



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/15.0426 · Posílení kvality bakalářského studijního programu Stavební Inženýrství

ŽELEZOBETONOVÝ RÁM

Výpočet kombinací vnitřních sil

Pomůcka do cvičení z předmětů BL002 a BL005

Vypracoval doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D.

Ing. Josef Panáček

Aktualizováno 11. 2. 2019

Obsah

1	Vnitřní síly.....	3
2	Rovnice pro kombinování.....	3
3	Pravidla pro kombinování.....	4
4	Praktická ukázka	4
4.1	Kombinace pro X_1	5
4.1.1	Hledáme $\min X_1$	5
4.1.2	Hledáme $\max X_1$	6
4.2	Kombinace pro X_2	7
4.2.1	Hledáme $\max X_2$	7
4.2.2	Hledáme $\min X_2$	8
4.3	Kombinace vnitřních sil	9
5	Shrnutí pravidel	9
6	Přílohy.....	10

1 Vnitřní síly

Mějme hodnoty vnitřních sil (účinků zatížení) od jednotlivých zatěžovacích stavů zapsány v následující tabulce. Zatěžovací stavy jsou rozděleny do skupin podle typu zatížení.

Tab. 1 Vnitřní síly

Zatěžovací stav			Označení	Skupina zatěžovacích stavů	X1	X2	X3
Stálé			ZS1	LG1	-70	50	...
Proměnné	Užitné ¹⁾	šach 1	ZS2	LG2	-90	60	...
		šach 2	ZS3		-10	-10	...
		plné	ZS4		-100	50	...
	sníh		ZS5	LG3	2	1	...
	vítr	z leva	ZS6	LG4	-70	-25	...
		zprava	ZS7		70	25	...

¹⁾ užitné zatížení – kategorie D (obchodní plochy)

Poznámka: Čísla jsou vymyšlená a neodpovídají vnitřním silám spočítaným na rámu, slouží pouze jako ukázka pro kombinování. Můžete si pod nimi představit např. hodnoty momentů, posouvajících sil ...

2 Rovnice pro kombinování

Kombinační rovnice pro MSÚ (STR/GEO) dle NA ČR pro trvalé a dočasné návrhové situace (viz Tab. 8) lze zapsat:

$$6.10a: \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10b: \sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

kde

γ_G je dílčí součinitel spolehlivosti pro stálá zatížení; nabývá hodnot 1,35 (nepříznivé účinky zatížení) nebo 1,00 (příznivé účinky zatížení) viz Tab. 9,

γ_Q je dílčí součinitel zatížení pro proměnná zatížení; nabývá obvykle hodnotu 1,5 (blíže lze najít v příslušných normách pro zatížení nebo dimenzování), v případě, kdy účinek zatížení působí příznivě, se toto zatížení v kombinaci neuvažuje (lze zapsat pomocí $\gamma_Q = 0$), viz Tab. 9,

ξ redukční součinitel stálého zatížení s hodnotou 0,85; v případě, kdy je $\gamma_{G,i} = 1$, se tento součinitel neuplatní, viz Tab. 8 a Tab. 9,

ψ_0 součinitel pro určení kombinačních hodnot proměnných zatížení (součinitel kombinace); hodnota závisí na typu a kategorii zatížení, viz Tab. 10,

$G_{k,j}$ účinek stálého zatížení (vnitřní síla),

$Q_{k,i}$ účinek proměnného zatížení (vnitřní síla),

$Q_{k,1}$ účinek proměnného hlavního zatížení (hlavní zatížení je to zatížení, které podle 6.10b vyvodí nejnepříznivější kombinaci – hledaný extrém), toto zatížení se na rozdíl od ostatních proměnných zatížení (vedlejší proměnná zatížení) v rovnici nenásobí součinitelem kombinace ψ_0 ; dopředu obvykle nevíme, které zatížení a zatěžovací stav to bude.

