdvojenými trámcí (strop s jednoduchými trámcí je ekonomičtější i při vyšší výšce).
- **Ve statickém výpočtu bude specifikováno:**
 - Typy použitých trámců (jeden pro plný rozpon, druhý typ v části půdorysu vedle schodiště).
 - Typ použitých vložek (jeden typ pro celý půdorys).
 - Výška nabetonávky (najdeme v podkladech výrobce).
 - **Délka uložení nosníků na zdivo.** Doporučenou délku uložení najdeme v záhlaví tabulek nebo v detailech výrobce. Tabulky jsou spočítány pro doporučenou délku uložení. Skutečné uložení může být větší, nikoliv menší.

Prefabrikované překlady

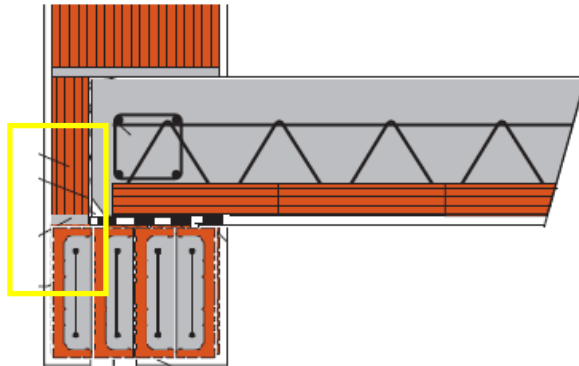
- Navrhujeme překlad **nad nejširším oknem** v našem půdorysu (okna nad vraty).
- Pro ostatní okna překlady nebudeme navrhovat – mají menší šířku a můžeme si tedy být jisti, že bychom v podkladech výrobce našli vhodné překlady. Ve výkrese zakreslíme stejný průřez jako pro nejširší okno, ale překlady nebudeme nijak označovat.
- Stanovíme **liniové zatížení překladu** od stropu, kde již zahrneme i vlastní tíhu stropu. Zatížení opět spočteme formou tabulky (jako v NNK, princip je stejný jako pro trám).
- Zahrneme rovněž **vlastní tíhu parapetu nad překladem**.

Podklad ke cvičení ze zděných konstrukcí v předmětu
Betonové a zděné konstrukce 2 (133BK02)

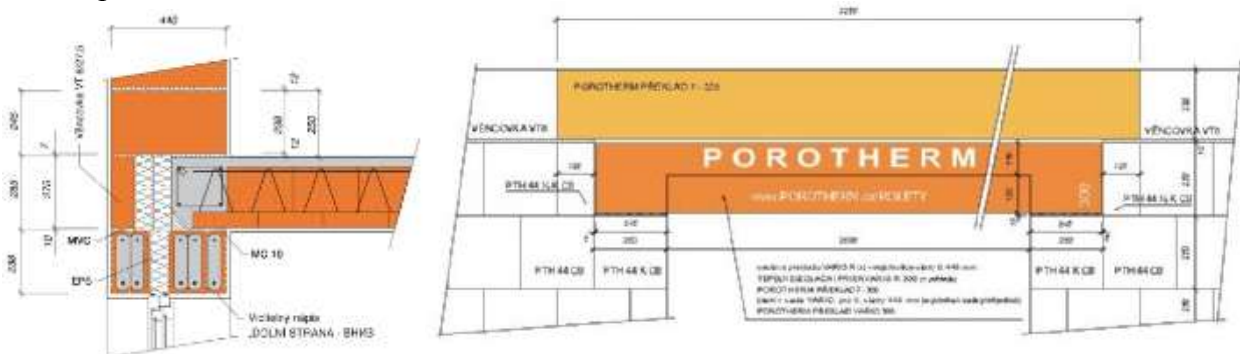


- Překlad navrhne podle podkladů výrobce. Princip je stejný jako u vložkových stropů, pouze s tím rozdílem, že v tabulkách někdy není uvedeno mezní zatížení, ale mezní momenty a posouvající síly => spočítáme jako na prostém nosníku a posoudíme.
- **POZOR!** Je-li v detailu na lici stropní desky věncovka nebo izolace, krajní překlad se **nesmí uvažovat pro přenos reakce od stropu**.

