

Klasifikace zatížení

Stálá

G

Proměnná

Q

Mimořádná

A

-
- Vlastní tíha, pevně zabudované součásti
 - Předpětí
 - Zatížení vodou a zemínou
 - Nepřímá zatížení, např. od sedání základů

- Užitná zatížení
- Sníh
- Vítr
- Nepřímá zatížení, např. od teploty

- Výbuch
- Požár
- Náraz vozidel

Stálá zatížení

EN 1991-1-1, 4.2002

$$G_k = \mu_G \text{ (= průměr)}$$

Objemové tíhy v kN/m^3 - beton 19 až 23 kN/m^3

Tíha = nominální objem \times objemová tíha

Přemístitelné příčky jako užité zatížení q_k :

- při tíze $< 1 \text{ kN/m}$, $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$
- při tíze $< 2 \text{ kN/m}$, $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- při tíze $< 3 \text{ kN/m}$, $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$

Kategorie užitných ploch

A

Obytné plochy

B

Kancelářské plochy

C

Plochy pro shromažďování (C1 - C4)

D

Plochy obchodní (D1 - D2)

E1

Plochy pro skladovací účely

E2

Průmyslové plochy

Užitná zatížení

Kategorie	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
A Obecně	1,5 - <u>2,0</u>	<u>2,0</u> - 3,0
Schodiště	<u>2,0</u> - 4,0	<u>2,0</u> - 4,0
Balkóny	<u>2,5</u> - 4,0	<u>2,0</u> - 3,0
B Kanceláře	2,0 - <u>3,0</u>	1,5 - <u>4,5</u>
C1-C5 Shrom.	2,5 - 7,5	2,5 - 7,0
D1-D2 Skladovací	4,0 - 5,0	3,5 - 7,0

Redukční součinitelé:

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A}, \quad \alpha_n = \frac{2 + (n-2)\psi_0}{n}$$

Garáže a dopravní plochy

Kategorie	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
F	1,5 - <u>2,0</u>	10 - <u>20</u>
dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla do 30 kN a 8 sedadel		
G	5	40 - <u>90</u>
pro střední vozidla do 30 kN celkové tíhy, menší než 160 kN		

KATEGORIE STŘECH

	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
H	Plochy nepřístupné s výjimkou běžné údržby 0 - 1 (<u>0,4</u>)	$A = 10 \text{ m}^2$ 0,9 - 1,5 (<u>1</u>)
I	Střechy přístupné pro kat. A až G	
K	Plochy přístupné pro zvláštní provoz (např. vrtulníky, třídy HC1 a HC2)	

Zatížení od vysoko zdvižných vozíků

Třídy vozíků FL1 až FL6

nápravové síly Q_k [kN]

FL 1	26	FL 4	90
FL 2	40	FL 5	140
FL 3	63	FL 6	170

$$Q_{k,dyn} = \varphi Q_k$$

φ - součinitel pro dynamické účinky

Vodorovná zatížení na příčky a zábradlí

Užitné plochy

q_k [kN/m]

A

0,5

B, C1

0,5

C2-C4, D

q_k

C5

3

E

q_k

Vodorovná zatížení na svodidla

Užitné plochy v garážích

q_k [kN/m]

$$F = 0,5 m v^2 / (\delta_c + \delta_b)$$

δ_c

Deformace vozidla (mm)

δ_b

Deformace svodidla (mm)

m hmotnost vozidla, $v = 4,5$ m/s, $\delta_c = 100$ mm

Stálé a proměnná zatížení



Representativní hodnoty proměnných zatížení

Kombinační hodnota $\psi_0 Q_k$

- redukována pravděpodobnost výskytu
nepříznivých hodnot několika nezávislých zatížení

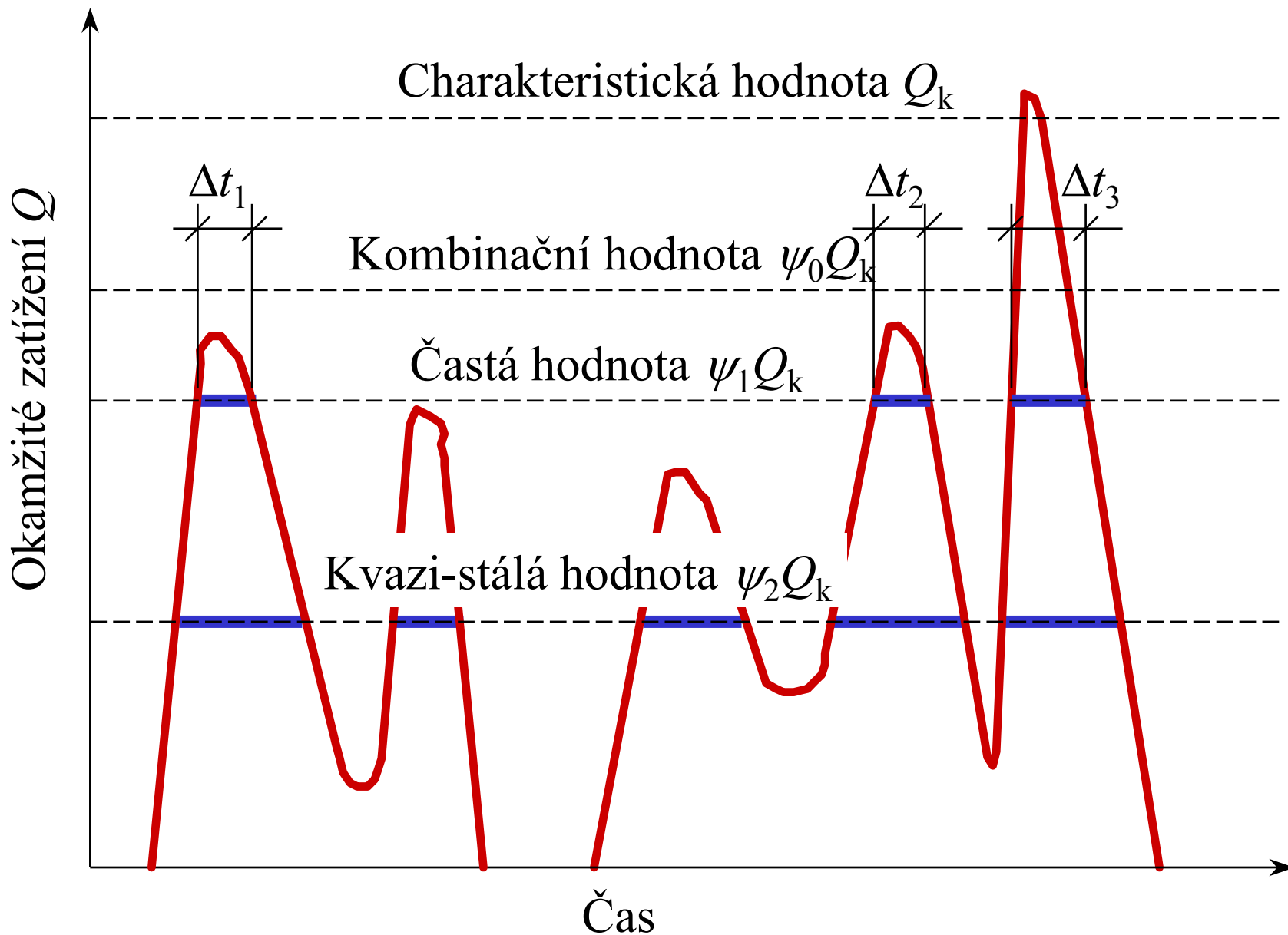
Častá hodnota $\psi_1 Q_k$

- celková doba je 0.01 referenční doby
- doba návratu 1 týden (mosty)

