

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra betonových a zděných konstrukcí



**Bakalářská práce**

Variantní návrh podzemního podlaží objektu administrativní budovy radnice

(Variant design of the underground floor of the town hall)

**Suterénní konstrukce – studie návrhu**

**DOMINIKA MAJEROVÁ**

**2018**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.**



## Obsah

1	Vzorce použité pro výpočet šířky trhlin.....	3 -
1.1	Trhliny od vynucených přetvoření dle ČSN EN 1992-1-1.....	4 -
1.2	Trhliny od vynucených přetvoření dle ČSN EN 1992-3.....	5 -
1.2.1	Šířka trhlin v důsledku omezení vynucených přetvoření.....	5 -
1.3	Trhliny od vynucených přetvoření dle [7].....	7 -
1.3.1	Omezené přetvoření od hydratačního tepla.....	7 -
1.4	Trhliny od přímého zatížení.....	10 -
1.4.1	Průřez bez trhlin.....	10 -
1.4.2	Průřez s trhlinami.....	11 -
2	Vliv vybraných parametrů na konstrukci.....	12 -
2.1	Vliv parametrů na šířku trhlin v raném stádiu.....	12 -
2.2	Vliv parametrů na šířku trhlin od přímého zatížení.....	21 -
2.3	Závěr.....	26 -
3	Suterénní konstrukce objektu administrativní budovy.....	27 -
3.1	Vodorovná výztuž.....	28 -
3.1.1	Černá vana.....	28 -
3.1.2	Vana s hydroizolací v podobě příměsi – s Xypexem.....	30 -
3.1.3	Bílá vana.....	31 -
3.1.4	Porovnání.....	32 -
3.2	Svislá výztuž.....	33 -
3.2.1	Černá vana.....	33 -
3.2.2	Vana s hydroizolací v podobě příměsi – s Xypexem.....	35 -
3.2.3	Bílá vana.....	36 -
3.2.4	Porovnání.....	37 -
3.3	Celkové porovnání cen a výběr řešení.....	38 -
3.4	Závěr.....	43 -
4	Literatura a zdroje.....	44 -



## 1 Vzorce použité pro výpočet šířky trhlin

Zde jsou uvedeny veškeré vzorce použité v této práci. Vzorce jsou použity jak pro část studie vlivu jednotlivých parametrů na konstrukci, tak pro podrobný návrh stěny podzemního podlaží. Výpočty jsou zaměřeny na mezní stav použitelnosti (dále v práci MSP) a konkrétně na mezní stav vzniku trhlin (omezení šířky trhlin vzhledem k požadavkům na konstrukci).

Trhliny v konstrukci vznikají od vynucených přetvoření (objemových změn, smršťování, vývinu hydratačního tepla...) a od přímého zatížení. V případě této práce je uvažováno, že při vzniku raných trhlin (vynucená přetvoření) je průřez namáhán pouze tahem a při vzniku trhlin od přímého zatížení ohybem.

Všechny přetvárné a pevnostní charakteristiky betonu jsou převzaty z této tabulky:

Tab. 1: Pevnostní a deformační charakteristiky betonu [1]

$f_{ck}$ (MPa)	Pevnostní třídy betonu													Analytické vztahy/ vysvětlivky	
	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80		90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
$f_{cm}$ (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
$f_{cm}$ (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5	$f_{dm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{dm} = 2,12 \ln(1+(f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ck,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,7	2,9	3	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ck,0,05} = 0,7 \times f_{cm}$ 5% kvantil
$f_{ck,0,95}$ (MPa)	2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6	6,3	6,6	$f_{ck,0,95} = 1,3 \times f_{cm}$ 95% kvantil
$E_{cm}$ (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$ ( $f_{cm}$ v MPa)
$\epsilon_{c1}$ (%)	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,25	2,30	2,40	2,45	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 $\epsilon_{c1}(\rho_{100}) = 0,7 f_{cm}^{0,31} \leq 2,8$
$\epsilon_{cu1}$ (%)	3,50								3,20	3,00	2,80	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{cu1}(\rho_{100}) = 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$	
$\epsilon_{c2}$ (%)	2,00								2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{c2}(\rho_{100}) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$	
$\epsilon_{cu2}$ (%)	3,50								3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{cu2}(\rho_{100}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$	
$n$	2,00								1,75	1,60	1,45	1,40	1,40	pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$	
$\epsilon_{c3}$ (%)	1,75								1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{c3}(\rho_{100}) = 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$	
$\epsilon_{cu3}$ (%)	3,50								3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{cu3}(\rho_{100}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$	