V tomto případě je nutno krajní překlad zanedbat a pro přenos reakce stropní konstrukce uvažovat pouze skupinu 3 překladů!!!



- **Ve statickém výpočtu bude specifikováno:**
 - Typy použitých překladů.
 - **Délka uložení překladů na zdivo.** Doporučenou délku uložení najdeme v podkladech výrobce. Tabulky jsou spočítány pro doporučenou délku uložení. Skutečné uložení může být větší, nikoliv menší.
 - **Řez okenním nadpražím** – skica od ruky do statického výpočtu s kótami a popisem prvků.
 - **Pohled na okenní nadpraží** – skica od ruky do statického výpočtu s kótami a popisem prvků.



Výkres skladby

- Bude zpracován výkres skladby pro strop 1.NP. Výkres bude obsahovat **v každém směru jeden sklopený řez**. Řezy budou vedeny tak, aby alespoň jednou zobrazily detail okenního nadpraží a alespoň jednou typický detail (uložení stropní konstrukce na stěnu).
- Vzorový výkres viz web.
- Výkres skladby zobrazuje stropní konstrukci a podpěrné svislé konstrukce. Jde o pohled shora na vyskládanou stropní konstrukci. Na části půdorysu bude **detailně rozkreslena skladba** jednotlivých prvků, na zbytku stačí definovat polohu os nosníků.
- Rozměry konstrukce jsou dány zadáním, budou však **upraveny s ohledem na modulové rozměry použitého zdiva**.
- **Čáry:**
 - Pohled 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.
- Co je vidět zvenku, kótovat zvenku.

Svislé konstrukce

Výpočet pevnosti zdiva

- Stanovíme návrhovou pevnost zdiva stěn a návrhovou pevnost zdiva pilířů mezi vraty.
- Značka P15 znamená, že **pevnost cihelného střepeu** je $f_u = 15$ MPa.
- Značka MC5 znamená, že **pevnost malty** je $f_m = 5$ MPa.
- Z tabulky (viz web) určíme **součinitel tvaru** δ a spočteme **pevnost zdících prvků**:

$$f_b = \delta f_u$$

- Z tabulky určíme **skupinu zdících prvků** (dle materiálu a % děrování zdících prvků; pokud výrobce neudává, uvažujte v domácím cvičení u vylehčených betonových prvků skupinu 2, u pálených skupinu 3).
- Z další tabulky určíme **hodnotu součinitele K**.
- Pokud se ve zdivu vyskytnou **podélné styčné spáry** (viz obrázek), **vynásobíme tabulkové K hodnotou 0,8** (v našem případě bude platit pro pilíř mezi vraty v suterénu, pro stěny nikoliv).
- Určíme **charakteristickou a návrhovou pevnost zdiva**



$$f_k = (\gamma_0, 8?) \cdot K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

- Hodnoty součinitelů uvažujeme následovně:
 - Pro zdivo na obyčejnou nebo lehkou maltu $\alpha = 0,7$ a $\beta = 0,3$.
 - Pro pálené zdící prvky skupiny 2 a 3 na maltu pro tenké spáry $\alpha = 0,7$ a $\beta = 0$.
 - Pro jiné zdící prvky na maltu pro tenké spáry $\alpha = 0,85$ a $\beta = 0$.
 - Pro zdivo na obyčejnou maltu $\gamma_M = 2,2$ (zdící prvky kategorie I na předpisovou maltu jiné než pórobetonové).
 - Pro zdivo na maltu pro tenké spáry $\gamma_M = 2,0$ (zdící prvky kategorie I na návrhovou maltu jiné než pórobetonové).

Výpočet zatížení sněhem

- Pro návrh pilíře budeme potřebovat stanovit proměnné zatížení střechy sněhem.
- Podrobnější informace k výpočtu zatížení sněhem viz samostatná pomůcka na webu (může se vám hodit v projektech). Zde bude uveden pouze postup pro náš případ.
- Charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše se spočte jako:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

- kde μ_i je tvarový součinitel zatížení sněhem, pro plochou střechu uvažujeme 0,8,
 C_e je součinitel expozice, pro normální krajinu uvažujeme 1,0,
 C_t je tepelný součinitel, pro kvalitně zateplené střechy uvažujeme 1,0,
 s_k je charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi, určí se **podle sněhové oblasti** (viz pomůcka na webu).