Kvazistálá hodnota $\psi_2 Q_k$

- celková doba je 0.5 referenční doby

Representativní hodnoty



Součinitele ψ_i

EN 1990, 2002, tabulka A.1.1

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Užitné A, B	0,7	0,5	0,3
Užitné C, D	0,7	0,7	0,6
Užitné E	1,0	0,9	0,8
Sníh (do 1000 m)	0,5	0,2	0,0
Vítr	0,6	0,2	0,0
Teplota	0,6	0,5	0,0

Kombinace zatížení

EN 1990, 2002

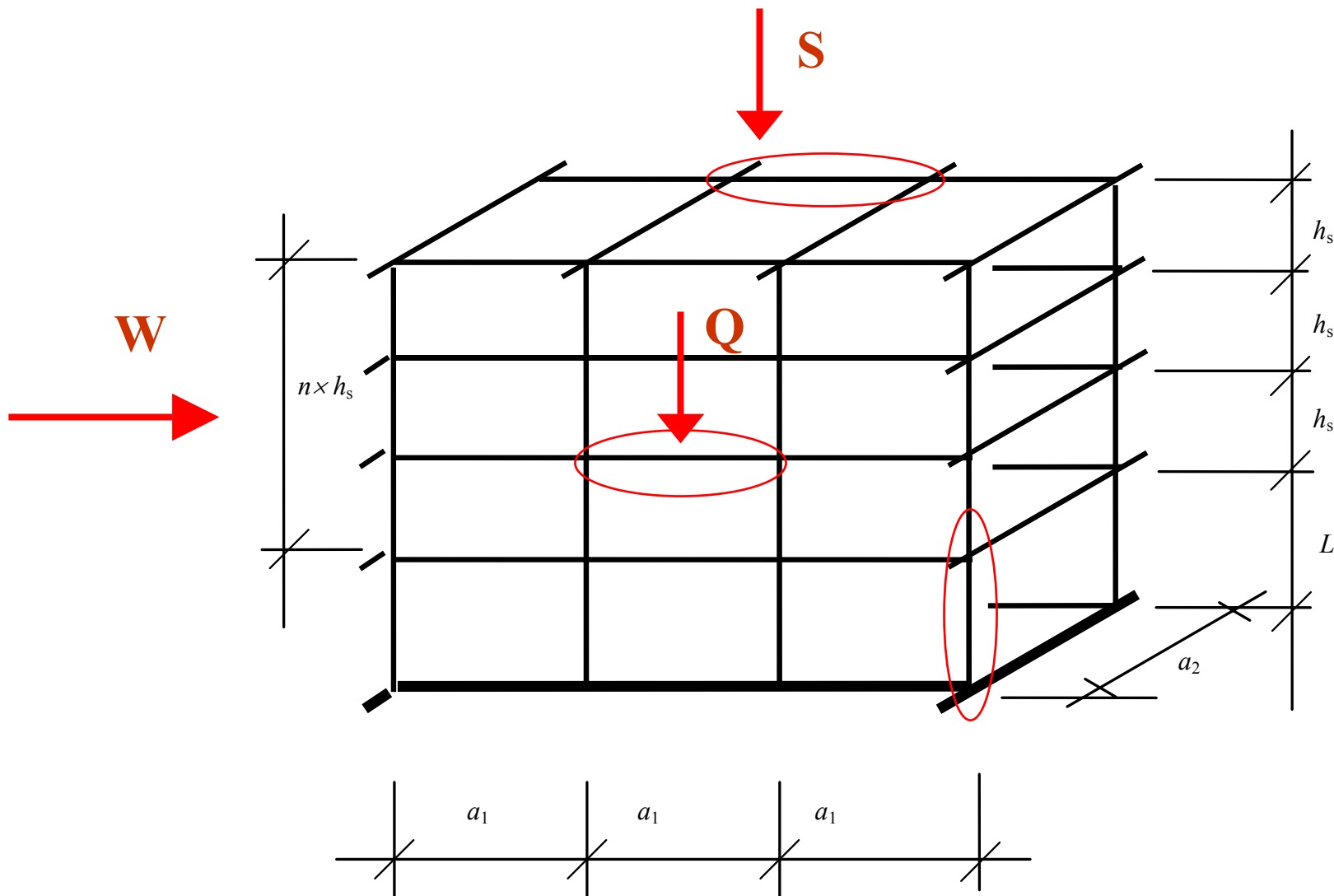
Únosnost:

EQU - rovnováha	(6.7)
STR, GEO - konstrukce	(6.10)
Mimořádné kombinace	(6.11)
FAT - únava	

Použitelnost:

charakteristická - nevratné	(6.14)
častá - vratné	(6.15)
kvazi-stálá - dlouhodobé	(6.16)

Hlavní a vedlejší zatížení



Kombinace zatížení

únosnost, EN 1990, 2002

- Trvalá a dočasná návrhová situace - základní k.