3 Pravidla pro kombinování

Pro dané zatěžovací stavy v Tab. 1 lze vytvořit podle zásad kombinování následující pravidla:

- z rovnice 6.10a vzniknou dvě pravidla a1 a a2, které se liší součinitelem spolehlivosti pro stálá zatížení γ_G . Formální zápis dílčích součinitelů spolehlivosti a součinitelů kombinace pro proměnná zatížení je pro obě pravidla stejný. Při praktickém výpočtu se budou rovnice lišit výběrem zatěžovacích stavů, které do kombinace půjdou.
- z rovnice 6.10b vzniknou pravidla, které se budou lišit:
 - jednak součinitelem spolehlivosti pro stálá zatížení tak, jako v případě rovnice 6.10a, ale s tím rozdílem, že se zatížení stálé redukuje navíc součinitelem redukce ξ (pouze v případě, kdy $\gamma_G = 1,35$),
 - jednak výběrem hlavního proměnného zatížení. Hlavní proměnné zatížení se nenásobí součinitelem kombinace ψ_0 . Protože dopředu nevíme, které zatížení je hlavní, musíme odzkoušet všechny možnosti (máme tři skupiny zatížení proměnných: užité, sníh a vítr – tři možnosti určení hlavních zatížení, v tabulce označeno žlutým políčkem). Možností je tedy $2 \times 3 = 6$.

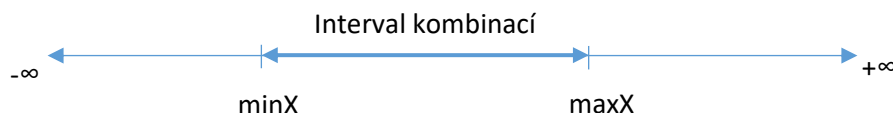
Při praktickém výpočtu se budou rovnice lišit výběrem zatěžovacích stavů, které do kombinace půjdou. Možností jak udělat kombinace je $2 \times 3 = 6$, vznikne 6 rovnic (v tabulce označeny b1 až b6).

Tab. 2 Výsledné možnosti kombinací

Zatěžovací stav			Označení	6.10a		6.10b					
				a1	a2	b1	b2	b3	b4	b5	b6
Stálé			ZS1	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1$	$\gamma_G = 1,35, \xi = 0,85$			$\gamma_G = 1$		
Proměnné	užité	šach 1	ZS2	$\gamma_Q \psi_0$	$\gamma_Q \psi_0$						
		šach 2	ZS3								
		plné	ZS4								
	sníh		ZS5	$\gamma_Q \psi_0$	$\gamma_Q \psi_0$						
	vítr	zleva	ZS6	$\gamma_Q \psi_0$	$\gamma_Q \psi_0$						
		zprava	ZS7								

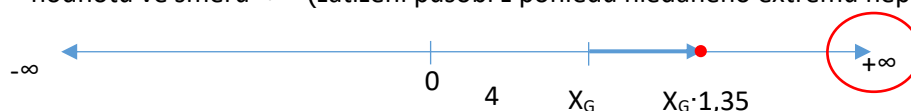
4 Praktická ukázka pro hodnoty vnitřních sil uvedených v Tab. 1

Chceme najít extrémní hodnoty vnitřní síly X . Ty jsou dvě: $\min X$ a $\max X$. Tyto hodnoty jsou hraniční hodnoty intervalu všech možných kombinací, které mohou nastat (podle rovnic 6.10a a 6.10b). Nebudeme počítat všechny možné kombinace (tak, jak to dělají výpočetní programy), ale zaměříme se pouze na tyto extrémy důležité pro návrh a posouzení průřezu.

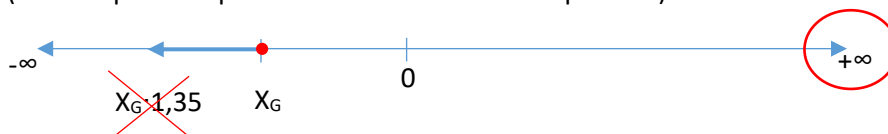


Zopakujme si pravidla:

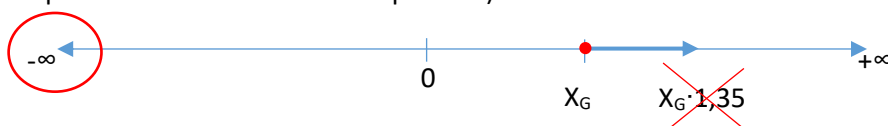
- **Zatížení stálé** v kombinaci vždy musí být; je jen otázka, jaký přiřadit součinitel γ_G . Ten se přiřadí podle toho, který extrém hledáme (min nebo max) a podle znaménka hodnoty X_1 od G:
 - Hledám-li $\max X$ a hodnota X od G je kladná – musím ji zvětšit, protože hledám největší hodnotu ve směru $+\infty$ (zatížení působí z pohledu hledaného extrému nepříznivě).