Návrh a posouzení pilíře mezi garážovými vraty

Návrh pilíře

- Stanovíme **normálovou sílu v hlavě pilíře** mezi garážovými vraty (tj. zatížení stropů jednotlivých podlaží x ½ rozponu x příslušná zatěžovací šířka + tíha překladů, zdiva a atiky na příslušné zatěžovací šířce).
- Objemové tíhy jednotlivých typů zdiva vyhledáme v podkladech výrobce.
- Ze spočtené síly $N_{Ed,h}$ provedeme **hrubý odhad potřebné plochy** zdiva pilíře:

$$A_{req} = \frac{N_{Ed,h}}{0,7 f_d}$$

- Z plochy A_{req} stanovíme **půdorysné rozměry pilíře**, které musejí odpovídat celým násobkům skladebných rozměrů použitých cihel. Pro naši konstrukci je s ohledem na způsob zatížení pilíře (viz detail uložení dále) vhodnější volit větší rozměr ve směru trámu, aby se minimalizovala výstřednost zatížení.

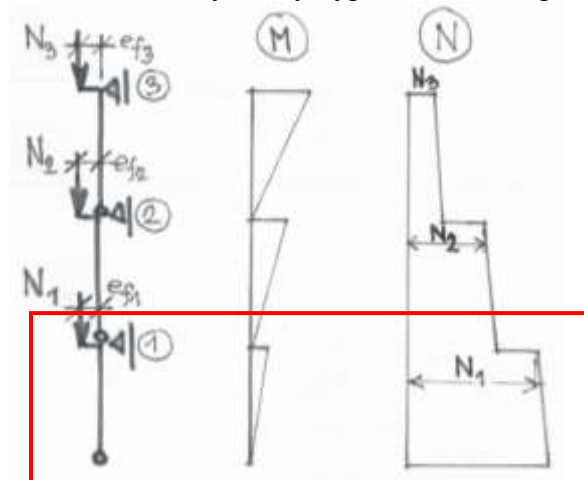
Kontrola štíhlosti pilíře

- Jako **efektivní šířku** t_{ef} vezmeme menší půdorysný rozměr pilíře.
- Vzpěrnou délku** stanovíme jako $h_{ef} = \rho_n h$ kde h je světlá výška pilíře.
- Součinitel ρ_n zohledňuje **podmínky uložení pilíře** (jak je podepřen, jakou stropní konstrukcí), zde brát 0,75, obecně viz tabulka na webu.
- Ověříme, že navržený **prvek je masivní** – musí platit:

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

Posouzení pilíře

- Zjednodušeně budeme uvažovat staticky určitý výpočetní model pilíře.



- Posouzení provedeme v těchto průřezech:
 - Průřez v hlavě pilíře – vliv normálové síly a excentricity zatížení.
 - Průřez ve střední pětině výšky pilíře – vliv normálové síly a štíhlosti pilíře.

Podklad ke cvičení ze zděných konstrukcí v předmětu
Betonové a zděné konstrukce 2 (133BK02)

- Obecně bychom měli posoudit ještě průřez v patě pilíře, kde je největší normálová síla. Rozdíl mezi normálovou silou v hlavě a v patě je však relativně malý a jelikož v patě uvažujeme nulovou excentricitu zatížení, tento průřez v našem případě nerozhodne.
- Jako rozměr pilíře t při posouzení uvažujeme rozměr ve směru pnutí stropní desky, neboť právě v tomto směru je pilíř excentricky zatížen. Obecně je nutné pilíře posuzovat pro oba možné směry vybočení, zde ale druhý směr jistě nerozhodne (excentricita od zatížení ve druhém směru je nulová, počítali bychom pouze s minimální excentricitou)
- Sílu v hlavě $N_{Ed,h}$ již známe, dopočteme sílu $N_{Ed,m}$ v polovině výšky pilíře.
- Spočteme **výstřednost zatížení** v průřezu v hlavě pilíře. Nutno vyjít ze skici detailu (viz obrázek na další straně). Všechny excentricity vztahujeme k ose pilíře.
- **V průřezu v hlavě pilíře** je únosnost zmenšena pouze v důsledku výstřednosti působícího zatížení. Musí platit:

$$N_{Rd,i} = \Phi_i A f_d \geq N_{Ed,h}$$

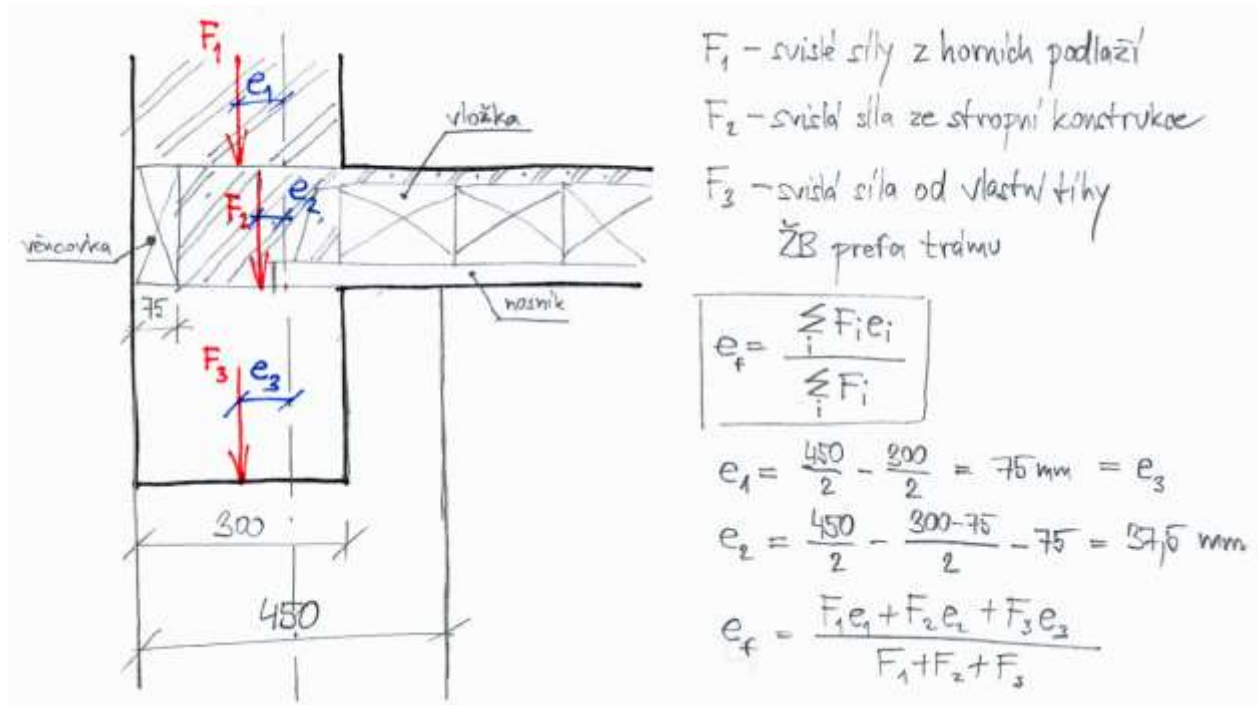
kde: $\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t}$ je **zmenšující součinitel**,

t je rozměr pilíře ve směru uvažované výstřednosti,

$e_i = e_{if} + e_{ia}$ je celková výstřednost, nikdy se nesmí uvažovat menší než minimální výstřednost $0,05t$,

e_{if} je výstřednost od zatížení, v našem případě stanovená z detailu,

e_{ia} je počáteční výstřednost v důsledku nepřesností při provádění, uvažuje se $h_{ef}/450$.