- **A**
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_i \quad (6.10)$$

- **B**
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + (\gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_i) \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_i \quad (6.10b)$$

- **C**
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} \quad (6.10a, \text{mod})$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_i \quad (6.10b)$$

Součinitele γ_G A γ_Q

EN 1990, 4.2002

Mezní stav	Účinek zatížení	γ_G	γ_Q
A-EQU	Nepříznivý	1,10	1,50
	Příznivý	0,90	0,00
B-STR/GEO	Nepříznivý	1,35	1,50
	Příznivý	1,00	0,00
C- STR/GEO	Nepříznivý	1,00	1,30
	Příznivý	1,00	0,00

Příklad: $G + Q + W$, Q je hlavní

- **A** $\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k + \gamma_W \psi_{0W} W_k$ (6.10)

- **B** $\gamma_G G_k + \gamma_Q \psi_{0Q} Q_k + \gamma_W \psi_{0W} W_k$ (6.10a)

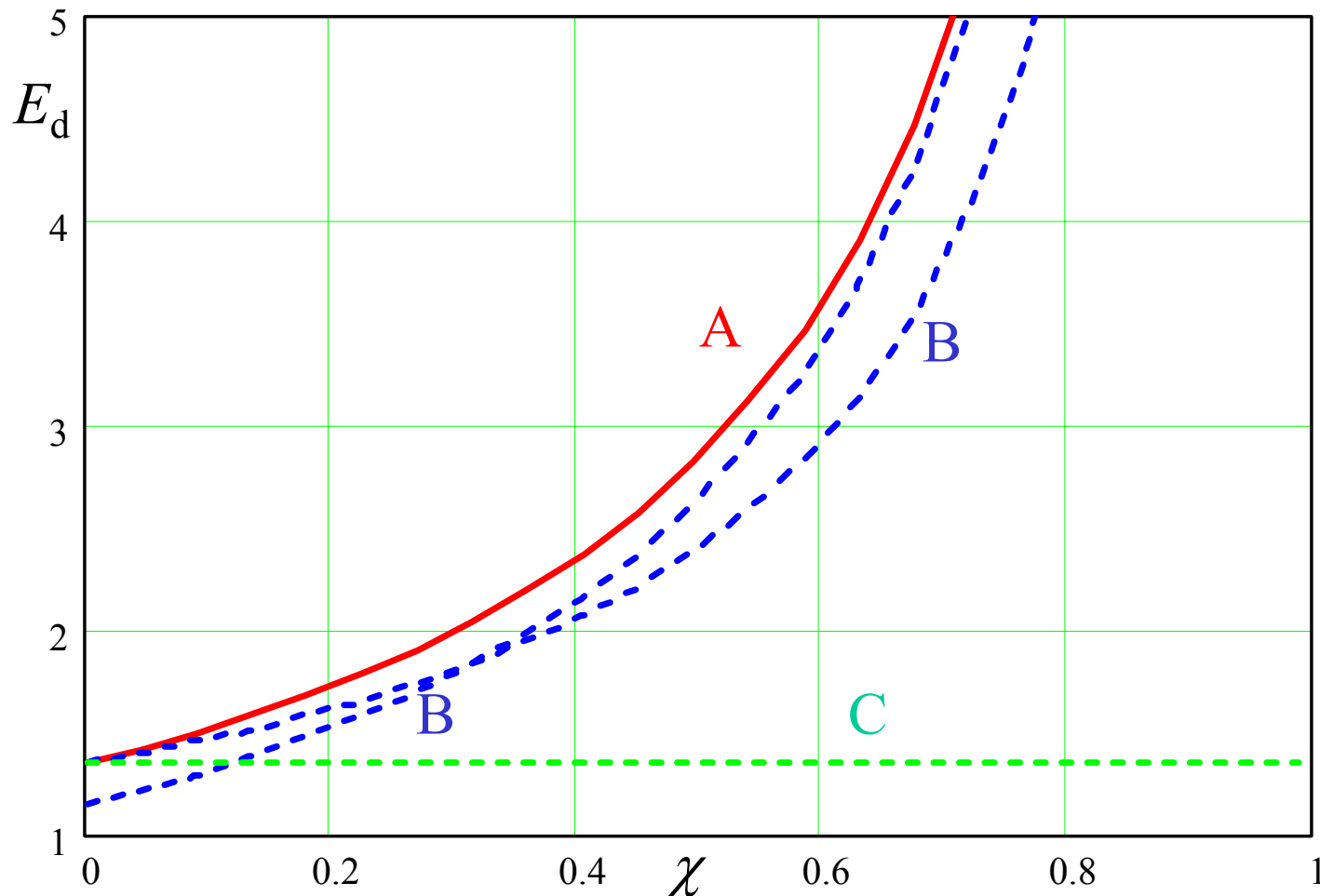
- $\xi \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k + \gamma_W \psi_{0W} W_k$ (6.10b)

- **C** $\gamma_G G_k$ (6.10a, mod)

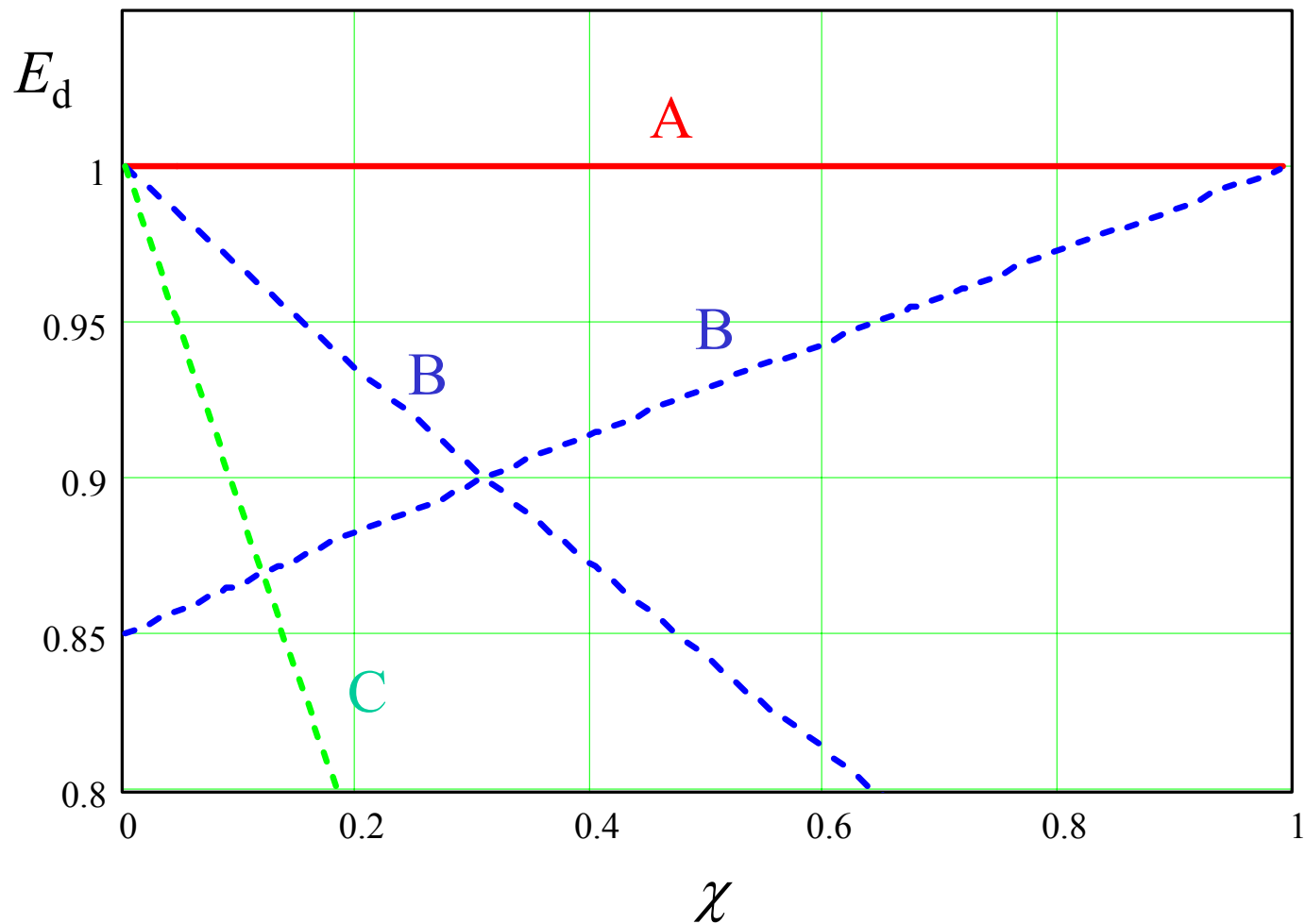
- $\xi \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k + \gamma_W \psi_{0W} W_k$ (6.10b)