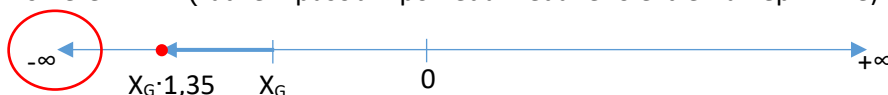
- Hledám-li $\max X$ a hodnota X od G je záporná – hodnotu nebudu měnit, tedy vynásobím pouze 1 (vynásobením $\gamma_G = 1,35$ by se hodnota posunula směrem k $-\infty$ a nikoliv k $+\infty$). (zatížení působí z pohledu hledaného extrému příznivě).



- Hledám-li $\min X$ a hodnota X od G je kladná – hodnotu měnit nebudu, protože vynásobením $\gamma_G = 1,35$ bych ji posunula opačným směrem (k $+\infty$) než hledám (zatížení působí z pohledu hledaného extrému příznivě).



- Hledám-li $\min X$ a hodnota X od G je záporná – musím ji „zvětšit“ ($\gamma_G = 1,35$) a posunout směrem k $-\infty$ (zatížení působí z pohledu hledaného extrému nepříznivě).



Výše uvedené lze shrnout do závěru, že pokud znaménko účinku zatížení X od G odpovídá směru hledaného extrému ($\max X$ a znaménko $(+)X$, $\min X$ a znaménko $(-)X$), pak se použije součinitel $\gamma_G = 1,35$, v opačném případě se hodnota X ponechá stejná $\gamma_G = 1$.

- **Zatížení proměnná** do kombinace mohou ale nemusí jít. V podstatě platí stejná pravidla jako pro stálá zatížení. Pokud zatížení hledaný extrém „zvětší“ (ve směru hledaného extrému) do kombinace půjde a bude se ještě „zvětšovat“ $\gamma_Q = 1,5$, (platí pravidla jako pro G , když $\gamma_G = 1,35$). Pokud by zatížení hledaný extrém posunulo opačným směrem (zmenšilo ho), pak do kombinace nepůjde $\gamma_Q = 0$ (platí pravidla jako pro G , když $\gamma_G = 1$). Toto lze shrnout do následujících pravidel:
 - Hledáme-li $\max X$, pak do kombinací půjdou jen kladné hodnoty X od proměnných zatížení.
 - Hledáme-li $\min X$, pak do kombinací půjdou jen záporné hodnoty X od proměnných zatížení.
- Ze skupiny zatěžovacích stavů pro užitná zatížení (ZS2, ZS3, ZS4) můžeme vybrat maximálně jeden zatěžovací stav a to proto, že ZS4 je již součtem ZS2 a ZS3.
- Obdobně ze skupiny zatěžovacích stavů pro vítr lze vybrat maximálně jeden zatěžovací stav (vítr nemůže foukat z obou stran najednou).

Součinitelé kombinace pro proměnná zatížení použitá v ukázce (viz Tab. 1):

- Užitné zatížení kategorie D (obchodní plochy) $\psi_0 = 0,7$,
- Sníh (Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n.m.) $\psi_0 = 0,5$,
- Vítr $\psi_0 = 0,6$.

4.1 Kombinace pro X1

4.1.1 Hledáme $\min X$

- Stálé zatížení má stejné znaménko jako směr hledaného extrému - „zvětšuji“ ho $\gamma_G = 1,35$, posouvám směrem k $-\infty$.
- Proměnná zatížení: uplatní se pouze zatěžovací stavy se zápornými hodnotami, z každé skupiny zatěžovacích stavů lze vybrat nanejvýš jeden zatěžovací stav, a to ten, který je nejbližší k $-\infty$:
 - z užitného zatížení ZS4,
 - sníh je pouze kladný – uvažuji kombinaci bez sněhu,
 - vítr z leva.

Z rovnice 6.10a se uplatní pouze pravidlo a1, z rovnice 6.10b se uplatní pravidlo b1 a b3 (musím vyzkoušet, které zatížení je hlavní a nenásobí se součinitelem ψ_0).