## 1.1 Trhliny od vynucených přetvoření dle ČSN EN 1992-1-1

$$\text{Šířka trhlin se spočte jako: } w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (1.0)$$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$  [-] – rozdíl poměrných přetvoření betonu a výztuže v okolí trhliny

$s_{r,max}$  [mm] – maximální vzdálenost trhlin

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{1}{E_s} (\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})) \quad (1.1)$$

$$\text{kde musí být splněna podmínka: } (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (1.2)$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} \quad (1.3)$$

Po dosazení tak získáme vztah:

$$w_k = (k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}}) \cdot \frac{1}{E_s} (\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})) \quad (1.4)$$

$k_1$  [-] – 0,8 pro výztuž s velkou soudržností

$k_2$  [-] – 1,0 pro prostý tah

$k_4$  [-] – 0,425 dle ČSN EN 1992-1-1

$k_3$  [-] – dle vzorce

$c$  [mm] – krycí vrstva výztuže

$$k_3 = 3,4 \cdot \left(\frac{25}{c}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (1.5)$$

$\emptyset$  [mm] – průměr použité výztuže

$\rho_{p,eff}$  [-] – účinný stupeň vyztužení

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (1.6)$$

$A_s$  [mm<sup>2</sup>] – plocha výztuže

$A_{c,eff}$  [mm<sup>2</sup>] – účinná plocha tažného betonu obklopující výztuž

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b \quad (1.7)$$

$h_{c,eff}$  [mm] – účinná výška tažené části průřezu



$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5 \cdot (h - d) \\ (h - x)/3 \\ h/2 \end{cases} \quad (1.8)$$

$E_s$  [MPa] – 200 000 modul pružnosti oceli

$\sigma_s$  [MPa] – tahové napětí výztuže v průřezu porušeném trhlinou

$$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{A_s} \quad (1.9)$$

$k_c$  [-] – 1,0 pro tah

$k$  [-] – 1,0 pro  $h \leq 300$  mm

– 0,65 pro  $h \geq 800$  mm

$k_t$  [-] – 0,4 dlouhodobě působící zatížení

$A_{ct}$  [mm<sup>2</sup>] – plocha betonu v tažené části oblasti průřezu

$f_{ct,eff}$  [MPa] – průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu v momentě první trhliny

$$f_{ct,eff} = 0,5 \cdot f_{ctm} \quad (1.10)$$

$f_{ctm}$  [MPa] – průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu

$\alpha_e$  [-] – poměr modulů pružnosti výztuže a betonu

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad (1.11)$$

$E_{cm}$  [MPa] – sečnový modul pružnosti betonu – střední hodnoty

## 1.2 Trhliny od vynucených přetvoření dle ČSN EN 1992-3

Tato norma se zabývá konkrétně vodonepropustnými konstrukcemi s vysokými požadavky na šířku trhlin jako jsou nádrže na kapaliny a zásobníky.

### 1.2.1 Šířka trhlin v důsledku omezení vynucených přetvoření

Při výpočtu rozeznáváme dva základní stavy omezení vynucených přetvoření, a to pro případ vetknutí na koncích a pro případ vetknutí podél jedné hrany. Tyto případy vznikají především při betonáži, k již stávajícím konstrukcím např. mezi dvě dříve vybetonované stěny nebo na dříve vybetonovaný základ.



**a) Vetknutí a koncích**

Šířka trhliny se spočte a provede stejně dle předchozí kapitoly (kap. 1.1). Rozdíl je pouze ve výpočtu rozdílu poměrných průměrných přetvoření betonu a výztuže.

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,5 \cdot \alpha_e \cdot k_c \cdot k \cdot \frac{f_{ct,eff} \left(1 + \frac{1}{(\alpha_e \cdot \rho)}\right)}{E_s} \quad (1.12)$$

$\rho$  [-] – stupeň vyztužení

$$\rho = \frac{A_s}{A_{ct}} \quad (1.13)$$

a napětí ve výztuži se vyjádří dle ČSN EN 1992-3:

$$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho} \quad (1.14)$$

**b) Vetknutí podél jedné hrany**

Obdobně jako u předchozího případu spočteme šířku trhlin dle vztahu (1.0) s tím, že je opět rozdíl ve výpočtu poměrných průměrných přetvoření.

