

STATICKÝ POSUDOK

Predmet posudku : PROTIPOVODŇOVÉ HRADENIE
NOVEJ GENERÁCIE

Návrh konštrukcie: Ing. Jaromír POLAK
První zámecká, s.r.o.
Úsobí 1, 582 54 Úsobí

Statická analýza : prof. Ing. Ján HUDÁK, CSc.,
STATIKA STAVIEB
Južná trieda č. 93, 040 01 Košice
mob.: 0949 721 057

Košice, júl 2011

OBSAH

1. PREDMET STATICKÉHO POSUDKU	3
1.1 Zameranie statického posudku	3
1.2 Zemná kotva	3
1.3 Zvislý stĺpik	5
1.4 Úložné dielce pre uchytenie stien	6
1.5 Sténové panely	7
2. CHARAKTERISTIKY ÚNOSNOSTI PROFILOV STENY	9
2.1 Materiál	9
2.2 Prierezové charakteristiky	13
2.3 Účinok zaťaženia na stenu hradenia	14
2.4 Únosnosť prierezu panela	15
2.4.1 Materiálové charakteristiky	15
2.4.2 Únosnosť z hľadiska ohybového momentu	16
2.4.3 Únosnosť z hľadiska priečnej sily	18
2.4.4 Únosnosť z hľadiska priehybu	20
2.4.5 Súhrnná tabuľka únosnosti steny	21
3. ÚNOSNOSTI ZVISLÝCH STĽPIKOV	23
3.1 Materiál	24
3.2 Prierezové charakteristiky	26
3.3 Únosnosť prierezu stĺpika	26
3.3.1 Únosnosť z hľadiska ohybového momentu	27
3.3.2 Únosnosť z hľadiska priečnej sily	32
3.3.3 Únosnosť z hľadiska priehybu	33
3.3.4 Súhrnná tabuľka únosnosti stĺpika	37
4. ZEMNÁ KOTVA	37
4.1 Horizontálne namáhanie zemnej kotvy	39
4.2 Prierezové charakteristiky	40
4.3 Únosnosť zemnej kotvy	40
4.3.1 Stredne uľahlé piesky a tuhé súdržné zeminy	40
4.3.2 Stredne uľahlé piesky a tuhé súdržné zeminy pod hl. vody	41
4.3.3 Súhrnná tabuľka únosnosti kotvy	42
NORMY, LITERATÚRA	43

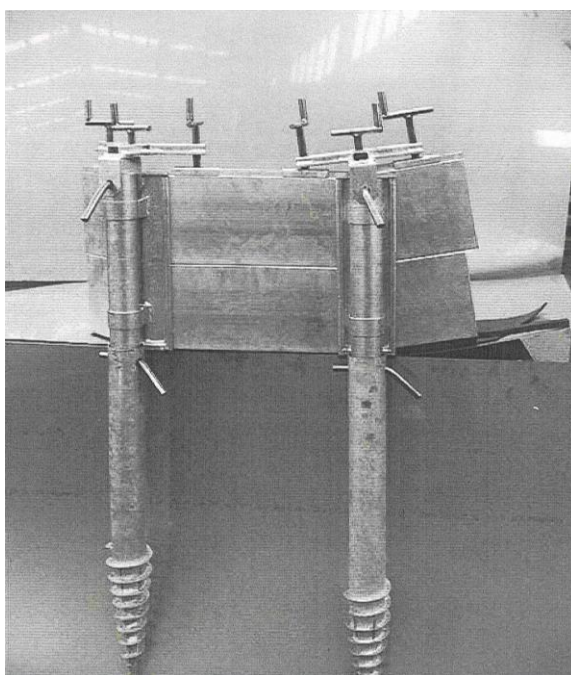
1. PREDMET STATICKÉHO POSÚDKU

1.1 Zameranie statického posudku

Statický posudok je zameraný na konštrukčný systém protipovodňovej zábrany novej generácie, ktorý je vytvorený **Ing. Jaromírom Polakom** vo firme První zámecká, s.r.o., so sídlom Úsobí 1. Na predmetný systém autorovi bolo vydané „Osvedčení o zápise užitného vzoru“ Úradom priemyslového vlastníctva Českej republiky pod číslom 21126 zo dňa 26.07.2010.

Konštrukčný systém protipovodňového hradenia pozostáva z:

- kotviacich zemných vrútov,
- zvislých stĺpikov osadených do zemných vrútov,
- úložných dielcov pre uchytenie stien,
- stenových panelov.

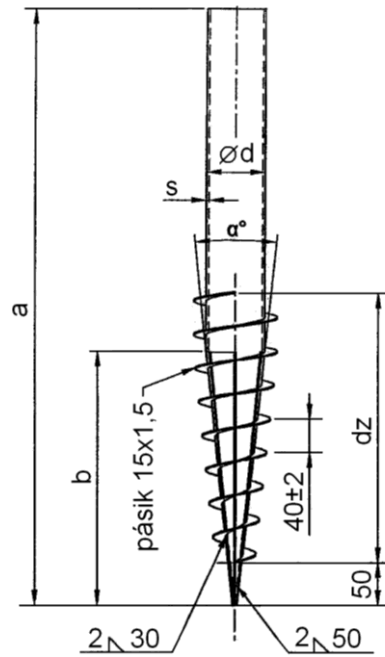


Obr. 1.1: Prvky systému hradenia

1.2 Kotviace zemné vruty

Zemnú kotvu vytvára kruhový trubkový profil, ktorý je cca v 1/3 svojej dĺžky kónicky ukončený. V tejto časti kužeľovitého tvaru je privarený pások 15x1,5 mm v tvare špirály s funkciou umožniť zavŕtanie do zeminy. Profil trubky zemnej kotvy je 60x2, 70x3, 76x3 a 127x3 mm. Celková dĺžka je od 600 do 1600 mm. Kotva je zhotovená z hrubostennej ocelevej rúry. Samotná zemná kotva bude celá zavŕtaná do zeminy. V hornej časti v stene kotvy je vytvorený kruhový otvor vzdialený 50 mm od konca pre uchytenie stĺpika, ktorý vytvára nosný konštrukčný prvok stien protipovodňového hradenia

Predpokladá sa, že protipovodňové hradenie bude slúžiť len na určité časové obdobie na zachytenie povodňovej vody a po ukončení stavu povodní bude systém hradenia demontovaný, patrične vyčistený a uložený na sklade.



Obr. 1.2: Tvar zemnej kotvy



Obr. 1.3: Zavrtávanie zemnej kotvy

Samotná zemná kotva ako trvale zabudovaná zostáva na tvári miesta. Na vyčnievajúci koniec zemnej kotvy bude namontovaný kryt zafixovaný do otvorov pre uchytenie stĺpika.



Obr. 1.4: Kryt zemnej kotvy

1.3 Zvislý stĺpik

Zvislý stĺpik zabezpečuje prenos vodorovného zaťaženia od hydrostatického tlaku na stenové panely. Vonkajší priemer stĺpika je o 2 mm menší ako je vnútorný priemer kruhového profilu trvale zabudovanej zemnej kotvy. Dĺžka ukotvenia stĺpika je max 500 mm od otvoru v stene pre zarážku. (Otvor pre zarážku v dielci zemnej kotvy je vzdialený 50 mm od horného konca). Uvedená dĺžka má zabezpečiť požadované votknutie stĺpika. Zo statického hľadiska tvorí stĺpik konzolový nosník namáhaný trojuholníkovým zaťažením. V exponovanej časti pri votknutí bude potrebné vyšetriť napätia v trúbkových profiloch pri kontaktnom tlaku valcovej plochy na valcovú plochu s rozdielnymi polomermi aplikáciou Hertzových vzorcov. Stĺpik bude zhotovený z ocelevej rúry.



Obr. 1.5: Stĺpik vložený do zemnej kotvy

1.4 Úložné dielce pre uchytenie stien

Pripojenie stenových panelov k podperám, ktoré vytvárajú stĺpiky je riešené prostredníctvom úložných dielcov, nasadených na stĺpiky. Tieto úložné dielce vytvárajú ložiská do ktorých sa zasúvajú stenové panely z oboch strán stĺpika v smere navrhovaného hradenia.



Obr. 1.6: Nasadenie úložného dielca na stĺpik

Ložiská môžu byť riešené tak, že umožňujú vytvárať stenové zábrany v priamke alebo pod určitým uhlom tak, že stena je lomená. To závisí od celkového požadovaného tvaru hradenia po dĺžke.

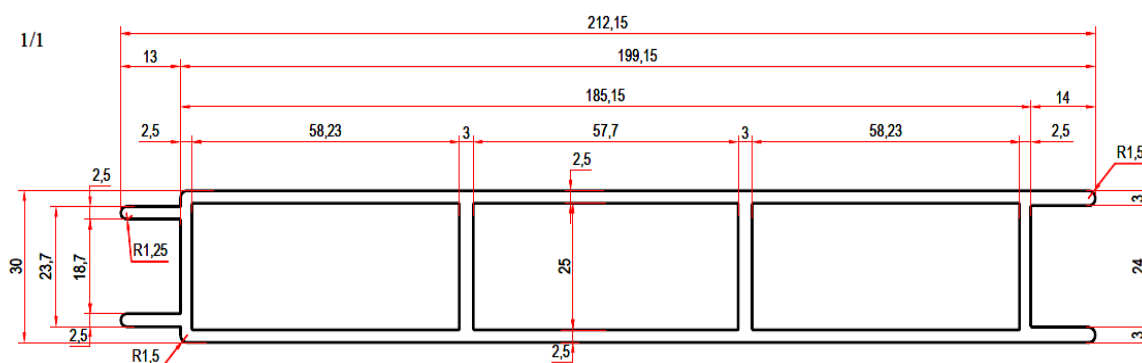


Obr. 1.7: Úložný dielec pre priame steny

1.5 Stenové panely

Hlavným prvkom protipovodňového hradenia je stenový dielec. Tento dielec je zhotovený z hliníkového profilu 199,15x30 mm s dĺžkou 1,0 až 2,2 m. Steny profilu sú hrubé 2,5 mm a zvislé výstuhy vnútorné 3 mm, krajné 2,5 mm. V navrhovanom profile sa uvažuje s dvomi vnútornými výstuhami.

Stenový panel možno zo statického hľadiska považovať za jednoduchý nosník zaťažený spojitým rovnomerným zaťažením. V nosníku od účinku zaťaženia vznikajú ohybové momenty a priečne sily. Ohybové momenty spôsobujú normálové napätia v priereze panelu a šmykové napätia vo zvisliciach od účinku priečných síl. Za daných podmienok zaťaženia a uloženia najviac namáhaným bude spodný stenový diel, ktorý odoláva najväčšiemu hydrostatickému tlaku.