Tab. 3 Min X1

Zatěžovací stav			Označení	X1	Součinitelé podle rovnice		
					6.10a	6.10b	
					a1	b1	b3
Stálé			ZS1	-70	1,35	1,35·0,85	1,35·0,85
Proměnné	užitné	šach 1	ZS2	-90			
		šach 2	ZS3	-10			
		plné	ZS4	-100	1,5·0,7	1,5	1,5·0,7
	sníh		ZS5	2			
	vítr	zleva	ZS6	-70	1,5·0,6	1,5·0,6	1,5
		zprava	ZS7	70			
minX1					-262,50	-293,33	-290,33

Rozhodující je kombinace podle rovnice 6.10b pravidlo b1 s hodnotou -293,33.

Pro výpočet není třeba vytvářet tabulku, rovnice lze psát přímo:

$$6.10a1: 1,35 \cdot (-70) + 1,5 \cdot (-100 \cdot 0,7 - 70 \cdot 0,6) = -262,50$$

$$6.10b1: 0,85 \cdot 1,35 \cdot (-70) + 1,5 \cdot (-100 - 70 \cdot 0,6) = \mathbf{-293,33}$$

$$6.10b3: 0,85 \cdot 1,35 \cdot (-70) + 1,5 \cdot (-100 \cdot 0,7 - 70) = -290,33$$

Poznámka: zatížení, které je hlavní pro výpočet podle 6.10b, lze dopředu jednoduše určit vyčíslením vztahů v závorce:

- Předpoklad 1: hlavní je ZS4: $(-100 - 70 \cdot 0,6) = -142$
- Předpoklad 2: hlavní je ZS6: $(-100 \cdot 0,7 - 70) = -140$

Z porovnání hodnot (hledám minX1 a tedy minimum z obou výsledků $\min(-142; -140) = -142$) vyplývá, že platí předpoklad 1, hlavní zatížení je užitné zatížení ZS4. Pro rovnici 6.10b stačí spočítat kombinaci dle pravidla b1.

Závěr: pro nalezení hodnoty minX1 je potřeba spočítat dvě rovnice pro kombinace a to 6.10a1 a 6.10b1 (pro správně určené zatížení hlavní).

4.1.2 Hledáme maxX1

- Stálé zatížení má opačné znaménko než směr hledaného extrému, použije se součinitel $\gamma_G = 1,0$.
- Z proměnných zatížení se uplatní jen ty zatěžovací stavy, které mají kladné hodnoty:
 - užitná zatížení se neuplatní (budova je prázdná),
 - sníh,
 - vítr zprava.

Hodnota od zatížení sněhem je v porovnání s hodnotami od ostatních proměnných zatížení velmi malá, lze dopředu bezpečně říci, že se neuplatní jako hlavní zatížení. Tato možnost proto není v tabulce uvažována.

Tab. 4 Max X1

Zatěžovací stav			Označení	X1	Součinitelé podle rovnice		
					6.10a	6.10b	
					a2	b6	
Stálé			ZS1	-70	1	1	
Proměnné	užitné	šach 1	ZS2	-90			
		šach 2	ZS3	-10			
		plné	ZS4	-100			
	sníh		ZS5	2	1,5·0,5	1,5·0,5	
	vítr	z leva	ZS6	-70			
		zprava	ZS7	70	1,5·0,6	1,5	
maxX1					-5,50	36,50	

Rozhodující je kombinace podle rovnice 6.10b pravidlo b6 s hodnotou 35,50.

Pro výpočet není třeba vytvářet tabulku, rovnice lze psát přímo:

$$6.10a2: 1,0 \cdot (-70) + 1,5 \cdot (2 \cdot 0,5 + 70 \cdot 0,6) = -5,50$$

$$6.10b6: 1,0 \cdot (-70) + 1,5 \cdot (2 \cdot 0,5 + 70 \cdot 0,6) = -36,50$$

Ze součinitelů v Tab. 4 je zřejmé, že rovnice 6.10a se neuplatní, protože stálá zatížení mají shodný součinitel pro obě rovnice a u proměnných zatížení jsou v rovnici 6.10a redukována všechna zatížení součinitelem ψ_0 na rozdíl od rovnici 6.10b, kde jsou redukována pouze vedlejší proměnná zatížení (hlavní zatížení se neredukuje).

Závěr: stačí spočítat pouze jednu rovnici 6.10b6.