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = R_{ax} \cdot \varepsilon_{free} \quad (1.15)$$

$R_{ax}$  [-] – součinitel omezení přetvoření

Tab. 2: Součinitel omezení přetvoření ve středních oblastech [7]

L/H	1	2	3	4	>8
$R_{ax}$ u základu	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$R_{ax}$ u vrcholu	0,0	0,0	0,05	0,3	0,5

$\varepsilon_{free}$  [-] – poměrné přetvoření, které by nastalo, jestliže by byl prvek zcela volný

*Pozn.: podrobnější výpočet je proveden v konkrétním návrhu stěny viz. část práce – Statický výpočet*



### 1.3 Trhliny od vynucených přetvoření dle [7]

#### 1.3.1 Omezené přetvoření od hydratačního tepla

Příliš vysoký vývin hydratačního tepla při tuhnutí betonu má negativní vliv na konstrukci, resp. při vysokém hydratačním teple snáze v konstrukci vznikají trhliny. Proto se pro náročné konstrukce (požadována minimální šířka trhlin) používají betony s nízkým vývojem hydratačního tepla. Vývoj hydratačního tepla je ale ovlivněn mnoha faktory, a proto výpočet šířky trhlin vlivem hydratačního tepla lze jen těžko přesně vypočítat. Výpočet slouží spíše jako informativní, zda by konstrukce vyhověla v předepsaných podmínkách.

$$\sigma_{ct,ges} = k\alpha_T E_{c,t} \cdot \Delta T_{b,W-s} \quad (1.16)$$

$\sigma_{ct,ges}$  [MPa] – tahové napětí ve stěnách

$\alpha_T$  [1/K] –  $1 \cdot 10^{-5}$  součinitel teplotní roztažnosti

$k$  [-] – 1,0 stěny na základových deskách

$E_{c,t}$  [MPa] – účinný modul pružnosti mladého betonu v okamžiku  $t_{maxT}$

Tab. 3: Moduly pružnosti mladého betonu [3]

Stáří betonu $t_{max,T}$	$E_{c,t} / E_{c28}$
8 hodin	0,10
12 hodin	0,25
16 hodin	0,45
24 hodin	0,65
2 dny	0,85
14 dní	1,00

$t_{maxT}$  [dny] – časový okamžik dosažení max. rozdílu teplot v jádru a na povrchu betonu

$$t_{maxT} = 0,8h + 1 \quad (1.17)$$

$E_{c,28}$  [MPa] – tečnový modul pružnosti obyčejného betonu při napětí  $\sigma_c = 0$  ve stáří 28 dní

$\Delta T_{b,W-s}$  [K] – rozdíl teplot

$$\Delta T_{b,W-s} = T_{b,m} - T_F \quad (1.18)$$

$T_s$  [K] – teplota základové desky



$T_{b,m}$  [K] – střední teplota stěny

$$T_{b,m} = k_{tv} \cdot T_{c,0} + \Delta T_{b,H} \quad (1.19)$$

$T_{c,0}$  [K] – výchozí teplota čerstvého betonu stěny na počátku betonáže

$k_{TV}$  [-] – součinitel teploty uvnitř stavebního prvku

- 0,5 při  $h < 0,3\text{m}$
- 0,7 při  $0,5 \leq h \leq 3,0\text{ m}$
- 0,5 při  $h > 3,0\text{ m}$

$\Delta T_{b,H}$  [K] – nárůst teploty z důvodu vývinu hydratačního tepla

$$\Delta T_{b,H} = \alpha_c \cdot \frac{CH_w}{Q_{c0}} \quad (1.20)$$

$c$  [kg] – množství cementu na  $\text{m}^3$

$H_w$  [J/g] – hydratační teplo cementu v okamžiku  $t_{\max T}$

Tab. 4: Hydratační teplo pro různé druhy cementů [18]

Cement CEM I 52,5R			Cement CEM II B-S 32,5R		
dobu hydratace	Hydratační teplo [kJ/kg]		dobu hydratace	Hydratační teplo [kJ/kg]	
	Rok 2000	Rok 2004		Rok 2000	Rok 2004
12 hod	101	42	12 hod	65	25
18 hod	173	60	18 hod	141	52
24 hod	250	119	24 hod	170	77
30 hod	277	190	30 hod	196	109
36 hod	305	262	36 hod	212	137
42 hod	308	275	42 hod	229	185
2 dny	315	278	2 dny	245	214
3 dny	321	285	3 dny	271	238
7 dní	341	307	7 dní	286	289
28 dní	395	339	28 dní	328	310

$Q_{c0}$  [kJ/( $\text{m}^3\text{K}$ )] –  $\approx 2500$  tepelná kapacita betonu

$\alpha_c$  [-] – je poměr vzrůstu teploty v prvku  $\Delta T_{b,H}$  a teoretickým vzrůstem teploty  $\Delta T_{th}$ , závisí na tloušťce prvku.