Obr. 1.8: Prierez panela



Obr. 1.9: Uloženie panela do kapsy

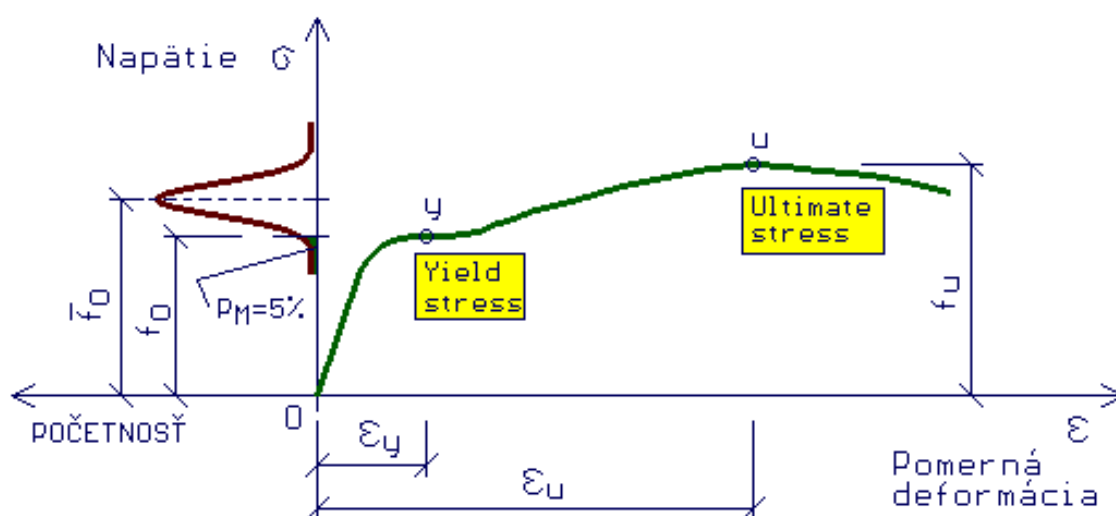


Obr. 1.10: Vytvorenie steny

2. CHARAKTERISTIKY ÚNOSNOSTI HLINÍKOVÝCH PROFILOV STENY

2.1 Materiál

Stenový panel bude zhotovený z hliníkového materiálu. Posúdenie únosnosti profilu je urobené STN EN 1999-1-1, Eurokód 9: Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá pre konštrukcie.



Obr. 2.1: Pracovný diagram materiálu pri skúške na ťah

Označenie charakteristík materiálu:

f_0 - medza klzu hliníkových materiálov

f_u - medza pevnosti hliníkových materiálov

Výpočtová hodnota

$$f_0/\gamma_M$$

Tabuľka 2.1: Hodnoty fyzikálnych veličín hliníkových materiálov

Modul pružnosti v ťahu, tlaku	$E = 70\,000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti v šmyku	$G = 27\,700 \text{ MPa}$
Súčiniteľ priečnej deformácie	$\nu = 0,3$
Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti	$\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}C$
Objemová hmotnosť	$\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$

a) Hodnoty medze kĺzu f_0 a medznej pevnosti f_u hliníkových materiálov

Table 3.2b - Characteristic values of 0,2% proof strength f_0 and ultimate tensile strength f_u (unwelded and for HAZ), min elongation A , reduction factors $\rho_{0,haz}$ and $\rho_{u,haz}$ in HAZ, buckling class and exponent n_p for wrought aluminium alloys - Extruded profiles, extruded tube, extruded rod/bar and drawn tube

Alloy EN- AW	Product form	Temper	Thick- ness t mm 1) 3)	f_o 1)	f_u 1)	A 5) 2)	$f_{o,haz}$ 4)	$f_{u,haz}$ 4)	HAZ-factor 4)		BC 6)	n_p 7)
				N/mm ²	%	N/mm ²	$\rho_{o,haz}$	$\rho_{u,haz}$				
5083	ET, EP,ER/B	O / H111, F, H112	$t \leq 200$	110	270	12	110	270	1	1	B	5
	DT	H12/22/32	$t \leq 10$	200	280	6	135	270	0,68	0,96	B	14
		H14/24/34	$t \leq 5$	235	300	4			0,57	0,90	A	18
6060	EP,ET,ER/B	T5	$t \leq 5$	120	160	8	50	80	0,42	0,50	B	17
	EP		$5 < t \leq 25$	100	140	8			0,50	0,57	B	14
	ET,EP,ER/B	T6	$t \leq 15$	140	170	8	60	100	0,43	0,59	A	24
	DT		$t \leq 20$	160	215	12			0,38	0,47	A	16
	EP,ET,ER/B	T64	$t \leq 15$	120	180	12	60	100	0,50	0,56	A	12
	EP,ET,ER/B	T66	$t \leq 3$	160	215	8	65	110	0,41	0,51	A	16
	EP		$3 < t \leq 25$	150	195	8			0,43	0,56	A	18
6061	EP,ET,ER/B,DT	T4	$t < 25$	110	180	50	95	150	0,86	0,83	B	8
	EP,ET,ER/B,DT	T6	$t \leq 20$	240	260	8	115	175	0,48	0,67	A	55
6063	EP,ET,ER/B	T5	$t \leq 3$	130	175	8	60	100	0,46	0,57	B	16
	EP		$3 < t \leq 25$	110	160	7			0,55	0,63	B	13
	EP,ET,ER/B	T6	$t \leq 25$	160	195	8	65	110	0,41	0,56	A	24
	DT		$t \leq 20$	190	220	10			0,34	0,50	A	31
	EP,ET,ER/B	T66	$t \leq 10$	200	245	8	75	130	0,38	0,53	A	22
	EP		$10 < t \leq 25$	180	225	8			0,42	0,58	A	21
	DT		$t \leq 20$	195	230	10			0,38	0,57	A	28
6005A	EP/O, ER/B	T6	$t \leq 5$	225	270	8	115	165	0,51	0,61	A	25
			$5 < t \leq 10$	215	260	8			0,53	0,63	A	24
			$10 < t \leq 25$	200	250	8			0,58	0,66	A	20
	EP/H, ET	T6	$t \leq 5$	215	255	8	115	165	0,53	0,65	A	26
			$5 < t \leq 10$	200	250	8			0,58	0,66	A	20
6106	EP	T6	$t \leq 10$	200	250	8	95	160	0,48	0,64	A	20
6082	EP,ET,ER/B	T4	$t \leq 25$	110	205	14	100	160	0,91	0,78	B	8
	EP/O, EP/H	T5	$t \leq 5$	230	270	8	125	185	0,54	0,69	B	28
	EP/O,EP/H ET	T6	$t \leq 5$	250	290	8	125	185	0,50	0,64	A	32
			$5 < t \leq 15$	260	310	10			0,48	0,60	A	25
	ER/B	T6	$t \leq 20$	250	295	8			0,50	0,63	A	27
			$20 < t \leq 150$	260	310	8			0,48	0,60	A	25
	DT	T6	$t \leq 5$	255	310	8			0,49	0,60	A	22
			$5 < t \leq 20$	240	310	10			0,52	0,60	A	17
7020	EP,ET,ER/B	T6	$t \leq 15$	290	350	10	205	280	0,71	0,80	A	23
	EP,ET,ER/B	T6	$15 < t < 40$	275	350	10			0,75	0,80	A	19
	DT	T6	$t \leq 20$	280	350	10			0,73	0,80	A	18

Table 3.2b - Continued

Key:	EP	- Extruded profiles	EP/O	- Extruded open profiles
	EP/H	- Extruded hollow profiles	ET	- Extruded tube
	ER/B	- Extruded rod and bar	DT	- Drawn tube

1): Where values are quoted in **bold** greater thicknesses and/or higher mechanical properties may be permitted in some forms see ENs and prENs listed in 1.2.1.3. In this case the $R_{p0,2}$ and R_m values can be taken as f_o and f_u . If using such higher values the corresponding HAZ-factors ρ have to be calculated acc. to expression (6.13) and (6.14) with the same values for $f_{o,haz}$ and $f_{u,haz}$.

2): Where minimum elongation values are given in **bold**, higher minimum values may be given for some forms or thicknesses.

3): According to EN 755-2: following rule applies: "If a profile cross-section is comprised of different thicknesses which fall in more than one set of specified mechanical property values, the lowest specified value should be considered as valid for the whole profile cross-section." Exception is possible and the highest value given may be used provided the manufacturer can support the value by an appropriate quality assurance certificate.

4) The HAZ-values are valid for MIG welding and thickness up to 15mm. For TIG welding strain hardening alloys (3xxx, 5xxx and 8011A) up to 6 mm the same values apply, but for TIG welding precipitation hardening alloys (6xxx and 7xxx) and thickness up to 6 mm the HAZ values have to be multiplied by a factor 0,8 and so the ρ -factors. For higher thickness – unless other data are available – the HAZ values and ρ -factors have to be further reduced by a factor 0,8 for the precipitation hardening alloys (6xxx and 7xxx) alloys and by a factor 0,9 for strain hardening alloys (3xxx, 5xxx and 8011A). These reductions do not apply in temper O.

5) $A = A_{5,65\sqrt{A_o}}$

6) BC = buckling class, see 6.1.4.4, 6.1.5 and 6.3.1.

7) n -value in Ramberg-Osgood expression for plastic analysis. It applies only in connection with the listed f_o -value (= minimum standardized value).

8) If it is intended to use extruded or extruded and drawn semi-products in EN AW-5454 or EN AW-5754 in tempers O/H111 and F/H112 or H14/H24/H34 according to EN 755-2 or EN 754-2, the corresponding values of table 3.2.a may be applied for design with following changes:

- For EN AW-5454 temper O/H111 (includes F/H112) replace the values for f_u and $f_{u,haz}$ by 200 N/mm².
- For EN AW-5754 temper O/H111 (includes F/H112) replace the values for f_u and $f_{u,haz}$ by 180 N/mm² (thickness of bars < 150 mm).
- For EN AW-5754 temper H14/H24/H34 replace the values for f_o by 180 N/mm² and for $\rho_{o,haz}$ by 0,56.

Table 3.2c - Characteristic values of 0,2% proof strength f_o , ultimate tensile strength f_u (unwelded and for HAZ), minimum elongation A and buckling class for wrought aluminium alloys - Forgings

Alloy EN-AW	Temper	Thick- ness up to mm	Direction	f_o	f_u	$f_{o,haz}^{1)}$	$f_{u,haz}^{1)}$	$A^{3)}$	Buckling class
				N/mm ²				%	
5754	H112	150	Longitudinal (L)	80	180	80	180	15	B
5083	H112	150	Longitudinal (L)	120	270	120	270	12	B
			Transverse (T)	110	260	110	260	10	B
6082	T6	100	Longitudinal (L)	260	310	125 ²⁾	185 ²⁾	6	A
			Transverse (T)	250	290			5	A

1) $\rho_{o,haz}$; $\rho_{u,haz}$ to be calculated according to expression (6.13) and (6.14)

2) For thicknesses over 15 mm (MIG-welding) or 6 mm (TIG-welding) see table 3.2.b footnote 4).