Účinek zatížení $E_d = (\xi) \gamma_G G_k + \gamma_Q (\psi_Q) Q_k$

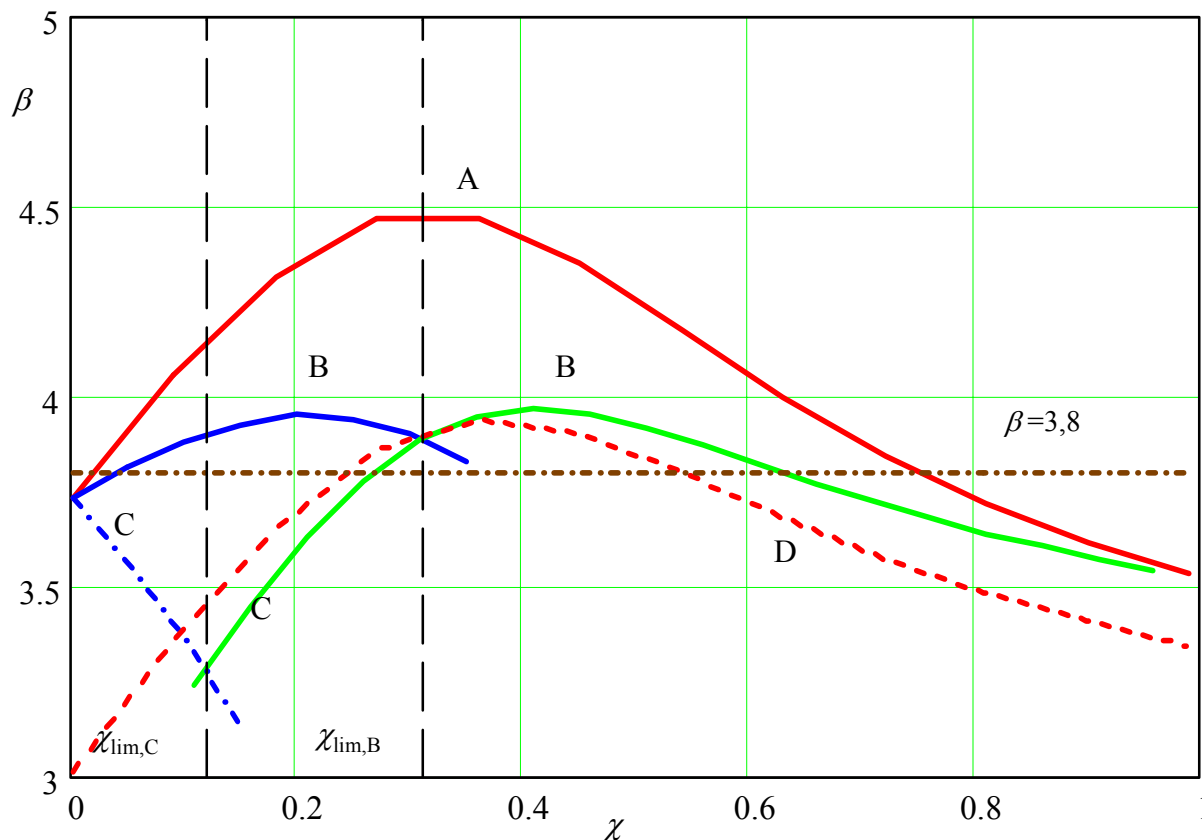
Kombinací A, B a C pro různé poměry proměnného a celkového zatížení: $\chi = Q_k / (G_k + Q_k)$



Účinek zatížení $E_d(A,B,C)/E_d(A)$



Index spolehlivosti β



Index spolehlivosti β pro železobetonovou desku v závislosti na poměru zatížení χ ; A,B,C - kombinace podle EN 1990 ($\gamma_G = 1,35$, $\gamma_Q = 1,5$), D - kombinace podle ČSN P ENV 1991-1 ($\gamma_G = 1,2$, $\gamma_Q = 1,4$).

Kombinace zatížení

- Mimořádná návrhová situace

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + A_d + (\psi_{11} \text{ nebo } \psi_{21}) Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.11b)$$

- Seizmická návrhová situace

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \gamma_I A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.12b)$$

Kombinace zatížení - použitelnost

- Charakteristická - trvalé změny

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} Q_i \quad (6.14)$$

- Častá kombinace - lokální účinky

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.15)$$

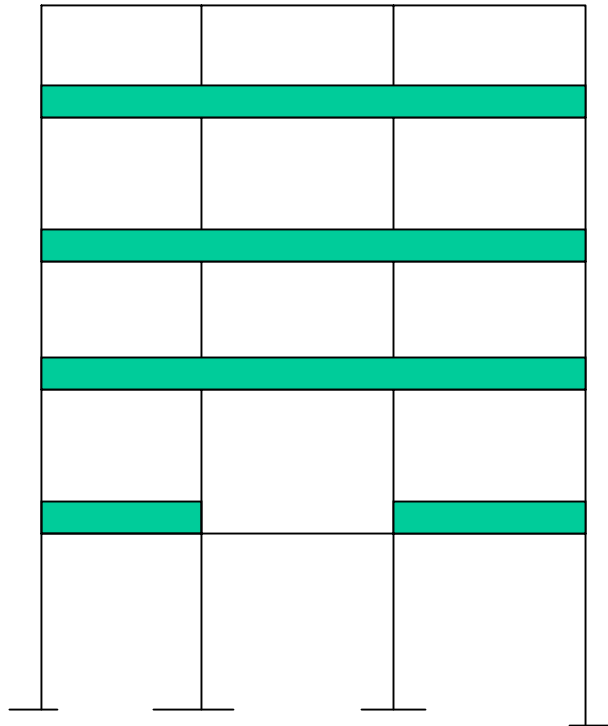
- Kvazistálá kombinace - dlouhodobé účinky

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.17)$$

Doporučení pro užitná zatížení

- Pro návrh vodorovného nosného prvku se v určitém podlaží uvažuje nejméně příznivá poloha užitných zatížení. Jestliže je ještě zapotřebí uvážit současné působení dalších užitných zatížení v následujících podlažích, lze uvažovat, že jsou v těchto podlažích rovnoměrně rozložena.
- Pro návrh svislých prvků, zatížených z několika podlaží, lze předpokládat, že zatížení jsou rozložena rovnoměrně.
- Soustředěná zatížení se nemají kombinovat s rovnoměrnými zatíženími.
- Redukční součinitel ψ nelze uvažovat společně s redukčním součinitelem α_n .