- **V průřezu uprostřed výšky pilíře** se navíc projevuje vliv štíhlosti prvku (riziko vybočení pilíře). Musí platit:

$$N_{Rd,m} = \Phi_m A f_d \geq N_{Ed,m}$$

Podklad ke cvičení ze zděných konstrukcí v předmětu
Betonové a zděné konstrukce 2 (133BK02)

kde Φ_m je **zmenšující součinitel**, který odečteme z tabulky (viz web). K tomu potřebujeme znát **součinitel modulu pružnosti** K_E (pro modul pružnosti zdiva platí $E = K_E f_k$; není-li výrobcem stanoveno jinak, má se uvažovat $K_E = 700$ pro zdivo z pórobetonových prvků a $K_E = 1000$ pro ostatní případy), výše spočtenou štíhlost h_{ef}/t_{ef} a poměrnou výstřednost:

$$\frac{e_{mk}}{t} = \frac{e_{mf} + e_{ma} + e_k}{t}$$

kde: e_{mf} je výstřednost od zatížení, v našem případě uvažujeme $0,5e_{if}$
 e_k je výstřednost od účinků dotvarování (zde zanedbat, brát 0),
 e_{ma} je počáteční výstřednost, $e_{ma} = h_{ef}/450$.

Opět se vždy musí uvažovat alespoň minimální poměrná výstřednost $e_{mk}/t = 0,05$.

- Pokud pilíř nevyhoví, nepřepočítávat, pouze se zamyslet a napsat, co by bylo potřeba upravit, aby vyhověl.

Vazba pilíře mezi vraty

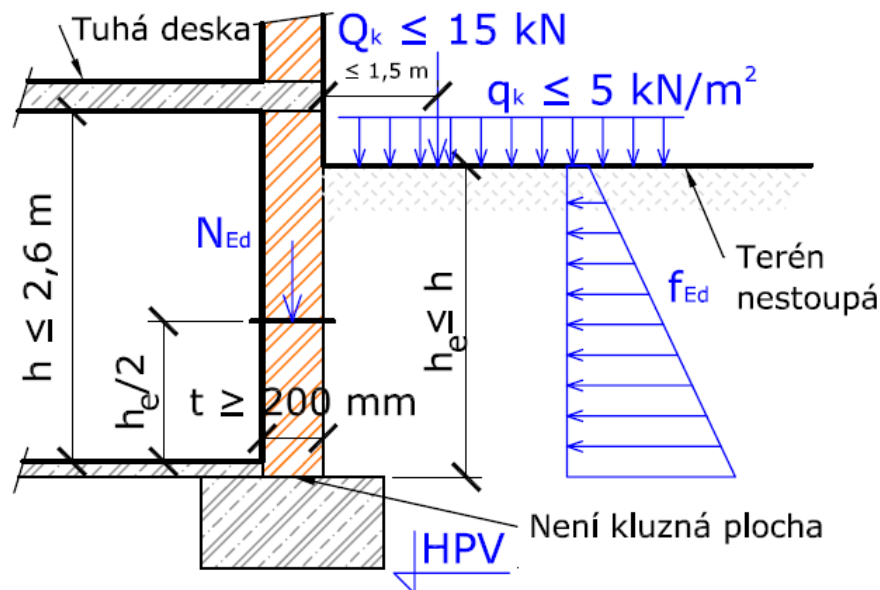
- Navrhnete vazbu pilíře na základě znalostí z předmětu NNK.

Zjednodušená metoda posouzení suterénních zděných stěn

- Zdivo zadní stěny suterénu je namáháno bočním zatížením od zeminy (lichoběžníkovým).
- Obecně platí, že je výhodné, aby bočně namáhaná stěna byla výrazně svisle přitížena – klesá tím excentricita zatížení.