3) $A = A_{5,65\sqrt{A_o}}$

b) Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu γ_M

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu zohľadňuje :

- možnosť nepriaznivých odchýlok pevnosti materiálu od charakteristických hodnôt,
- možný nepresný odhad odolnosti prierezu alebo únosnosti časti konštrukcie (ak nie sú zahrnuté v súčiniteli podmienok pôsobenia γ_d),
- neistoty v geometrických parametroch ak nie sú zohľadnené iným spôsobom,
- neistoty vo vzťahu medzi vlastnosťami materiálu v konštrukcii a vlastnosťami nameranými pri skúškach normových vzoriek alebo počas kontroly.

Na základe štatistického rozboru skutočných hodnôt medze kĺzu výrobcov boli stanovené parciálne súčinitele spoľahlivosti materiálu, ktoré uvádza EC9.

- Parciálne súčinitele spoľahlivosti materiálu γ_M - EC9

Table 6.1 - Partial safety factors for ultimate limit states

resistance of cross-sections whatever the class is:	γ_{M1}
resistance of members to instability assessed by member checks:	
resistance of cross-sections in tension to fracture:	γ_{M2}
resistance of joints:	See Section 8

NOTE 1 Partial factors γ_{Mi} may be defined in the National Annex. The following numerical values are recommended:

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

NOTE 2 For other recommended numerical values see EN 1999 Part 1-2 to Part 1-5. For structures not covered by EN 1999 Part 1-2 to Part 1-5 the National Annex may give information.

- Parciálne súčinitele spoľahlivosti pre spoje γ_M - EC9

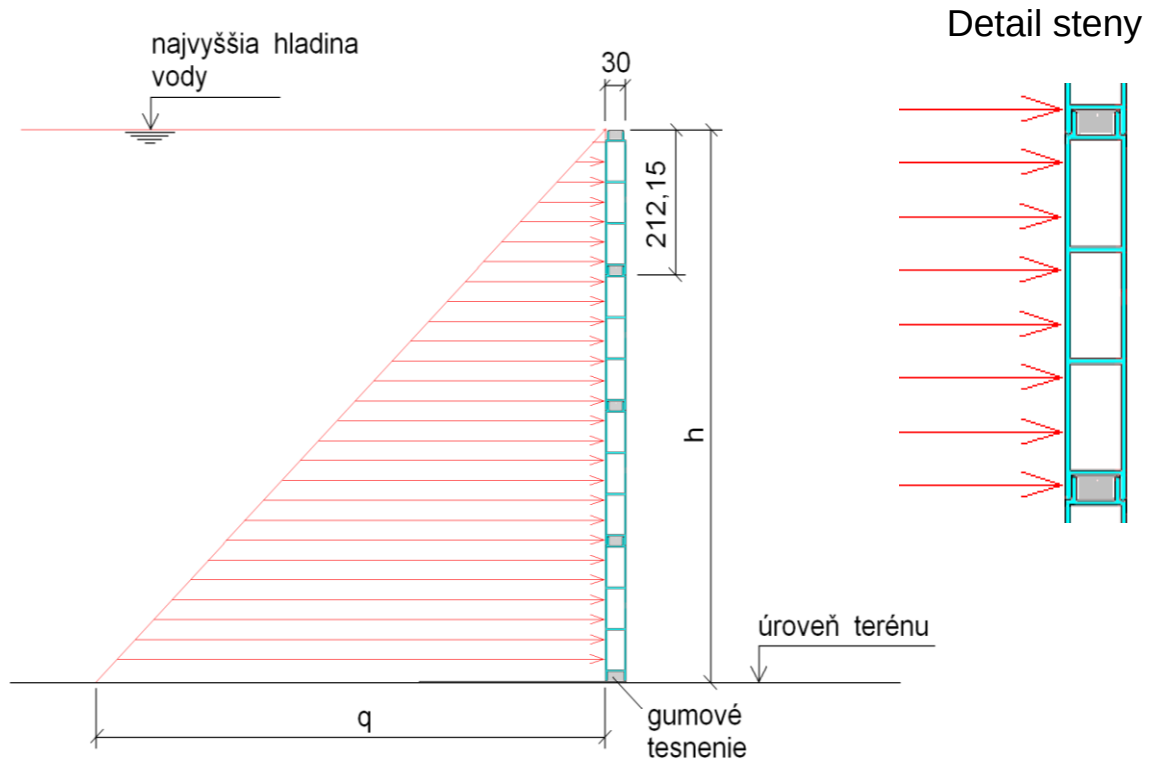
Table 8.1 - Recommended partial factors γ_M for joints

Resistance of members and cross-sections	γ_{M1} and γ_{M2} see 6.1.3
Resistance of bolt connections	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistance of rivet connections	
Resistance of plates in bearing	
Resistance of pin connections	$\gamma_{Mp} = 1,25$
Resistance of welded connections	$\gamma_{Mw} = 1,25$
Slip resistance	$\gamma_{M3} = 1,1$, see 8.5.9.3
- for hybrid connections or connections under fatigue loading	
- for other design situations	
- for ultimate limit states	$\gamma_{M3} = 1,25$
Resistance of adhesive bonded connections	$\gamma_{Ma} \geq 3,0$
Bearing resistance of an injection bolt	$\gamma_{M4} = 1,0$
Resistance of joints in hollow section lattice girder	$\gamma_{M5} = 1,0$
Resistance of pins at serviceability limit state	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Preload of high strength bolts	$\gamma_{M7} = 1,1$

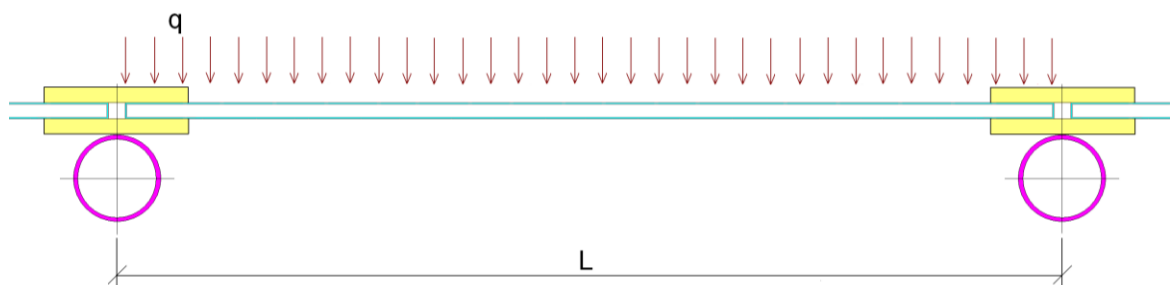
2.2 Prierezové charakteristiky

2.3 Účinok zaťaženia na stenu hradenia

Zvislý rez stenou



Pôdorys



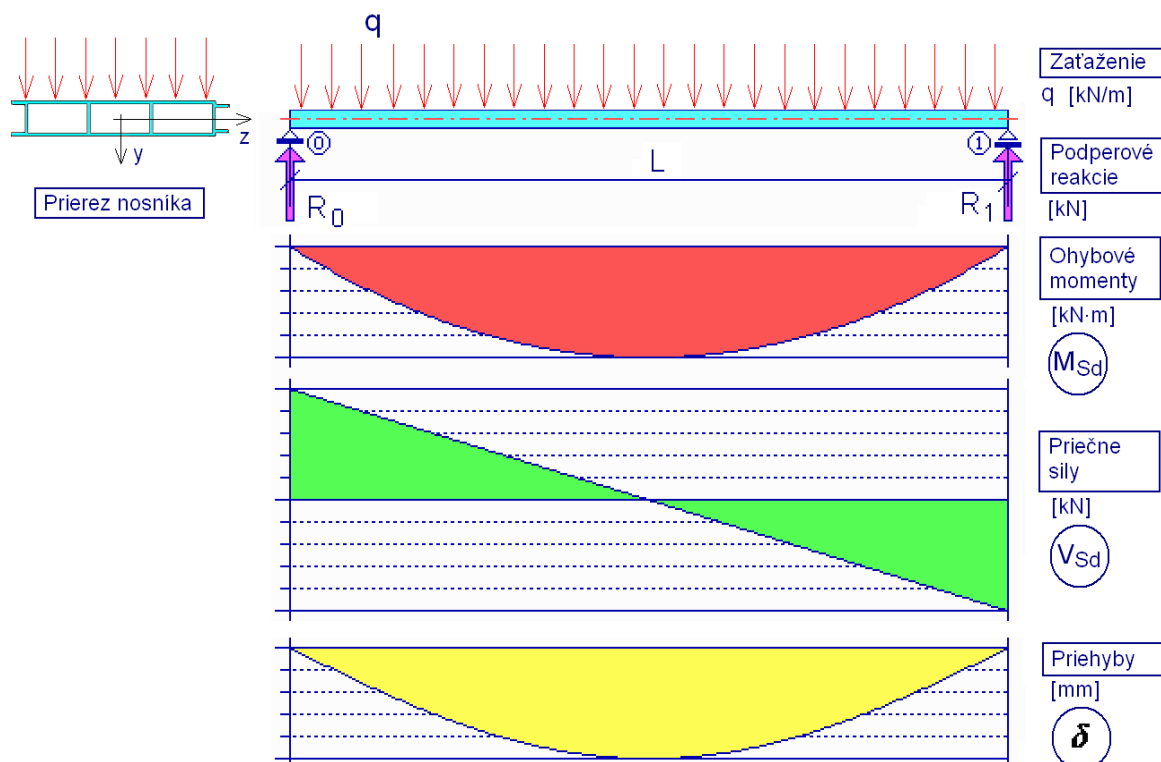
Obr. 2.3: Pôsobenie zaťaženia na stenu hradenia

Uvažuje sa so zaťažením na stenu hradenia od pôsobenia hydrostatického tlaku. Extrémne účinky zaťaženia vznikajú v spodnom dieľci. Zo statického hľadiska dieľce pôsobia ako žalúziiové dosky. Môžu totiž prenášať časť zaťaženia na susedné dieľce prostredníctvom zazubenia. Stena hradenia sa opiera o stĺpiky, na ktorých sú umiestnené kapsy pre uchytenie stenových dieľcov. Súčasťou steny je gumové tesnenie uložené v miestach spájania dieľcov.