Uspořádání zatížení rámu



Dočasná návrhová situace

EN 1991-1-6 Zatížení během provádění

Doplňující pravidla pro vlastní tíhu, předpětí, užitná zatížení

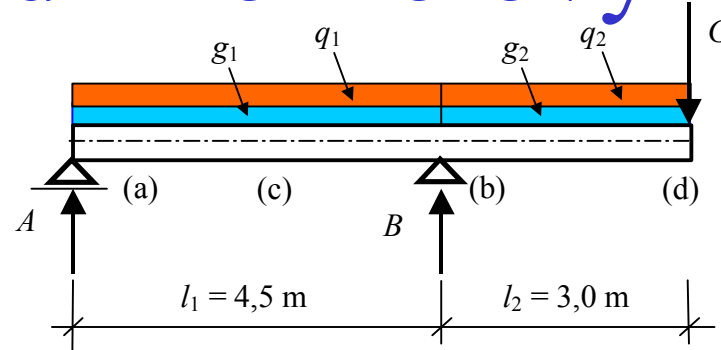
Staveništní
zatížení

stálá
nahodilá

Klimatická
zatížení

doba trvání etapy výstavby
3 dny, 3 měsíce, 1 rok

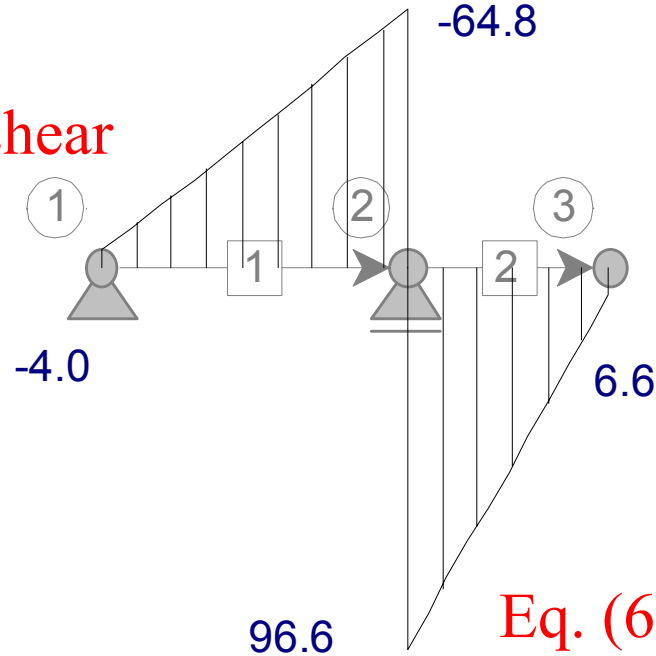
Příklad - konzolový nosník



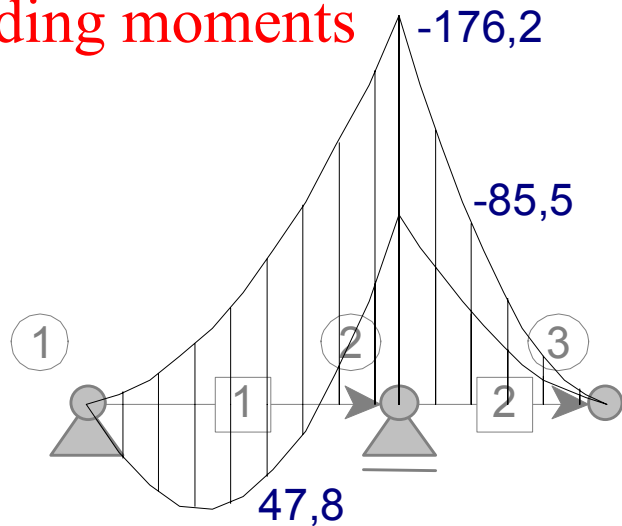
Load case	Limit state	Action				
		g_1	g_2	q_1	q_2	G
1	Equilibrium, eq. (6.7)	0,90	1,10	-	1,50	1,10
2	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,00	1,50	-	1,00
3	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	1,35	-	1,50	1,35
4	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,35	1,50	1,50	1,35
5	Ultimate, eq. (6.10a)	1,35	1,00	$1,50 \times 0,7$	-	1,00
6	Ultimate, eq. (6.10b)	$0,85 \times 1,35$	1,00	1,50	-	1,00
7	Ultimate, eq. (6.10a)	1,00	1,35	-	$1,50 \times 0,7$	1,35
8	Ultimate, eq. (6.10b)	1,00	$0,85 \times 1,35$	-	1,50	$0,85 \times 1,35$
9	Serviceability, eq. (6.14)	1,00	1,00	1,00	-	1,00
10	Serviceability, eq. (6.14)	1,00	1,00	-	1,00	1,00
11	Serviceability, eq. (6.15)	1,00	1,00	$1,00 \times 0,5$	-	1,00
12	Serviceability, eq. (6.15)	1,00	1,00	-	$1,00 \times 0,5$	1,00
13	Serviceability, eq. (6.16)	1,00	1,00	$1,00 \times 0,3$	-	1,00
14	Serviceability, eq. (6.16)	1,00	1,00	-	$1,00 \times 0,3$	1,00