Zjednodušená metoda posouzení – teorie

- Metoda podle ČSN EN 1996-3
- V jednoduchých případech nemusíme provádět podrobné posouzení stěny a je možno postupovat zjednodušenou metodou. Musí být splněny následující **předpoklady**:
 1. Světlá výška stěny h není vyšší než 2,6 m.
 2. Tloušťka stěny t není menší než 200 mm.
 3. Stěna je podepřena na všech čtyřech okrajích.
 4. Strop podzemního podlaží působí ve své rovině jako tuhá deska, která je schopná výsledné síly od zemního tlaku převzít a dále rozvést do příčných stěn.
 5. Charakteristická hodnota rovnoměrného užitečného zatížení terénu podél stěny q_k není větší než 5 kN.m^{-2} .
 6. Charakteristická hodnota osamělého břemene Q_k , které působí v pruhu šířky 1,5 m podél stěny, není větší než 15 kN.
 7. Povrch terénu vedle stěny je rovinný nebo ve spádu od budovy.
 8. Výška zásypu není větší než výška stěny.
 9. Na stěnu nepůsobí žádný hydrostatický tlak.
 10. Ve stěně se nevyskytuje žádná kluzná plocha, např. izolace proti zemní vlhkosti. V případě, že stěna stojí na takové vrstvě izolace, je pata stěny nad izolací opřena (např. o železobetonovou desku dostatečně přitíženou příčkami proti vybočení vzpěrem).



Podklad ke cvičení ze zděných konstrukcí v předmětu
Betonové a zděné konstrukce 2 (133BK02)

- V našem případě jsou podmínky **splněny**, neboť:
 1. Konstrukční výška suterénu je 2,6 m, světlá tedy jistě bude do 2,6 m.
 2. Tloušťka stěny je min. 300 mm
 3. Splněno, stěny jsou po okrajích opřeny o sebe navzájem, v hlavě o strop, v patě o základ.
 4. Zmonolitněný vložkový strop je tuhý.
 - 6.-7. Předpokládáme, že je splněno
 8. Výška zásypu je rovna výšce stěny.
 - 9.-10. Předpokládáme, že je splněno
- Princip zjednodušeného posouzení spočívá v **ověření dvou podmínek spolehlivosti**, které jsou vyjádřeny dvěma nerovnicemi. První nerovnice kontroluje, zda je stěna dostatečně svisle přitížena, aby odolala vodorovným účinkům zatížení od zeminy. Splnění druhé nerovnice pak zaručuje, že není překročena tlaková únosnost stěny ve svislém směru:

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

kde: $N_{Ed,min}$ je minimální návrhová hodnota síly od svislého přitížení v úrovni poloviční výšky zásypu (tj. de facto charakteristická hodnota stálého zatížení, neboť dílčí součinitel pro zatížení působící ve prospěch bezpečnosti konstrukce je 1,00 pro stálé a 0,00 pro proměnné zatížení),

$N_{Ed,max}$ je maximální návrhová hodnota síly od svislého přitížení v úrovni poloviční výšky zásypu (tj. de facto návrhová hodnota veškerého stálého i proměnného zatížení),

F_{Ed} je boční účinek zásypu,

γ je objemová tíha přirozené vlhké zeminy (objemová hmotnost zásypu),

b je šířka stěny, uvažuje se $b = 1$ m,

h je světlá výška stěny,

h_e je výška zásypu,

β_e je součinitel pro zohlednění vodorovného přenášení zatížení, viz dále,

N_{Rd} je tlaková únosnost stěny,

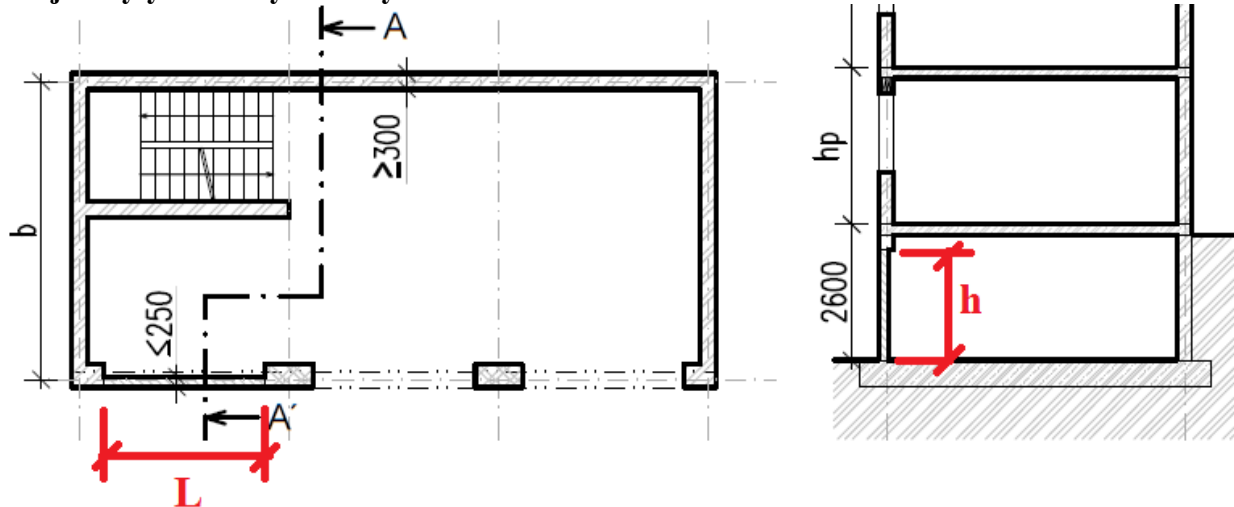
f_d je tlaková pevnost zdiva kolmo na ložné spáry.