2.4 Únosnosť prierezu panela

Vzhľadom na navrhovaný typ nosnej konštrukcie, jej únosnosť je potrebné určiť z hľadiska kritérií:

- Ohybového momentu,
- Pričnej sily,
- Medzného priehybu.



Obr. 2.4: Priebeh ohybových momentov, priečných síl a prieťahov

2.4.1 Materiálové charakteristiky

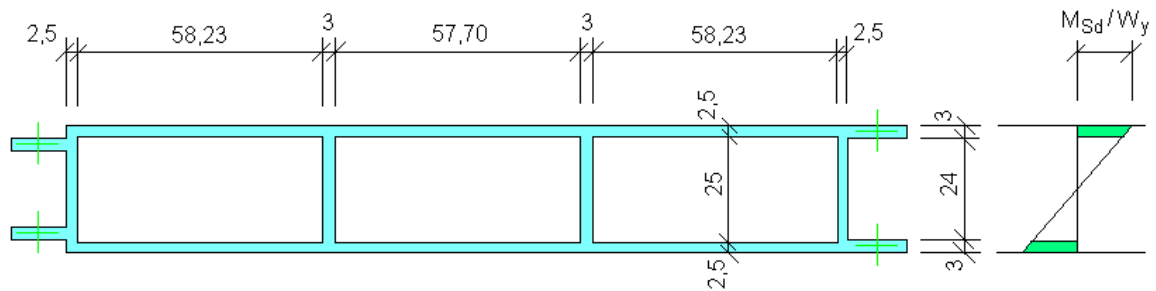
Navrhovaný prierez je z hliníka AlMgSiO. 5F22.

Materiálové charakteristiky a parciálny súčiniteľ spoľahlivosti

$$f_0 = 130 \text{ MPa};$$

$$\gamma_{M1} = 1,25.$$

2.4.2 Únosnosť z hľadiska ohybového momentu



Obr. 2.5: Normálové napätia v krajných pásoch

Vychádzame z podmienky pre namáhanie jednoduchým ohybom

$$\frac{M_{Sd}}{W_y} \leq f_0 / \gamma_M$$

Z tejto podmienky vyjadríme moment únosnosti prierezu

$$M_{Rd} = W_y \cdot f_0 / \gamma_M$$

Účinok ohybového momentu pri rovnomernom zaťažení

$$M_{Sd} = \frac{1}{8} q_d \cdot L^2$$

Vzťah pre únosnosť nosníka pri rovnomernom zaťažení pre šírku 0,212 m

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2}$$

Vzťah pre únosnosť nosníka pri rovnomernom zaťažení pre šírku 1,0 m

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2}$$

Aktuálne rozpätia nosníka pre šírku panela 0,212 m:

- Rozpätie nosníka 1000 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1000^2} = 11,420 \text{ N/mm}^2 = 11,420 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1250 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1250^2} = 7,309 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1500 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1500^2} = 5,076 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1750 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1750^2} = 3,729 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 2000 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{2000^2} = 2,855 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 2250 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{2250^2} = 2,256 \text{ kN/m'}$$

Aktuálne rozpätia nosníka pre šírku panela 1,0 m:

- Rozpätie nosníka 1000 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot 13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1000^2} = 53,868 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1250 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot 13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1250^2} = 34,476 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1500 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot 13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1500^2} = 23,943 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1750 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot 13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{1750^2} = 17,589 \text{ kN/m}^2$$

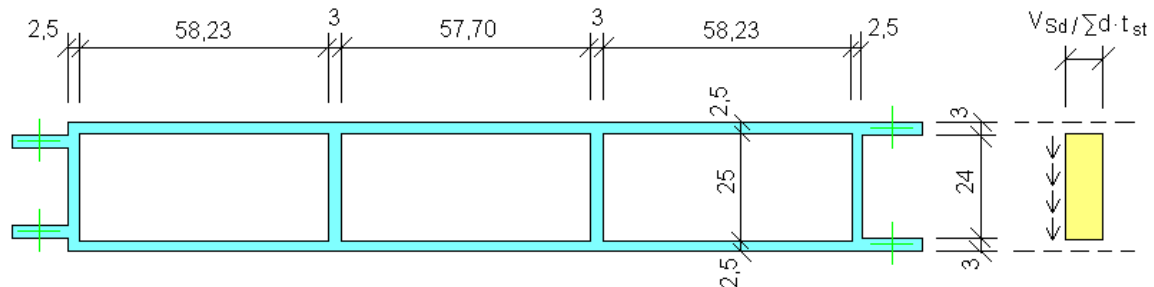
- Rozpätie nosníka 2000 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot 13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{2000^2} = 13,467 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 2250 mm:

$$q_{d,M} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot W_y \cdot f_0 / \gamma_M}{L^2} = 8 \cdot \frac{4,717 \cdot 13,727 \cdot 10^3 \cdot 130 / 1,25}{2250^2} = 10,641 \text{ kN/m}^2$$

2.4.3 Únosnosť z hľadiska priečnej sily



Obr. 2.6: Šmykové napätia vo zvisliciach

Vychádzame z únosnosti steny namáhanej jednoduchým šmykom

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$T_d = \sum d \cdot t_{st} \cdot f_{v,d}$$

kde d je výška vystužnej stenky profilu,
 t_{st} hrúbka vystužnej stenky profilu,
 $f_{v,d}$ pevnosť v šmyku materiálu stenky.

Aktuálne hodnoty

$$d = 25 \text{ mm},$$

$$t_{st,1} = 2,5 \text{ mm}; \quad t_{st,2} = 3,0 \text{ mm}$$

$$f_{v,d} = \frac{f_0}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}} = \frac{130}{1,25 \cdot \sqrt{3}} = 60,044 \text{ MPa}$$

Účinok priečnej sily pri rovnomernom zaťažení

$$V_{Sd} = \frac{1}{2} q_d \cdot L$$

Vzťah pre únosnosť nosníka pri rovnomernom zaťažení pre šírku 0,212 m

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{\sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L}$$

Únosnosť nosníka pre šírku prierezu 1,0 m

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot \sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L}$$

Aktuálne rozpätia nosníka pre šírku panela 0,212 m:

- Rozpätie nosníka 1000 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{\sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{(24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1000} = 31,703 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 1250 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{\sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1250} = 25,362 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 1500 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{\sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1500} = 21,135 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 1750 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{\sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1750} = 18,116 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 2000 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{\sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{2000} = 15,851 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 2250 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{\sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{2250} = 14,090 \text{ kN/m'}$$

Aktuálne rozpätia nosníka pre šírku panela 1,0 m:

- Rozpätie nosníka 1000 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot \sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot 2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1000} = 149,54 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1250 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot \sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot 2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1250} = 119,63 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1500 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot \sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot 2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1500} = 99,69 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1750 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot \sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot 2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{1750} = 85,45 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 2000 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot \sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot 2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{2000} = 74,77 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 2250 mm:

$$q_{d,T} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot \sum (d \cdot t_{st}) \cdot f_{v,d}}{L} = 2 \cdot \frac{4,717 \cdot 2 \cdot (24 \cdot 2,5 + 24 \cdot 3) \cdot 60,044}{2250} = 66,46 \text{ kN/m}^2$$

2.4.4 Únosnosť z hľadiska medzného priehybu

Hodnota medzného priehybu

$$w_{net,fin} = \frac{L}{50}$$

Priehyb uprostred rozpätia nosníka

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_d / \gamma_F \cdot L^4}{E \cdot I_y}$$

Materiálové charakteristiky

$$E = 70000 \text{ MPa}$$

Prierezové charakteristiky (prierez šírky 212 mm)

$$I_y = 213,221 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Súčiniteľ zaťaženia priemerný

$$\gamma_F = 1,0.$$

Vzťah pre rovnomerné zaťaženie pre šírku 0,212 m

$$q_{d,w} = w_{net,fin} \cdot \frac{384}{5} \cdot \frac{\gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^4} = \frac{L}{50} \cdot \frac{384}{5} \cdot \frac{\gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^4} = \frac{1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3}$$

Aktuálne rozpätia nosníka pre šírku panela 0,212 m:

- Rozpätie nosníka 1000 mm:

$$q_{d,w} = \frac{1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1000^3} = 22,925 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 1250 mm:

$$q_{d,w} = \frac{1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1250^3} = 11,735 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 1500 mm:

$$q_{d,w} = \frac{1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1500^3} = 6,792 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 1750 mm:

$$q_{d,w} = \frac{1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1750^3} = 4,277 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 2000 mm:

$$q_{d,w} = \frac{1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{2000^3} = 2,865 \text{ kN/m'}$$

- Rozpätie nosníka 2250 mm:

$$q_{d,w} = \frac{1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{2250^3} = 2,012 \text{ kN/m'}$$

Aktuálne rozpätia nosníka pre šírku panela 1,0 m:

- Rozpätie nosníka 1000 mm:

$$q_{d,w} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1000^3} = 108,139 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1250 mm:

$$q_{d,w} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1250^3} = 55,367 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1500 mm:

$$q_{d,w} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1500^3} = 32,041 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 1750 mm:

$$q_{d,w} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{1750^3} = 20,177 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 2000 mm:

$$q_{d,w} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{2000^3} = 13,513 \text{ kN/m}^2$$

- Rozpätie nosníka 2250 mm:

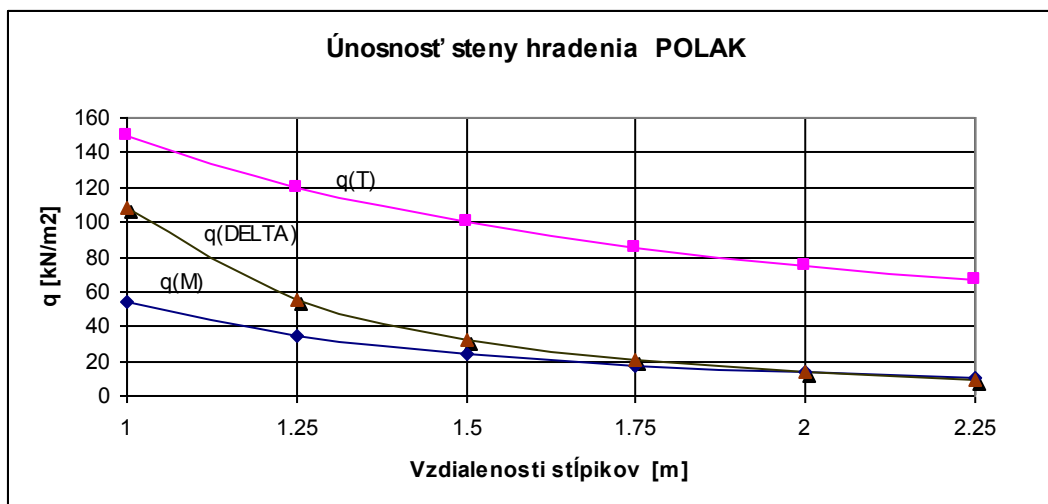
$$q_{d,w} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{L^3} = \frac{4,717 \cdot 1,536 \cdot 1,0 \cdot 70000 \cdot 213,221 \cdot 10^3}{2250^3} = 9,493 \text{ kN/m}^2$$