Účinek zatížení

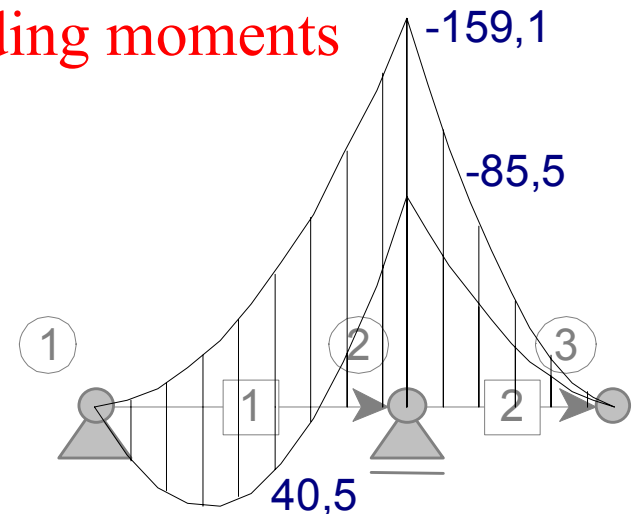
Eq(6.7) - shear



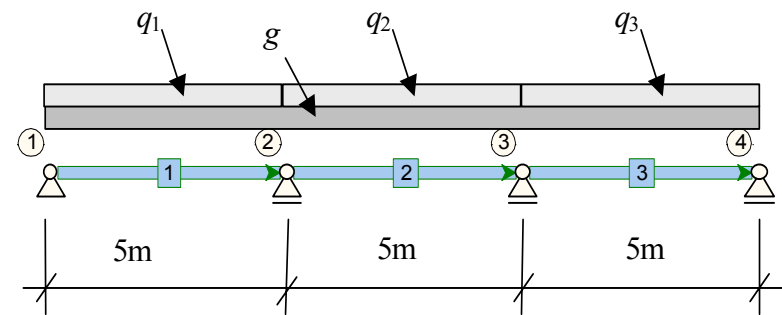
Eq. (6.10)
bending moments



Eq. (6.10a) and (6.10b)
bending moments



Spojité nosník - únosnosť



Load case	Limit state	Action			
		g	q_1	q_2	q_3
1	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	0	0	0
2	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,50	0	0
3	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,50	1,50	0
4	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,50	0	1,50
5	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,50	1,50	1,50
6	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	0	1,50	0
7	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	0	1,50	1,50
8	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	0	0	1,50
9	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	0	0	0
10	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	1,50	0	0
11	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	1,50	1,50	0
12	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	1,50	0	1,50
13	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	1,50	1,50	1,50
14	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	0	1,50	0
15	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	0	1,50	1,50
16	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	0	0	1,50

Spojité nosník - použitelnost

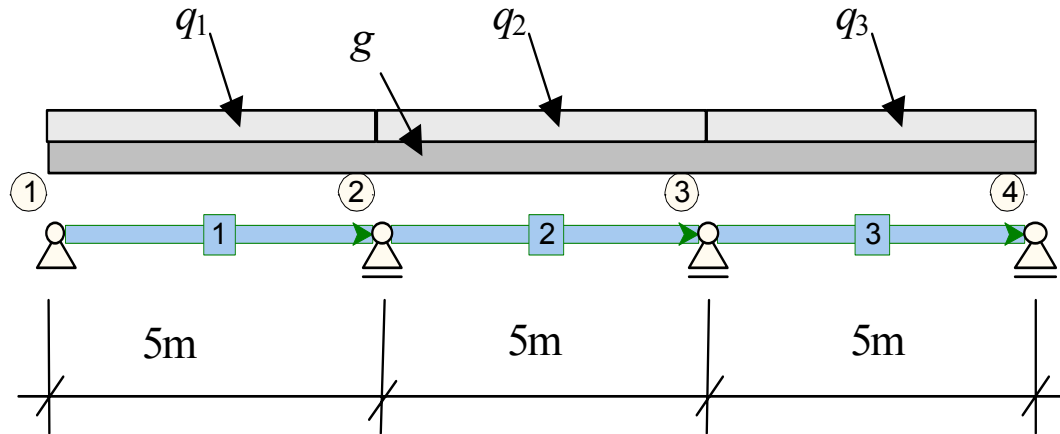
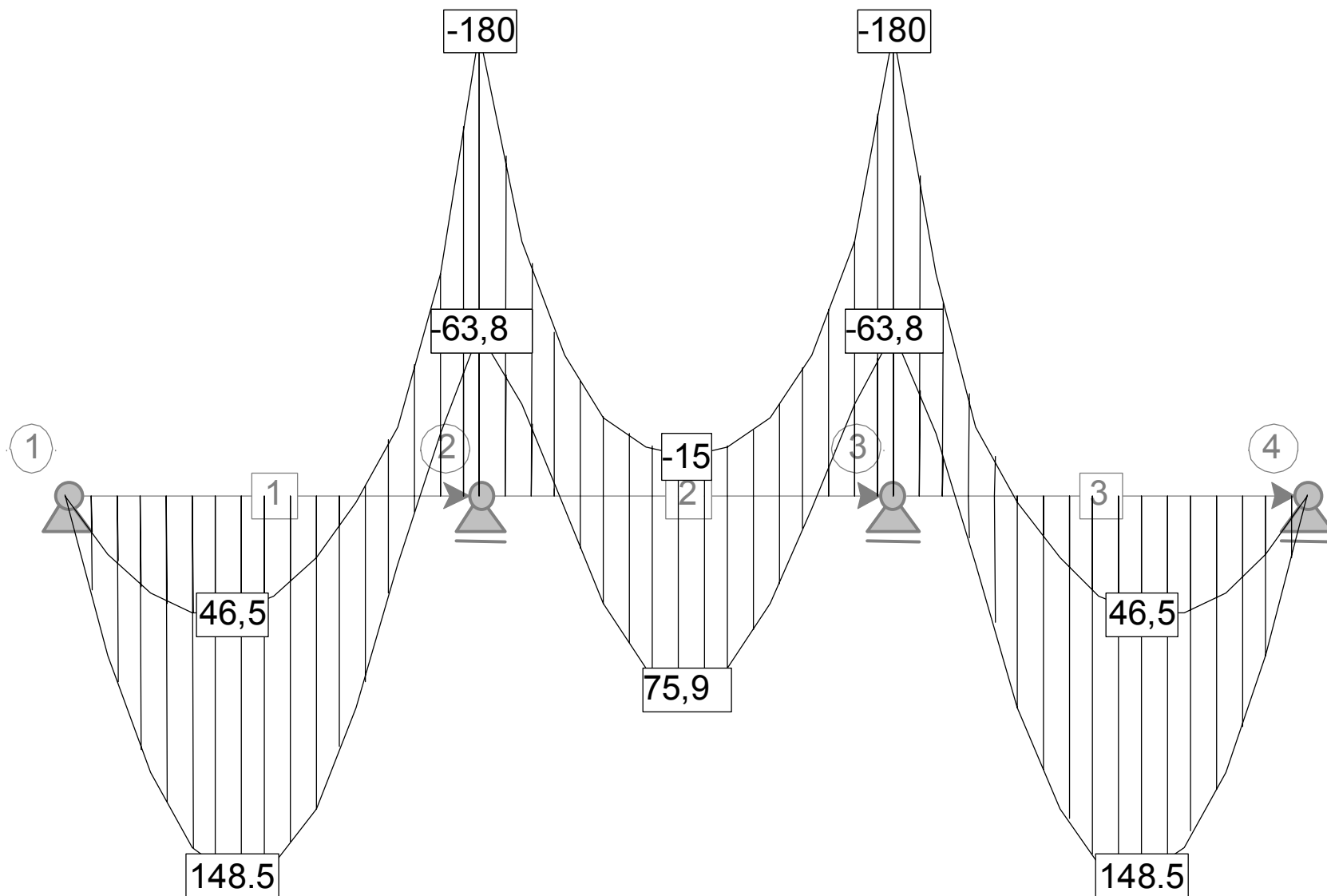