4.2 Kombinace pro X2

4.2.1 Hledáme maxX2

- Stálé zatížení má stejné znaménko jako směr hledaného extrému - „zvětšuji“ ho $\gamma_G = 1,35$, posouvám k $+\infty$
- Proměnná zatížení: uplatní se pouze zatěžovací stavy s kladnými hodnotami co nejvíce k $+\infty$:
 - z užitného zatížení ZS2,
 - sníh (opět ho neuvažuji jako hlavní zatížení, je významně menší než ostatní zatížení),
 - vítr zprava.

Tab. 5 MaxX2

Zatěžovací stav			Označení	X2	Součinitelé podle rovnice		
					6.10a	6.10b	
					a1	b1	b3
Stálé			ZS1	50	1,35	1,35·0,85	1,35·0,85
Proměnné	užitné	šach 1	ZS2	60	1,5·0,7	1,5	1,5·0,7
		šach 2	ZS3	-10			
		plné	ZS4	50			
	sníh		ZS5	1	1,5·0,5	1,5·0,5	1,5·0,5
	vítr	z leva	ZS6	-25			
		zprava	ZS7	25	1,5·0,6	1,5·0,6	1,5
maxX2					153,75	167,25	155,25

Rozhodující je kombinace podle rovnice 6.10b pravidlo b1 s hodnotou 167,25.

Pro výpočet není třeba vytvářet tabulku, rovnice lze psát přímo:

$$6.10a1: 1,35 \cdot (50) + 1,5 \cdot (60 \cdot 0,7 + 1 \cdot 0,5 + 25 \cdot 0,6) = 153,75$$

$$6.10b1: 0,85 \cdot 1,35 \cdot (50) + 1,5 \cdot (60 + 1 \cdot 0,5 + 25 \cdot 0,6) = \mathbf{167,25}$$

$$6.10b3: 0,85 \cdot 1,35 \cdot (50) + 1,5 \cdot (60 \cdot 0,7 + 1 \cdot 0,5 + 25) = 155,25$$

V tomto případě lze odhadnout, že hlavní zatížení je užité zatížení ZS2 (hodnota $X = 60$ pro ZS2 je značně vyšší, než pro ZS7 $X = 25$; a nepříznivější výsledek lze získat, když vyšší z těchto hodnot nebude redukována ψ_0). Ověření, že odhad je správný:

- Předpoklad 1: hlavní je ZS2: $(60 + 25 \cdot 0,6) = 75$
- Předpoklad 2: hlavní je ZS7: $(60 \cdot 0,7 + 25) = 67$

Hledáme max, proto rozhoduje $\max(75; 67) = 75$.

Závěr: pro nalezení hodnoty $\max X_2$ je potřeba spočítat dvě rovnice pro kombinace a to 6.10a1 a 6.10b1 (pro správně určené zatížení hlavní).

4.2.2 Hledáme min X_2

- Stálé zatížení má opačné znaménko než směr hledaného extrému, použije se $\gamma_G = 1,0$,
- Proměnná zatížení: uplatní se pouze záporné hodnoty co nejvíce k $-\infty$:
 - z užitého zatížení ZS3,
 - sníh je kladný, neuplatní se,
 - vítr z leva.

Tab. 6 Min X_2

Zatěžovací stav			Označení	X2	Součinitelé podle rovnice		
					6.10a	6.10b	
					a2	b4	b6
Stálé			ZS1	50	1	1	1
Proměnné	užitné	šach 1	ZS2	60			
		šach 2	ZS3	-10	1,5·0,7	1,5	1,5·0,7
		plné	ZS4	50			
	sníh		ZS5	1			
	vítr	z leva	ZS6	-25	1,5·0,6	1,5·0,6	1,5
		zprava	ZS7	25			
minX2					17,00	12,50	2,00

Rozhodující je kombinace podle rovnice 6.10b pravidlo b6 s výslednou hodnotou $\min X_2 = 2$.

Pro výpočet není třeba vytvářet tabulku, rovnice lze psát přímo:

$$6.10a2: 1,0 \cdot (50) + 1,5 \cdot (-10 \cdot 0,7 - 25 \cdot 0,6) = 17,00$$

$$6.10b4: 1,0 \cdot (50) + 1,5 \cdot (-10 - 25 \cdot 0,6) = 12,50$$

$$6.10b6: 1,0 \cdot (50) + 1,5 \cdot (-10 \cdot 0,7 - 25) = \mathbf{2,00}$$

Ze součinitelů v Tab. 6 je zřejmé, že rovnice 6.10a se opět neuplatní, protože stálá zatížení mají shodný součinitel pro všechny rovnice kombinací a u proměnných zatížení jsou v rovnici 6.10a redukována ψ_0

všechna proměnná zatížení na rozdíl od 6.10b, ve kterých se jedno zatížení (hlavní) neredukuje a redukují se jen ostatní (vedlejší) zatížení.