2.4.5 Súhrnná tabuľka únosnosti steny

a) Únosnosť steny pri 2 vnútorných výstužách

Tab. 2.1 Únosnosti steny v (kN/m^2) pre rozpätia 1,0 až 2,25 m

	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
q_M	53,868	34,467	23,943	17,589	13,467	10,641
q_T	149,54	119,63	99,69	85,45	74,77	66,46
q_w	108,139	55,367	32,041	20,177	13,513	9,493



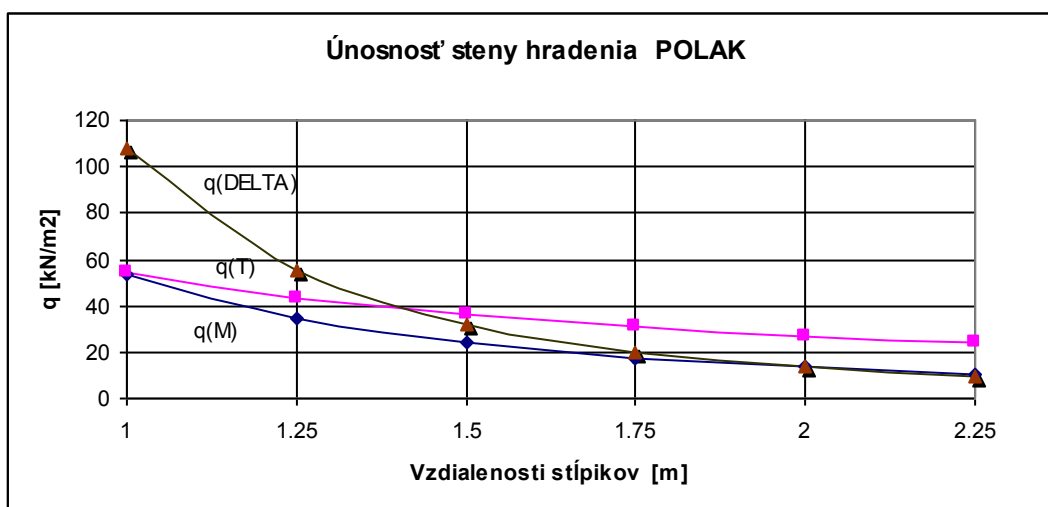
Obr. 2.7: Graf únosnosti steny v (kN/m^2) pre rozpätia 1,0 až 2,25 m

b) Únosnosť steny pri 1 vnútornej výstuhe

Vzhľadom na to, že únosnosť z hľadiska priechnej sily je ďaleko vyššia oproti momentovej únosnosti a únosnosti z hľadiska priehybu, uvádzame nižšie únosnosti profilu iba s jednou vnútornou výstuhou.

Tab. 2.2 Únosnosti steny v (kN/m^2) pre rozpätia 1,0 až 2,25 m

	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
q_M	53,868	34,467	23,943	17,589	13,467	10,641
q_T	54,37	43,497	36,247	31,069	27,18	24,16
q_w	108,139	55,367	32,041	20,177	13,513	9,493



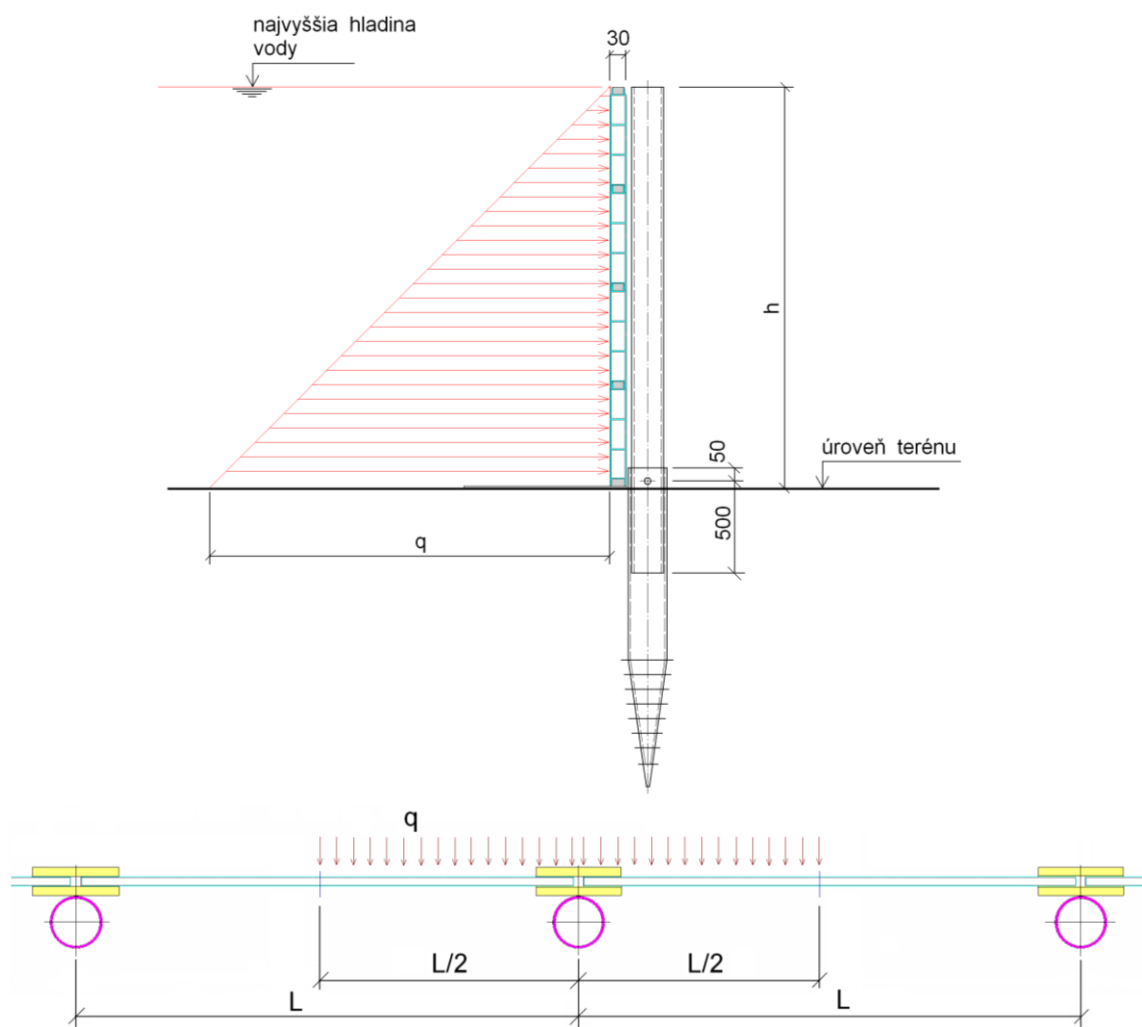
Obr. 2.8: Graf únosnosti steny v (kN/m^2) pre rozpätia 1,0 až 2,25 m

3. ÚNOSNOSTI ZVISLÝCH STĚPIKOV

Vychádzame z koncepcie systému, že zvislý stěpik bude vložený do otvoru kotviaceho zemného vrútu. Profily trubiek zemných vrútov sú uvedené v časti popisu zemnej kotvy.

Tab. 3.1 - Profily zvislých stěpíkov

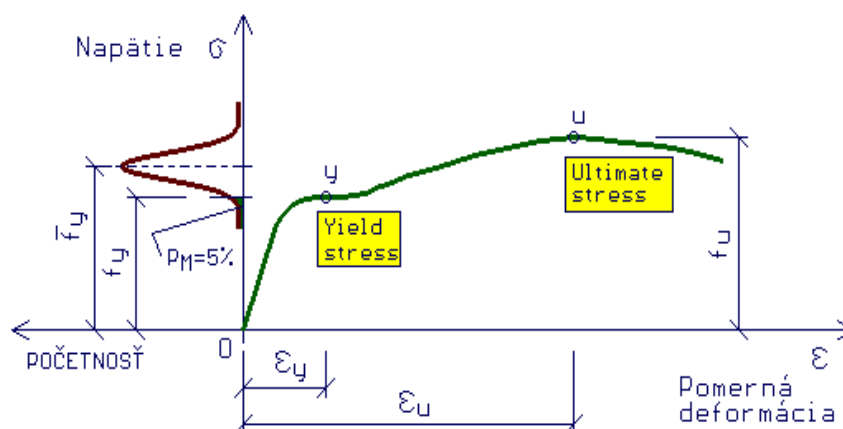
Profil kotvy (mm)	Dĺžka kotvy (mm)	Vnútny rozmer (mm)	Profil stěpíka (mm)	Diferencia (mm)
60x2	600	56	54x3,2	2
70x3	700	64	60,3x3,2	3,7
76x3	1100	70	63,5x3,2	6,5
76x3	1150	70	63,5x3,2	6,5
76x3	1200	70	63,5x3,2	6,5
76x3	1600	70	63,5x3,2	6,5
127x3	1600	121	114x4	7,0



Obr. 3.1: Pôsobenie zaťaženia na stěpik

3.1 Materiál

a) Materiálové charakteristiky



Obr. 3.2: Pracovný diagram materiálu pri skúške na ťah

Tabuľka 3.1: Menovité hodnoty medze klízu f_y a medznej pevnosti f_u konštrukčných ocelí v [MPa]

Značka oceli	Pevnostná trieda	Menovitá hrúbka prvku t [mm]			
podľa	oceľ podľa	$t < 40$ mm		$40 \text{ mm} < t < 100$ mm	
STN EN 10027	STN EN 10025	f_y	f_u	f_y	f_u
S 235	Fe 360	235	360	215	340
S 275	Fe 430	275	430	255	410
S 355	Fe 510	355	510	335	490

Tabuľka 3.2: Menovité hodnoty medze klízu f_{yb} a medznej pevnosti f_{ub} pre skrutky v [MPa]

Materiál skr.	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb}	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub}	400	400	500	500	600	800	1000

Tabuľka 3.3: Hodnoty fyzikálnych veličín ocelí

Modul pružnosti v ťahu, tlaku	$E = 210\,000$ MPa
Modul pružnosti v šmyku	$G = 80\,700$ MPa
Súčiniteľ priečnej deformácie	$\nu = 0,3$
Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}C$
Objemová hmotnosť	$\rho = 7850$ kg/m ³

b) Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu γ_M

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu zohľadňuje :

- možnosť nepriaznivých odchýlok pevnosti materiálu od charakteristických hodnôt,
- možný nepresný odhad odolnosti prierezu alebo únosnosti časti konštrukcie (ak nie sú zahrnuté v súčiniteli podmienok pôsobenia γ_d),
- neistoty v geometrických parametroch ak nie sú zohľadnené iným spôsobom,
- neistoty vo vzťahu medzi vlastnosťami materiálu v konštrukcií a vlastnosťami nameranými pri skúškach normových vzoriek alebo počas kontroly.