Tab. 5: Hodnoty součinitele  $\alpha_c$  [3]

Tloušťka prvku $h$ [m]	$\alpha_c = \Delta T_c / \Delta T_{th}$
$\leq 0,4\text{ m}$	0,75
0,6 m	0,80
0,8 m	0,85
1,0 m	0,95
$\geq 2,0\text{ m}$	1,00





$$\sigma_{ct,d} = k_{ct,d} \cdot \sigma_{ct,ges} \quad (1.21)$$

$k_{ct,d}$  [-] – návrhový součinitel pro tahové napětí, závislost délky úseku na výšce stěny

Tab. 6: Hodnoty součinitele  $k_{ct,d}$  [7]

Poměr celkové délky stěny k její výšce ..... $k_{ct,d}$	
$l_0/h_b \leq 1$ ..... $k_{ct,d} \approx 0,20$	$l_0/h_b \leq 6$ ..... $k_{ct,d} \approx 0,80$
$l_0/h_b \leq 2$ ..... $k_{ct,d} \approx 0,45$	$l_0/h_b \leq 8$ ..... $k_{ct,d} \approx 0,85$
$l_0/h_b \leq 3$ ..... $k_{ct,d} \approx 0,65$	$l_0/h_b \leq 10$ ..... $k_{ct,d} \approx 1,00$
$l_0/h_b \leq 4$ ..... $k_{ct,d} \approx 0,70$	$l_0/h_b > 10$ ..... $k_{ct,d} = 1,00$

$\sigma_{ct,d}$  [MPa] – největší napětí cca v 1/4 výšky stěny

Pokud překročí největší tahové napětí ve stěně pevnost betonu v tahu, vznikají trhliny.

$$F_{ct,eff} = \sigma_{ct,d} \cdot A_{ct} \quad (1.22)$$

$F_{ct,eff}$  [MN/m] – tahová síla při obou površích

$$A_{c,eff} = 2,5(c_{nom} + 0,5\emptyset) \cdot b \quad (1.23)$$

$$\sigma_s = \frac{F_{ct,eff}}{A_{s,prov}} \quad (1.24)$$

$\sigma_s$  [MPa] – napětí ve výztuži

Dále se pokračuje dle kapitoly (kap 1.1)

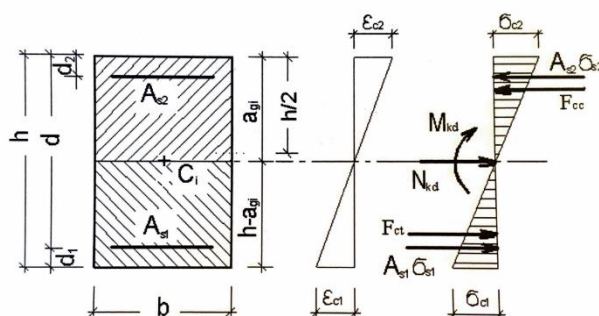


## 1.4 Trhliny od přímého zatížení

Výpočet je stanoven ze silové podmínky rovnováhy pro krátkodobé působení zatížení. Vzhledem k tomu, že je počítána stěna, není uvažováno dotvarování betonu.

### 1.4.1 Průřez bez trhlin

Jako průřez bez trhlin je chápán takový průřez, kde se v celém betonovém průřezu přepokládá jeho působení, tedy že působí i beton v tahu.