Zatížení hlavní pro 6.10b lze dopředu určit:

- Předpoklad 1: hlavní je ZS3: $(-10 - 25 \cdot 0,6) = -25$
- Předpoklad 2: hlavní je ZS6: $(-10 \cdot 0,7 - 25) = -32$

Hledáme min, proto rozhoduje $\min(-25; -32) = -32$. Hlavní je zatížení větrem ZS6.

Závěr: pokud dopředu zjistíme, které zatížení je hlavní, stačí spočítat pouze jednu kombinaci zatížení 6.10b6.

4.3 Kombinace vnitřních sil

Tab. 7 Tabulka kombinací vnitřních sil

Zatěžovací stav			Označení	X1	X2	X3
Stálé			ZS1	-70	50	...
Proměnné	užitné	šach 1	ZS2	-90	60	...
		šach 2	ZS3	-10	-10	...
		plné	ZS4	-100	50	...
	sníh		ZS5	2	1	...
	vítr	z leva	ZS6	-70	-25	...
		zprava	ZS7	70	25	...
	Hledaný extrém		Kombinační pravidlo a zatěžovací stavy (kombinace)			
minX1		b1: ZS1, ZS4, ZS6		-293,33	109,88 ¹⁾	1)
maxX1		b6: ZS1, ZS5, ZS7		36,50	²⁾	2)
minX2		b6: ZS1, ZS3, ZS6		³⁾	2,00	3)
maxX2		b1: ZS1, ZS2, ZS5, ZS7		⁴⁾	167,25	4)
minX3		...				...
maxX3		...				...

¹⁾ Hodnoty lze dopočítat podle kombinačního pravidla stejných zatěžovacích stavů jako pro minX1, aby bylo možné vykreslit průběh vnitřních sil pro tuto kombinaci.

Kombinační pravidlo bylo:

minX1: $0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1) + 1,5 \cdot (ZS4 + ZS6 \cdot 0,6) = -293,33$

Odpovídající X2:

odpX2: $0,85 \cdot 1,35 \cdot (50) + 1,5 \cdot (50 - 25 \cdot 0,6) = 109,88$

^{2) 3) 4)} Dtto pro maxX1, minX2 a maxX2

5 Shrnutí pravidel

- Hledám-li maximum, vybírám jen kladné účinky možných zatěžovacích stavů od proměnných zatížení.
- Hledám-li minimum, vybírám jen záporné účinky možných zatěžovacích stavů od proměnných zatížení.

- Stálé zatížení uvažují vždy: shoduje-li se znaménko účinku stálého zatížení se znaménky proměnných zatížení, zvětším jej součinitelem $\gamma_G = 1,35$ (pro rovnice 6.10b i součinitelem $\xi = 0,85$), v opačném případě použiju $\gamma_G = 1$.
- Pokud je součinitel pro stálá zatížení $\gamma_G = 1$, pak stačí jedna rovnice 6.10b (ta se správně určeným hlavním zatížením), v opačném případě při $\gamma_G = 1,35$ se musí spočítat i rovnice 6.10a.

Poznámka: pokud bychom dělali kombinace podle rovnice 6.10 podle EN (nikoliv NA ČR), platila by pravidla zde uvedená pro rovnici 6.10b bez redukčního součinitele pro stálá zatížení ξ .

$$6.10: \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6 Přílohy

Tab. 8 Kombinace pro mezní stavy únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace

Charakteristika základní kombinace ¹⁾	Stálá zatížení ³⁾		Předpětí neuplatní se u žel.bet.	Hlavní proměnné zatížení ⁴⁾	Vedlejší proměnná zatížení ⁴⁾	
	nepříznivá	příznivá			nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	ostatní
	$\sum$ pro $j \geq 1$	$\sum$ pro $j \geq 1$				$\sum$ pro $i > 1$
výraz 6.10 - pro soubory A (EQU), B (STR nebo STR/GEO), C (STR/GEO)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P_k$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
výraz 6.10a – pro soubor B (STR nebo STR/GEO) - hospodárné řešení ²⁾	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P_k$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
výraz 6.10b – pro soubor B (STR nebo STR/GEO) - hospodárné řešení ²⁾	ξ $\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P_k$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
¹⁾ Číslování výrazů je provedeno podle ČSN EN 1990 vzhledem k odkazům v jiných normách a podkladech. ²⁾ Použití kombinací podle výrazů 6.10a a 6.10b se doporučuje (uvažuje se méně příznivá hodnota). Použití výrazu 6.10 pro soubor B není ale obecně vyloučeno (méně hospodárné řešení). ³⁾ Horní a dolní hodnota stálého zatížení se nemusí uvažovat, je-li proměnnost stálého zatížení malá. ⁴⁾ Proměnná zatížení - zatížení užitečná, sněhem, větrem, teplotou apod. EQU - ztráta stability konstrukce nebo její části (pevnosti nejsou obvykle rozhodující), STR – porušení konstrukce (rozhoduje pevnost konstrukčního materiálu; nemusí působit geotechnická zatížení), GEO – porušení v důsledku vlivu základové půdy (její pevnost je významná; zahrnuje i geotechnická zatížení).						

Tab. 9 Dílčí součinitelé spolehlivosti pro zatížení pozemních staveb

Návrhové situace ^{2) 3) 4)}		Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
		nepříznivá	příznivá		nejúčinnější	ostatní
		$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,i}$
Trvalé a dočasné	EQU (soubor A)	1,10	0,90	1,50 (příznivé 0)		1,50 (příznivé 0)
	EQU/STR ¹⁾ (soubor A a B)	1,35	1,15	1,50 (příznivé 0)		1,50 (příznivé 0)
	STR/GEO (soubor B - 6.10)	1,35	1,00	1,50 (příznivé 0)		1,50 (příznivé 0)
	STR/GEO (soubor B – 6.10a)	1,35	1,00		1,50 (příznivé 0)	1,50 (příznivé 0)
	STR/GEO (soubor B – 6.10b)	0,85-1,35	1,00	1,50 (příznivé 0)		1,50 (příznivé 0)
	STR/GEO (soubor C)	1,00	1,00	1,30 (příznivé 0)		1,30 (příznivé 0)
Mimořádné		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

1) Dle EN lze použít jako alternativu, pokud ověření statické rovnováhy zahrnuje také odolnost nosných prvků, ke dvěma postupům pro soubor A a B za předpokladu, že použitím součinitele 1,00 pro příznivé i nepříznivé složky stálého zatížení nevznikne účinek nepříznivější. Dle NA ČR se mimo souboru A doporučuje použít zvýrazněných hodnot souboru B.

2) Návrh, který zahrnuje geotechnická zatížení a odolnost základové půdy, je nutno provést jedním ze tří postupů zahrnujících různým způsobem soubor B a C (podrobnosti viz ČSN EN 1990 a ČSN EN 1997-1). Geotechnická zatížení je nutno se souborem A zohlednit i při výpočtu stability.

3) Pro seizmické návrhové situace platí obdobné hodnoty jako pro mimořádné návrhové situace (není rozlišováno nejúčinnější a ostatní vedlejší proměnné zatížení) s tím, že jsou pro jednotlivé situace upřesněny v ČSN EN 1998.

4) Dílčí součinitelé zatížení pro **SLS** se uvažují hodnotou **1,0**, pokud v ČSN EN 1992-1-1 není uvedeno jinak.

Tab. 10 Doporučené hodnoty součinitelů kombinace

Zatížení ¹⁾	Součinitel		
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Užitné kategorie zatěžovaných ploch (viz ČSN EN 1991-1-1):			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy, tíha vozidla ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy, $30\text{kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H : střechy	0,7	0,2	0
Zatížení sněhem ²⁾ (viz ČSN EN 1991-1-3):			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1000\text{m n.m.}$	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000\text{ m n.m.}$	0,5	0,2	0
Zatížení větrem (viz ČSN EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (s výjimkou požáru) (viz ČSN EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
Zatížení námrazou	0,5	0,2	0
Zatížení vodou s proměnnou hladinou	0,5	0,2	0

1) Hodnoty součinitelů pro staveništní zatížení - viz ČSN EN 1991-1-6.

2) Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele ψ stanoví podle místních podmínek.