Na základe štatistického rozboru skutočných hodnôt medze kĺzu výrobcov ocelí boli stanovené parciálne súčinitele spoľahlivosti materiálu, ktoré uvádza EC3.

Tabuľka 3.4: Parciálne súčinitele spoľahlivosti materiálu γ_M - EC3

Únosnosť	γ_M	Pevnostná trieda ocele S235	Pevnostná trieda ocele S275	Pevnostná trieda ocele S335
Prierezy triedy 1, 2, 3	γ_{M0}	1,1	1,15	1,2
Prierezy triedy 4	γ_{M1}	1,1	1,15	1,2
Stabilita	γ_{M1}	1,1	1,15	1,2
Prierezy oslabené dierami pre skrutky	γ_{M2}	1,3		

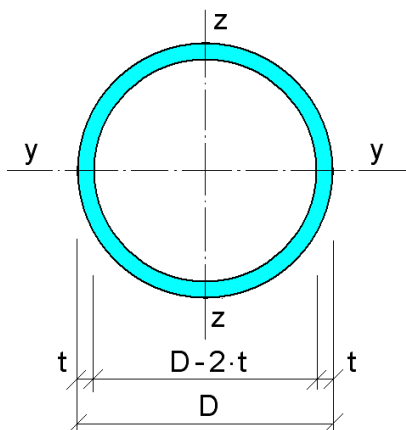
Tabuľka 3.5: Parciálne súčinitele spoľahlivosti pre spoje γ_M - EC3

Typ spoja	γ_M	Hodnota parciálneho súčiniteľa
Skrutkové spoje	γ_{Mb}	1,45
Nitové spoje	γ_{Mr}	1,45
Trecie spoje s VP - skrutkami	γ_{Ms}	1,30 - 1,50
Zvarové spoje	γ_{Mw}	1,50

Projektovanie oceľových konštrukcií sa prevádza podľa STN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidiel pre budovy.

3.2 Prierezové charakteristiky

Zvislý stĺpik je zhotovený z ocelevej trubky profilu: 54x3,2; 60,3x3,2; 63,5x3,2 a 114x4 mm.



Tabuľka 3.6: Statické veličiny prierezu

D	t	G	A	A_v	I	i	W_{el}	W_{pl}	I_t	Ω	Klasif. prierezu
mm	mm	kg/m	mm ²	mm ²	mm ⁴	mm	mm ³	mm ³	mm ⁴	mm ²	S235
54	3,2	3,99	511	325	165,39	18,0	6126	8269	330,8	4054	1
60,3	3,2	4,48	574	365	234,68	20,2	7784	10444	469,4	5121	1
63,5	3,2	4,74	606	386	276,30	21,3	8702	11646	552,6	5712	1
114	4,0	10,80	1382	880	2039,5	38,9	36728	48421	4187,0	19007	1
Nás.	-	-	-	-	10 ³	-	-	-	10 ³	-	-

Materiálové charakteristiky

Navrhovaný prierez je z ocele S 235

Materiálové charakteristiky a parciálny súčiniteľ spoľahlivosti

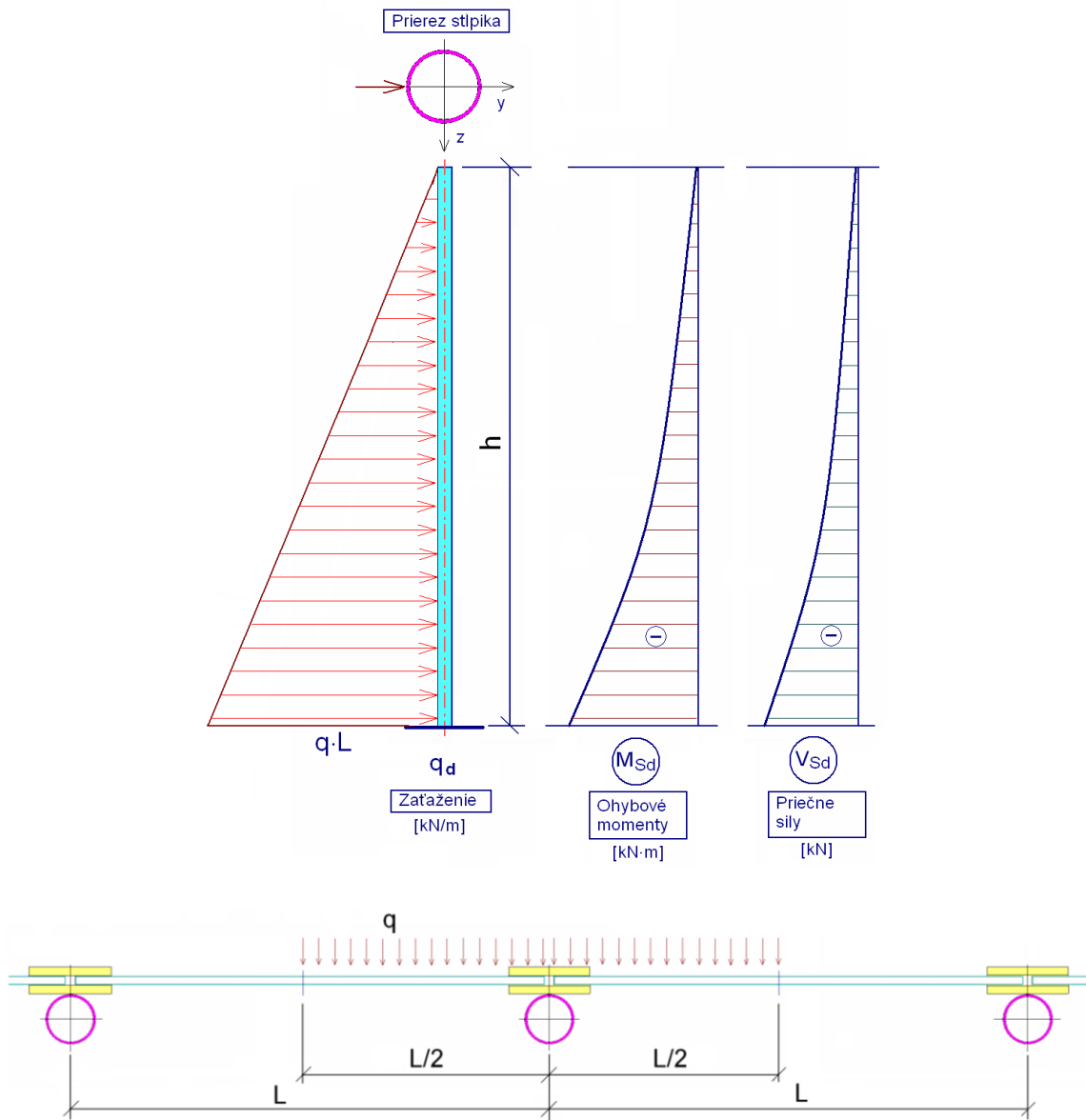
$$f_y = 235 \text{ MPa};$$

$$\gamma_{M1} = 1,1.$$

3.3 Únosnosť prierezu stĺpika

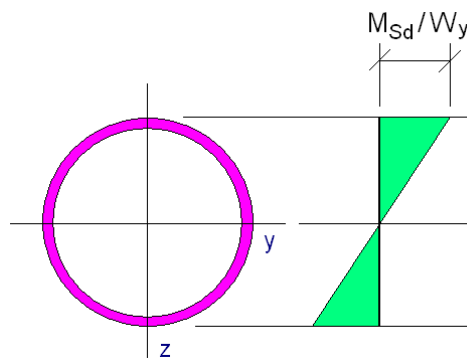
Vzhľadom na navrhovaný typ nosnej konštrukcie, jej únosnosť je potrebné určiť z hľadiska kritérií:

- Ohybového momentu,
- Pričnej sily,
- Medzného priehybu.



Obr. 3.3: Vnútorne sily v stĺpiku od účinkov zaťaženia

3.3.1 Únosnosť z hľadiska ohybového momentu



Obr. 3.4: Normálové napätia v priereze stĺpika

Vychádzame z podmienky pre namáhanie jednoduchým ohybom

$$\frac{M_{sd}}{W_y} \leq f_y / \gamma_{M1}$$

Z tejto podmienky vyjadríme moment únosnosti prierezu

$$M_{Rd} = W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

Účinok ohybového momentu pri rovnomernom zaťažení

$$M_{sd} = \frac{1}{6} q_d \cdot h^2$$

Vzťah pre únosnosť stĺpika pri rovnomernom zaťažení

$$q_{d,M} = 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2}$$

a) Prierez stĺpika 54,0/3,2 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,0} \cdot 6 \cdot \frac{6126 \cdot 235/1,1}{848^2} = 10,919 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,25} \cdot 6 \cdot \frac{6126 \cdot 235/1,1}{848^2} = 8,735 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,5} \cdot 6 \cdot \frac{6126 \cdot 235/1,1}{636^2} = 12,941 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,75} \cdot 6 \cdot \frac{6126 \cdot 235/1,1}{636^2} = 11,093 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,0} \cdot 6 \cdot \frac{6126 \cdot 235/1,1}{636^2} = 9,706 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,25} \cdot 6 \cdot \frac{6126 \cdot 235/1,1}{636^2} = 8,627 \text{ kN/m}^2$$

b) Prierez stĺpika 60,3/3,2 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,0} \cdot 6 \cdot \frac{7784 \cdot 235/1,1}{848^2} = 13,875 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,25} \cdot 6 \cdot \frac{7784 \cdot 235/1,1}{848^2} = 11,100 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,5} \cdot 6 \cdot \frac{7784 \cdot 235/1,1}{848^2} = 9,250 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,75} \cdot 6 \cdot \frac{7784 \cdot 235/1,1}{636^2} = 14,095 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,0} \cdot 6 \cdot \frac{7784 \cdot 235/1,1}{636^2} = 12,333 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,25} \cdot 6 \cdot \frac{7784 \cdot 235/1,1}{636^2} = 10,963 \text{ kN/m}^2$$

c) Prierez stĺpika 63,5/3,2 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,0} \cdot 6 \cdot \frac{8702 \cdot 235/1,1}{848^2} = 15,511 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,25} \cdot 6 \cdot \frac{8702 \cdot 235/1,1}{848^2} = 12,409 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,5} \cdot 6 \cdot \frac{8702 \cdot 235/1,1}{848^2} = 10,341 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,75} \cdot 6 \cdot \frac{8702 \cdot 235/1,1}{636^2} = 15,757 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,0} \cdot 6 \cdot \frac{8702 \cdot 235/1,1}{636^2} = 13,788 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,25} \cdot 6 \cdot \frac{8702 \cdot 235/1,1}{636^2} = 12,256 \text{ kN/m}^2$$

d) Prierez stĺpika 114,0/4,0 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 1484 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,0} \cdot 6 \cdot \frac{36728 \cdot 235/1,1}{1484^2} = 21,377 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 1484 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,25} \cdot 6 \cdot \frac{36782 \cdot 235/1,1}{1484^2} = 17,127 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,5} \cdot 6 \cdot \frac{36782 \cdot 235/1,1}{1272^2} = 19,426 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{1,75} \cdot 6 \cdot \frac{36782 \cdot 235/1,1}{1272^2} = 16,651 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