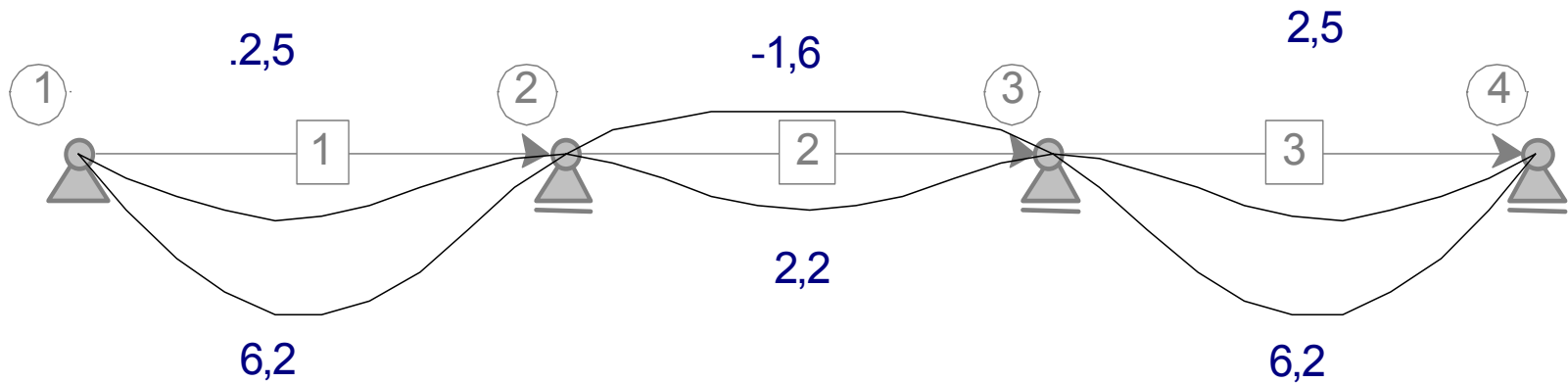
Table 5.2b. Load cases and appropriate factors ($\gamma \times \psi$) for serviceability limit states.

Load case	Limit state	Action			
		g	q_1	q_2	q_3
1	Serviceability, eq. (6.14)	1,00	1,00	-	1,00
2	Serviceability, eq. (6.14)	1,00	-	1,00	-
3	Serviceability, eq. (6.17)	1,00	$1,00 \times 0,3$	-	$1,00 \times 0,3$
4	Serviceability, eq. (6.17)	1,00	-	$1,00 \times 0,3$	-