- **Součinitel β_e :**
 - h je světlá výška stěny, L je světlá délka stěny
 - Je-li $L \geq 2h$, je $\beta_e = 20$, pro $L \leq h$ je $\beta_e = 40$, pro $h < L < 2h$ je $\beta_e = 60 - 20(L/h)$
- **Maximální hodnota svislého zatížení $N_{Ed,max}$** bude obsahovat (v návrhových hodnotách):
 - Vlastní tíhu té části zdiva suterénu, která leží nad úrovní poloviny výšky zásypu.
 - Vlastní tíhu zdiva všech nadzemních pater.
 - Stálé i proměnné zatížení od stropních konstrukcí na příslušné zatěžovací šířce.
- **Minimální hodnota svislého zatížení $N_{Ed,min}$** bude obsahovat (v charakter. hodnotách):
 - Vlastní tíhu té části zdiva suterénu, která leží nad úrovní poloviny výšky zásypu.
 - Vlastní tíhu zdiva všech nadzemních pater.
 - Stálé zatížení od stropních konstrukcí na příslušné zatěžovací šířce.

- **Celý výpočet provedeme na 1 m šířky stěny.**
- Vyhoví-li obě podmínky, je možno stěnu považovat za vyhovující. U stěn, které nevyhoví, by bylo nutné provést **podrobný výpočet** nebo navrhnout některá z těchto **opatření**:
 - Zvětšit tloušťku stěny.
 - Použít zdivo větší pevnosti – pomůže, jen pokud nevyhoví pouze druhá podmínka.
 - Použít vyztužené zdivo – pomůže, jen pokud nevyhoví pouze druhá podmínka.
 - Navrhnout zesilující pilíře.
 - Provést železobetonové stěny.
- *Poznámka:* Je nutno si uvědomit, že podmínky spolehlivosti musejí být splněny po celou dobu životnosti konstrukce, tedy i v průběhu výstavby, kdy ještě není zbudována celá vrchní stavba. Přetížení stěny (síla $N_{Ed,min}$) je v tu chvíli výrazně menší. V reálném projektu by tedy bylo nutno ověřit spolehlivost stěny v různých fázích výstavby a na základě toho rozhodnout, kdy může dojít k zasypání suterénu.

Posouzení výplňového zdiva na zatížení větrem

- Výplňové zdivo je namáháno bočním zatížením od tlaku nebo sání větru působícího na budovu. V našem případě jde o štíhlé stěny tloušťky max. 200 mm => riziko vzniku trhlin, případně i pádu stěny.
- Svislé zatížení je velmi malé (jde o výplň mezi nosnými pilíři – pouze vlastní tíha).
- Uvažujeme, že podepření stěny podél okrajů je zajištěno stěnovými sponami, stěna není v patě uložena na vrstvu hydroizolace. Nehrozí tedy riziko usmyknutí stěny.
- Nejprve stanovíme rozměry stěny. Ve statickém výpočtu bude uvedeno **schéma a postup, jak byly rozměry získány**.