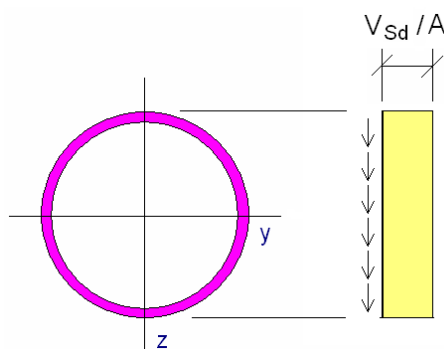
$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,0} \cdot 6 \cdot \frac{36782 \cdot 235/1,1}{1272^2} = 14,569 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

$$q_{d,M} = \frac{1}{L} \cdot 6 \cdot \frac{W_y \cdot f_y / \gamma_{M1}}{h^2} = \frac{1}{2,25} \cdot 6 \cdot \frac{36782 \cdot 235/1,1}{1272^2} = 12,951 \text{ kN/m}^2$$

3.3.2 Únosnosť z hľadiska priečnej sily



Obr. 3.5: Šmykové napätia v priereze stĺpika

Vychádzame z únosnosti prierezu namáhaného jednoduchým šmykom

$$\tau_d \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}$$

kde A_v je plocha profilu,

Účinok priečnej sily pri rovnomernom zaťažení

$$V_{sd} = \frac{1}{2} q_d \cdot h$$

Vzťah pre únosnosť konzolového nosníka pri trojuholníkovom zaťažení

$$q_{d,T} = \frac{2}{L \cdot h} \cdot \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$$

a) Prierez stĺpika 54,0/3,2 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika $h = 848$ mm

$$q_{d,T} = \frac{2}{L \cdot h} \cdot \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{2}{1,0 \cdot 848} \cdot \frac{325 \cdot 235}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = 94,546 \text{ kN/m}^2$$

POZNÁMKA:

Porušenie z hľadiska šmyku nerozhoduje. Šmykové únosnosti stĺpika nie je potrebné ďalej vyšetrovať.

3.3.3 Únosnosť z hľadiska medzného priehybu

Hodnota medzného priehybu

$$w_{net, fin} = \frac{2 \cdot h}{100}$$

Prieťah na konci konzolového nosníka

$$w = \frac{1}{30} \cdot \frac{q_d / \gamma_F \cdot h^4}{E \cdot I_y}$$

Materiálové charakteristiky

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

Súčiniteľ zaťaženia

$$\gamma_F = 1,35$$

a) Prierez stĺpika 54,0/3,2 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 165,39 \cdot 10^3}{848^3} = 13,669 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 165,39 \cdot 10^3}{848^3} = 10,935 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,5} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 165,39 \cdot 10^3}{636^3} = 27,001 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,75} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 165,39 \cdot 10^3}{636^3} = 23,144 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 165,39 \cdot 10^3}{636^3} = 20,251 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 165,39 \cdot 10^3}{636^3} = 18,000 \text{ kN/m}^2$$

b) Prierez stĺpika 60,3/3,2 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 234,68 \cdot 10^3}{848^3} = 24,245 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 234,68 \cdot 10^3}{848^3} = 19,396 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,5} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 234,68 \cdot 10^3}{848^3} = 16,163 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,75} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 234,68 \cdot 10^3}{636^3} = 32,840 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 234,68 \cdot 10^3}{636^3} = 28,735 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 234,68 \cdot 10^3}{636^3} = 25,542 \text{ kN/m}^2$$

c) Prierez stĺpika 63,5/3,2 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 276,30 \cdot 10^3}{848^3} = 28,544 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 276,30 \cdot 10^3}{848^3} = 22,835 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 848 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,5} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 276,30 \cdot 10^3}{848^3} = 19,029 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,75} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 276,30 \cdot 10^3}{636^3} = 38,664 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 276,30 \cdot 10^3}{636^3} = 33,831 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 636 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 234,68 \cdot 10^3}{636^3} = 30,071 \text{ kN/m}^2$$

d) Prierez stĺpika 114,0/4,0 mm:

- Vzdialenosť stĺpikov 1000 mm:

Výška stĺpika h= 1484 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 2039,50 \cdot 10^3}{1484^3} = 39,315 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1250 mm:

Výška stĺpika h= 1484 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 2039,50 \cdot 10^3}{1484^3} = 31,425 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1500 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,5} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 2039,50 \cdot 10^3}{1272^3} = 41,621 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 1750 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{1,75} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 2039,50 \cdot 10^3}{1272^3} = 35,675 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2000 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,0} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 2039,50 \cdot 10^3}{1272^3} = 31,215 \text{ kN/m}^2$$

- Vzdialenosť stĺpikov 2250 mm:

Výška stĺpika h= 1272 mm

$$q_{d,w} = \frac{1}{L} \cdot \frac{0,3 \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_y}{h^3} = \frac{1}{2,25} \cdot \frac{0,3 \cdot 1,0 \cdot 210000 \cdot 2039,50 \cdot 10^3}{1272^3} = 27,742 \text{ kN/m}^2$$

3.3.4 Súhrnná tabuľka únosnosti stĺpika

Tabuľka 3.7: Únosnosti stĺpika v (kN/m^2) pre rozpätia 1,0 až 2,25 m

$\varnothing$ (mm)	h (m)		L (m)					
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
54/3,2	0,636	q_M			12,941	11,093	9,706	8,627
		q_w			27,001	23,144	20,251	18,000
	0,848	q_M	10,919	8,735				
		q_w	13,669	10,935				
60,3/3,2	0,636	q_M				14,095	12,333	10,963
		q_w				32,840	28,735	25,542
	0,848	q_M	13,875	11,100	9,250			
		q_w	24,245	19,396	16,163			
63,5/3,2	0,636	q_M				15,757	13,788	12,256
		q_w				38,664	33,831	30,071
	0,848	q_M	15,511	12,409	10,341			
		q_w	28,544	22,835	19,029			
114/4	1,272	q_M			19,426	16,651	14,569	12,951
		q_w			41,621	35,675	31,215	27,742
	1,484	q_M	21,377	17,121				
		q_w	39,315	31,425				

4. ZEMNÁ KOTVA

Zemnú kotvu vytvára kruhový trubkový profil, ktorý je cca v 1/3 svojej dĺžky kónicky ukončený. V tejto časti kužeľovitého tvaru je privarený pások 15x1,5 mm v tvare špirály s funkciou umožniť zavrtanie do zeminy. Profil trúbky zemnej kotvy je 60x2, 70x3, 76x3 a 127x3 mm. Celková dĺžka je od 600 do 1600 mm. Kotva je zhotovená z hrubostennej ocelevej rúry s pozinkovaným povrchom.

Kotva je zaťažovaná horizontálnym účinkom tlaku vody na hornú časť steny a stĺpika. Reakciou na toto zaťaženie je ohybový moment a priečna sila vo votknutí stĺpika. Tieto účinky iniciujú vznik zložiek pasívneho zemného tlaku po výške kotvy.

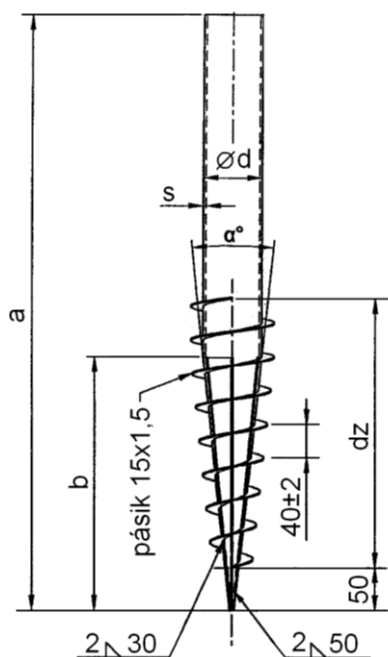
Bude potrebné vyšetriť vyššie uvedené účinky na zemnú kotvu pre súdržné zeminy a stredne uľahlé piesky.