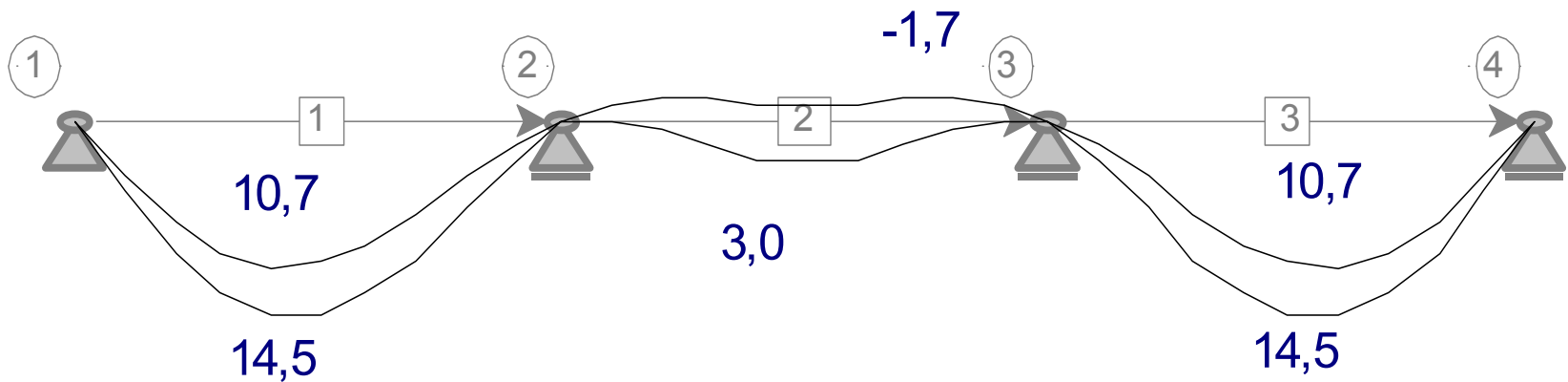
Ohybový moment



Přetvoření

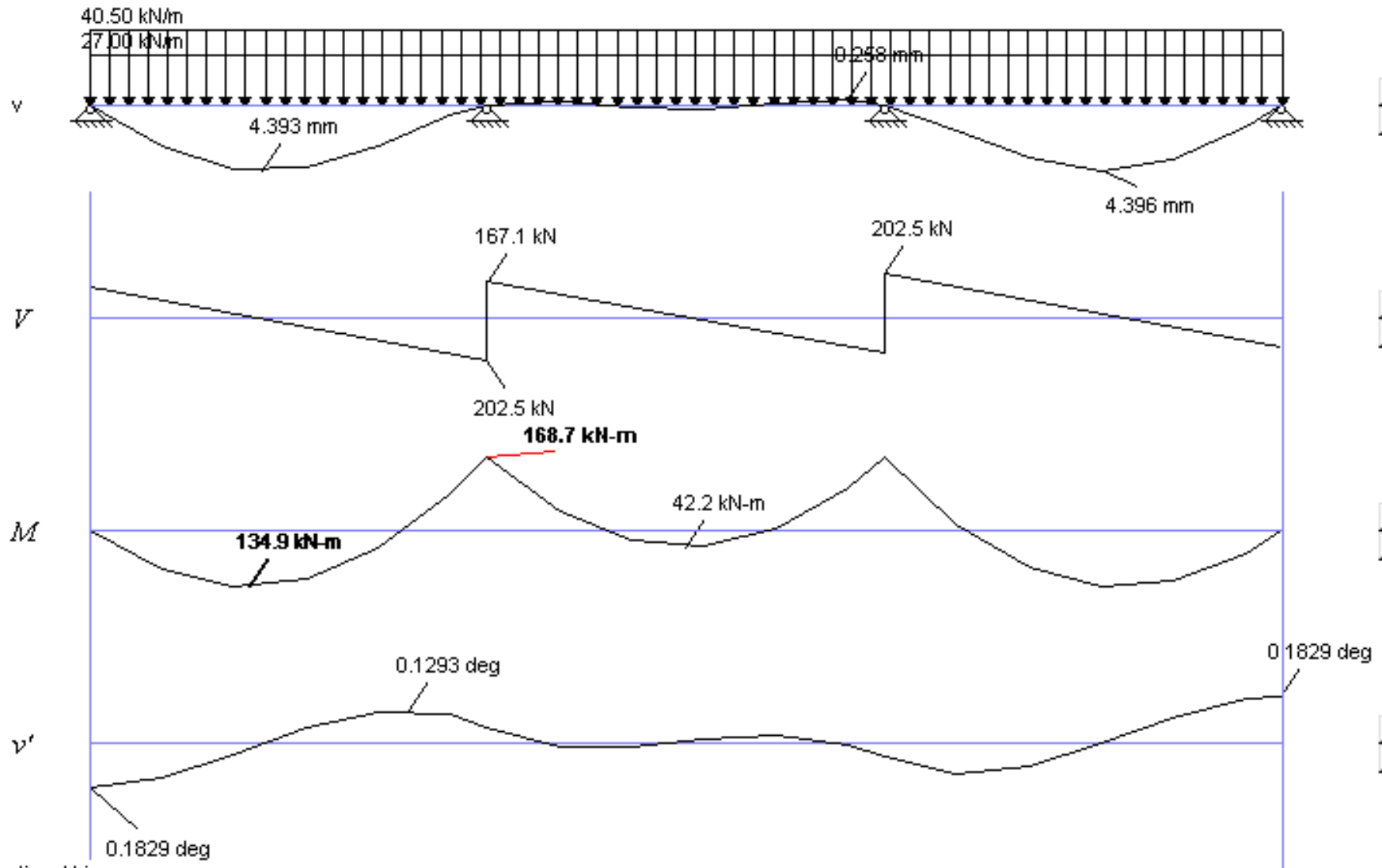


Zatěžovací případy 1 a 2

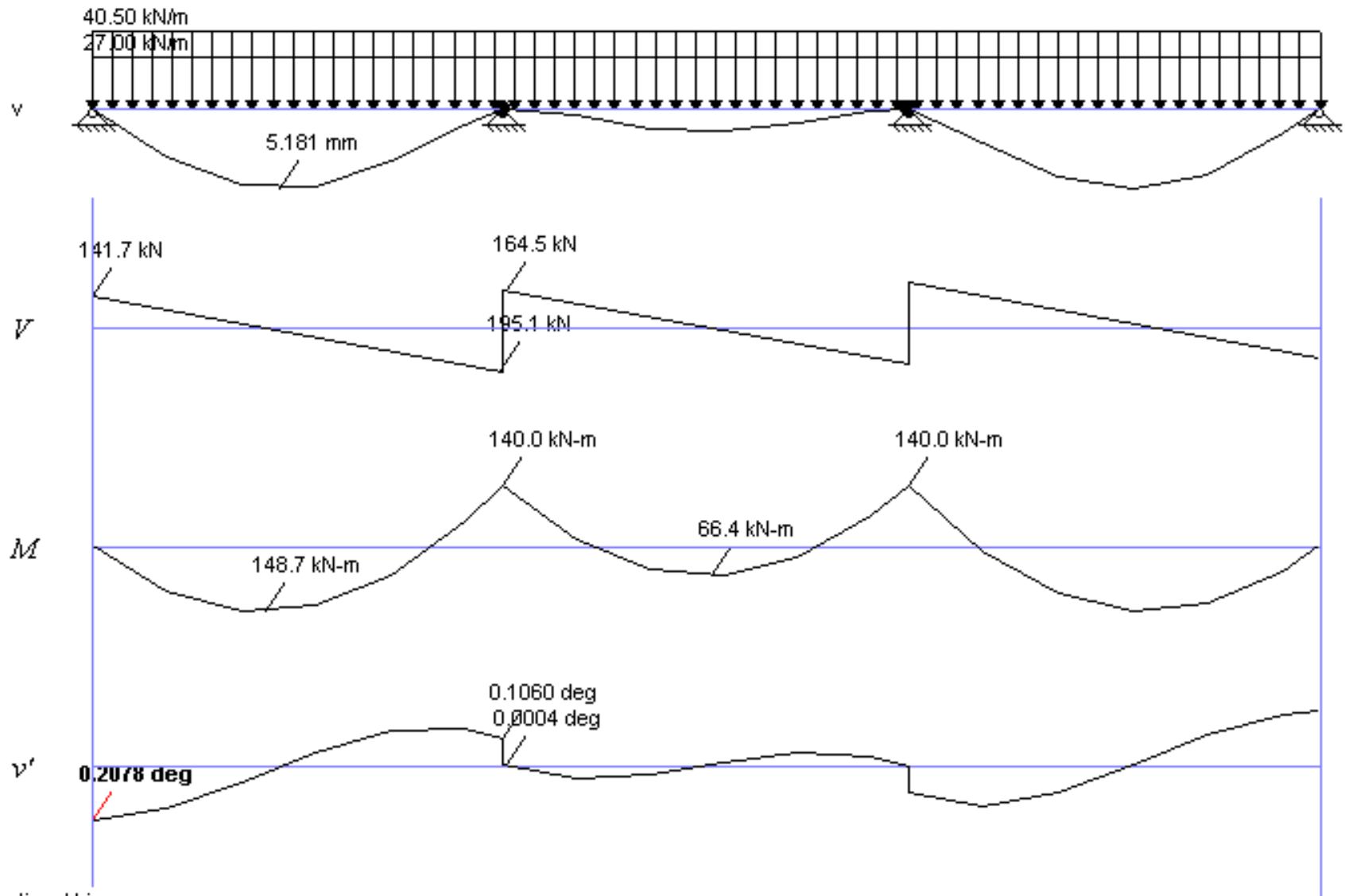


Zatěžovací případy 3 a 4

Lineární řešení redistribuce



Redistribuce



Závěrečné poznámky

- Rozlišují se zatížení stálá G , proměnná Q a mimořádná A
- Charakteristické hodnoty zatížení F_k se zvyšují
- Proměnná zatížení se dělí na hlavní Q_1 a vedlejší Q_j
- Reprezentativní hodnoty vedlejších proměnných zatížení se stanoví na základě kombinačních součinitelů ψ_i , $i = 0, 1, 2$
- Dílčí součinitele zatížení γ_G a γ_Q se zvyšují
- Základní kombinace zatížení má tři varianty A, B, C
- Další kalibrace dílčích a kombinačních součinitelů γ_G , γ_Q a ψ_i jsou potřebné pro národní přílohu EN 1990