Zatížení větrem

- Podrobnější informace k výpočtu zatížení větrem viz samostatná pomůcka na webu (může se vám hodit v projektech). Zde bude uveden pouze zjednodušený postup pro potřeby našeho domácího cvičení.
- **Charakteristickou hodnotu zatížení větrem** stanovíme jako:

$$w_k = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_{pe}$$

- **Základní dynamický tlak větru** q_b je:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho_v v_b^2$$

kde ρ_v je hustota vzduchu, uvažujeme 1,25 kg/m³,

v_b je základní rychlost větru, určíme z tabulky podle zadané větrné oblasti.

- **Součinitel expozice** $c_e(z)$ nejsnáze určíme podle kategorie terénu a referenční výšky budovy z grafu (viz pomůcky). Kategorie terénu je zadána, bezpečně uvažujte referenční výšku shodnou s výškou budovy a konstantní velikost součinitele po výšce budovy.
- **Součinitel vnějšího tlaku** c_{pe} budeme uvažovat bezpečně hodnotou 1,2.
- Návrhovou hodnotu zatížení větrem stanovíme s použitím dílčího součinitele bezpečnosti pro proměnné zatížení $\gamma_Q = 1,5$ jako:

$$w_d = \gamma_Q \cdot w_k$$

Posouzení únosnosti stěny

- Výpočet se provádí podle tzv. **metody A** dle Eurokódu 6, která je též někdy označována jako **deskový model**. Uvažuje stěnu jako desku po obvodě podepřenou, **momenty od zatížení** se stanoví ze vztahů (osa y je svislá – porušení rovnoběžné s ložnými spárami, osa x vodorovná – porušení kolmo k ložným spárám):

$$M_{Ed,y} = \mu \alpha w_d L^2$$

$$M_{Ed,x} = \alpha w_d L^2$$

kde: L je délka stěny,

w_d je návrhové zatížení od větru,

α je momentový součinitel (tabulková hodnota stanovená na základě experimentů a výpočtů, závisí na poměru výšky stěny h ku délce L , na součiniteli μ a na způsobu podepření okrajů stěny; v našem případě uvažujeme kloubové podepření podél všech okrajů). Nutno poznamenat, že hodnoty součinitelů uvedené v normě platí pouze do tloušťky stěny 250 mm.

μ je ortogonální poměr ohybových pevností:

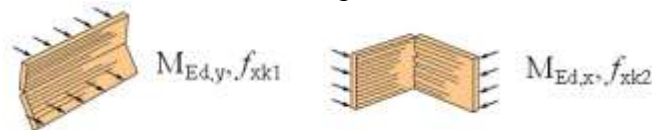
$$\mu = \frac{f_{xd1}}{f_{xd2}} = \frac{f_{xk1} + \gamma_M \sigma_d}{f_{xk2}}$$

kde: f_{xk1} je charakteristická pevnost zdiva v ohybu pro rovinu porušení rovnoběžnou s ložnými spárami,

f_{xk2} je charakteristická pevnost zdiva v ohybu pro rovinu porušení kolmou k ložným spárám,

σ_d je svislé napětí od stálého návrhového zatížení v kritickém průřezu, v našem případě napětí od vlastní tíhy horní poloviny stěny,

γ_M je bezpečnostní součinitel materiálu pro zdivo.



- Momenty únosnosti** se stanoví jako součin průřezového modulu stěny $Z = bt^2/6$ (šířku b uvažujeme 1 m, t je tloušťka stěny) a ohybové pevnosti zdiva. Ohybová pevnost se obvykle bere z normových tabulek, neboť výrobci její hodnoty neudávají.

$$M_{Rd,y} = f_{xd1} Z_y$$

$$M_{Rd,x} = f_{xd2} Z_x$$

- V obou směrech musí být splněna **podmínka** $M_{Rd} \geq M_{Ed}$.
- Metoda je použitelná pouze u stěn, které jsou namáhány **proměnným bočním zatížením** – při stálém zatížení je nutno použít jiných metod (viz přednáška).

Ověření mezních rozměrů stěny

- Spočteme poměry rozměrů stěny L/t a h/t .
- V příslušném normovém grafu (liši se podle uložení konců stěny) se najde bod $[L/t; h/t]$. Leží-li pod mezní křivkou, stěna vyhoví, jinak je nutno upravit rozměry.