Tabuľka 4.1 - Geometrické údaje kotvy

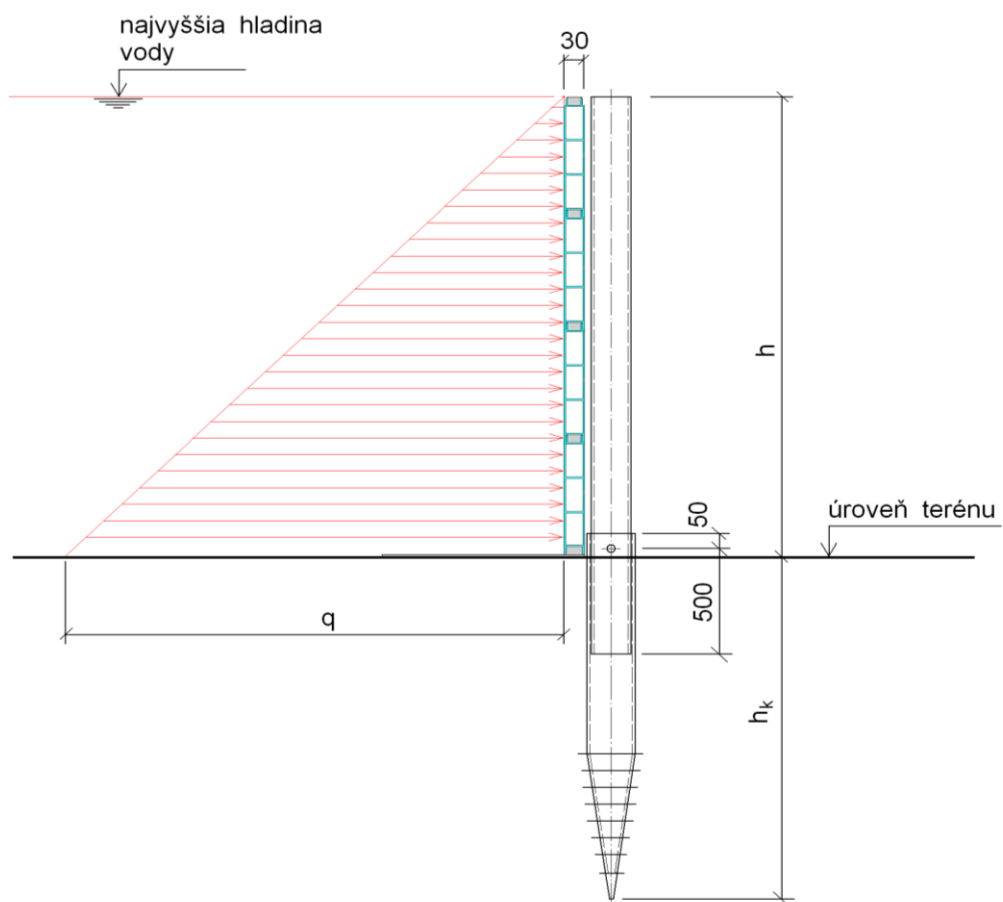
$\varnothing d \times s$	a	b	α	dz	L1	L2
$\varnothing 60 \times 2$	600	200	15	200	850	1000
$\varnothing 70 \times 3$	700	300	12	400	1450	1100
$\varnothing 76 \times 3$	1100	300	13	320	1570	1900
$\varnothing 76 \times 3$	1150	300	13	320	1570	2000
$\varnothing 76 \times 3$	1200	400	13	320	1570	2000
$\varnothing 76 \times 3$	1600	300	13	320	1570	2900
$\varnothing 127 \times 3$	1600	550	13	565	2250	2900

L1 – približná dĺžka pásu 15x1,5

L2 – dĺžka rezní polotovaru pro 2 ks



Obr. 4.1: Geometrické rozmery zemej kotvy



Obr. 4.2: Účinky steny hradenia a stĺpika na zemnú kotvu

4.1 Horizontálne namáhanie zemnej kotvy

Vychádzame z podkladov v literatúre pre horizontálne únosnosti pilót. Predpokladáme analógiu pôsobenia zemných kotiev s pilótami. Výpočet únosnosti zemnej kotvy na horizontálne účinky zaťaženia za predpokladu, že spodný koniec je votknutý v zemi v hĺbke l_0 od povrchu zeminy (tab. 4.2). Pod touto hĺbkou sa kotva neohýba. Horný koniec je voľný.

Tabuľka 4.2: Údaje o vlastnostiach zemín

Druh zeminy	Výpočtová dĺžka kotvy l_0	Koeficient odporu zeminy β
Stredne uľahnuté piesky a tuhé súdržné zeminy	5 d	0,20
Stredne uľahnuté piesky a tuhé súdržné zeminy len pod hladinou podzemnej vody	6 d	0,16
Jemné piesky kypké, mäkké súdržné zeminy	7 d	0,12
Súdržné zeminy kašovité	8 d	0,08

Pre určenie závislosti medzi horizontálnou silou P_H pôsobiace v úrovni terénu a posunom v smere sily Δ sa použijú rovnice určujúce odpor zeminy na časti kotvy l_0 .

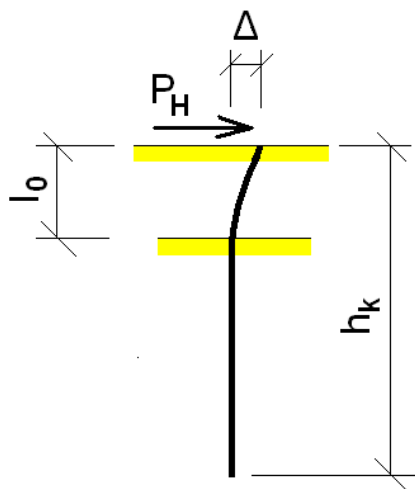
Výpočtová horizontálna sila na medzi únosnosti bude

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta$$

kde $E \cdot I_y$ je prierezová tuhosť kotvy.

β - koeficient odporu zeminy

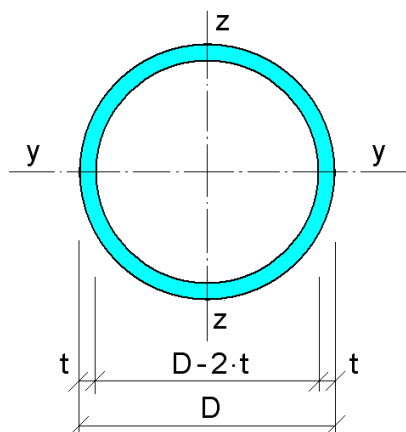
Δ - horizontálny posun kotvy na povrch terénu.



Obr. 4.3: Výpočtový model zemnej kotvy

4.2 Prierezové charakteristiky

Zemná kotva je zhotovená z ocelevej trubky profilu: 60,3x3,2; 70x3,2; 76x3,2 a 127x4 mm.



Tabuľka 4.3: Statické veličiny prierezu

D	t	G	A	A _v	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	Ω	Klasif. prierezu
mm	mm	kg/m	mm ²	mm ²	mm ⁴	mm	mm ³	mm ³	mm ⁴	mm ²	S235
60,3	3,2	4,08	523	333	215,9	20,3	7162	9563	431,8	5175	1
70	3,2	5,25	672	428	375,43	23,6	10727	14290	750,9	7009	1
76	3,2	5,72	732	446	485,78	25,8	12784	16970	971,6	8325	1
127	4,0	12,07	1546	984	2920	43,5	46000	60500	5852,30	23765	1
Nás.	-	-	-	-	10 ³	-	-	-	10 ³	-	-

4.3 Únosnosť zemnej kotvy

4.3.1 Stredne uľahnuté piesky a tuhé súdržné zeminy

a) Prierez kotvy 60,3/3,2 mm:

$$l_0 = 5 \cdot d = 5 \cdot 60,3 = 301,5 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,20 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 215,9 \cdot 10^3}{301,5^3} \cdot 10 = 9925,702 \text{ N}$$

b) Prierez kotvy 70/3,2 mm:

$$l_0 = 5 \cdot d = 5 \cdot 70 = 350 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,20 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 375,43 \cdot 10^3}{350^3} \cdot 10 = 11033,045 \text{ N}$$

c) Prierez kotvy 76/3,2 mm:

$$l_0 = 5 \cdot d = 5 \cdot 76 = 380 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,20 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 485,78 \cdot 10^3}{380^3} \cdot 10 = 11154,738 \text{ N}$$

d) Prierez kotvy 127/4 mm:

$$l_0 = 5 \cdot d = 5 \cdot 127 = 635 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,20 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 2920,0 \cdot 10^3}{635^3} \cdot 10 = 14369,188 \text{ N}$$

4.3.2 Stredne uľahnuté piesky a tuhé súdržné zeminy pod hladinou podzemnej vody**a) Prierez kotvy 60,3/3,2 mm:**

$$l_0 = 6 \cdot d = 6 \cdot 60,3 = 361,8 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,16 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 215,9 \cdot 10^3}{361,8^3} \cdot 10 = 4595,232 \text{ N}$$

b) Prierez kotvy 70/3,2 mm:

$$l_0 = 6 \cdot d = 6 \cdot 70 = 420 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,16 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 375,43 \cdot 10^3}{420^3} \cdot 10 = 5107,891 \text{ N}$$

c) Prierez kotvy 76/3,2 mm:

$$l_0 = 6 \cdot d = 6 \cdot 76 = 456 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,16 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 485,78 \cdot 10^3}{456^3} \cdot 10 = 5164,230 \text{ N}$$

d) Prierez kotvy 127/4 mm:

$$l_0 = 6 \cdot d = 6 \cdot 127 = 762 \text{ mm}$$

$$P_H = \beta \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{l_0^3} \cdot \Delta = 0,16 \cdot \frac{3 \cdot 210000 \cdot 2920,0 \cdot 10^3}{762^3} \cdot 10 = 6652,401 \text{ N}$$

4.3.3 Súhrnná tabuľka únosnosti kotvy

Tabuľka 4.4: Porovnanie únosnosti kotvy s účinkami pre stredne uľahlé piesky a súdržné zeminy

Kotva $\varnothing$ (mm)	l_0 (mm)	Únosnosť P_H (kN)	h (m)	Účinok zaťaženia V_{sd} (kN)					
				Vzdialenosť stĺpikov L (m)					
				1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
60,3/3,2	301,5	9,925	0,636	2,022	2,528	3,033	3,538	4,044	4,549
			0,848	3,595	4,494	5,392	6,291	7,190	8,088
70/3,2	350	11,033	0,636	2,022	2,528	3,033	3,538	4,044	4,549
			0,848	3,595	4,494	5,392	6,291	7,190	8,088
76/3,2	380	11,154	0,636	2,022	2,528	3,033	3,538	4,044	4,549
			0,848	3,595	4,494	5,392	6,291	7,190	8,088
127/4	635	14,369	1,272	8,089	10,112	12,135	14,155		
			1,484	11,011	13,764				

POZNÁMKA:

Pre potvrdenie predpokladov uvedených v statickom výpočte k určení horizontálnej únosnosti zemnej kotvy odporúčam urobiť experimentálne meranie.

NORMY, LITERATÚRA:

- [1] ENV 1991-1-1 Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov.
- [2] ENV 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy.
- [3] ENV 1997-1-1 Eurokód 7: Geotechnické navrhovanie. Časť 1: Všeobecné pravidlá.
- [4] ČSN/STN 73 10 01 Základová pôda pod plošnými základmi, ÚNM, PRAHA, 1986
- [5] ENV 1999-1-1 Eurokód 9: Navrhovanie hliníkových konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby.
- [6] KYSEL, J. a kol.: Statické tabuľky, Spolok statikov Slovenská, TRNAVA 2010
- [7] HULMAN, R. a kol.: Zakladanie stavieb. Výpočty. SVŠT. Bratislava 1984

PROGRAMY:

- [1] HUDÁK, J. - HUDÁK, I.: PRIEREZY - Výpočet prierezových charakteristík.
- [2] HUDÁK, J. - HUDÁK, I.: NOSNÍK - Výpočet vnútorných síl a prierezov nosníkov.