Obr. 1: Charakteristiky trhlinami neporušeného obdélníkového průřezu [4]

$$x_i = \frac{A_c a_c + (\alpha_e - 1)(A_{s1} d + A_{s2} d_2)}{A_c + (\alpha_e - 1)(A_{s1} + A_{s2})} \quad (1.25)$$

$x_i$  [mm] – vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horního okraje

$A_c$  [mm<sup>2</sup>] – plocha betonové části průřezu

$A_{s1}$  [mm<sup>2</sup>] – plocha dolní výztuže

$A_{s2}$  [mm<sup>2</sup>] – plocha horní výztuže

$a_c$  [mm] – vzdálenost těžiště betonového průřezu od tlačného okraje průřezu

$\alpha_e$  [-] – poměr modulů pružnosti výztuže a betonu, vztah (1.11)

$$I_i = \frac{1}{12} b h^3 + A_c (x_i - a_c)^2 + (\alpha_e - 1) [A_{s1} (d - x_i)^2 + A_{s2} (x_i - d_2)^2] \quad (1.26)$$

$I_i$  [mm<sup>4</sup>] – moment setrvačnosti betonového průřezu

$$m_{cr} = f_{ctm} \frac{I_i}{(h - x_i)} \quad (1.27)$$

$m_{cr}$  [kNm] – moment při plné pevnosti betonu v tahu, tedy moment, při kterém vzniká trhлина.

Pokud:  $m_{cr} < m_{E,k}$  trhliny vznikají

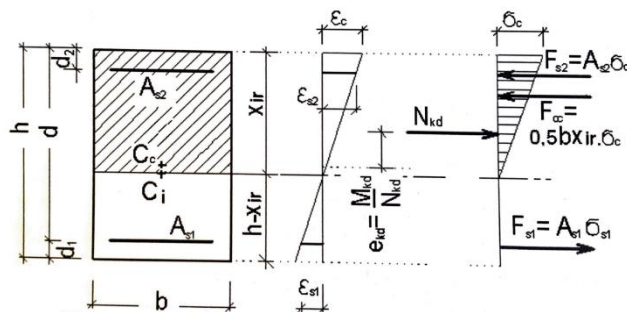
Pokud:  $m_{cr} > m_{E,k}$  trhliny teoreticky nevznikají



Trhliny nevznikají pouze teoreticky proto, že jejich vznik nelze absolutně vyloučit a vždy nám na konstrukci nějaká trhlinka vznikne. Pro ověření šířky trhliny se postupuje výpočtem stejně, jako kdyby z podmínky vyšlo, že trhliny vznikají.

### 1.4.2 Průřez s trhlinami

Průřez s trhlinami je takový průřez, pokud je v krajních vláknech tažené oblasti překročena pevnost betonu v tahu.



Obr. 2: Charakteristiky trhlinami porušeného obdélníkového průřezu [4]

$$x_{ir} = \left[ \sqrt{(\alpha_e A_{s1} + A_{s2}(\alpha_e - 1))^2 + 2b(\alpha_e A_{s1} d + A_{s2} d_2(\alpha_e - 1))} - (\alpha_e A_{s1} + A_{s2}(\alpha_e - 1)) \right] / b \quad (1.28)$$

$x_{ir}$  [mm] – výška tlačené oblasti betonu

$$I_{ir} = \frac{b \cdot x_{ir}^3}{3} + \alpha_e A_{s1} (d - x_{ir})^2 + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} (d_2 - x_{ir})^2 \quad (1.29)$$

$I_{ir}$  [mm<sup>4</sup>] – moment setrvačnosti průřezu oslabeného trhlinou

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{E,k}}{I_{ir}} (d - x_{ir}) \quad (1.30)$$

$\sigma_s$  [MPa] – napětí extrémně namáhaných vláken tlačeního betonu a tažené výztuže

Šířka trhlin se pak spočte stejně jako v kap. 1.1 ze vztahu (1.4), do kterého se dosadí příslušné hodnoty. V tomto případě se mění  $f_{ct,eff}$ , kde od přímého zatížení platí  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$ .

Dále se mění součinitel  $k_2$ , kde je nyní roven hodnotě 0,5 (ohyb).



## 2 Vliv vybraných parametrů na konstrukci

V této kapitole je uvedeno několik parametrů návrhu, včetně jejich vlivu na šířku trhliny v závislosti na jiných parametrech na konstrukci. Jsou zde uvedené stručné tabulky s výsledky, které byly vytvořeny pro tento účel zvlášť v programu Excel na základě použití výše uvedených vzorců z kap. 1.1 a kap. 1.4.

**Všechny výpočty jsou provedeny pro 1 běžný metr šířky stěny.**

### 2.1 Vliv parametrů na šířku trhlin v raném stádiu

V této části jsou navíc použity vzorce na stanovení minimální plochy potřebné výztuže pro průřez namáhaný tahem. Jedná se o soustavu dvou rovnic, kde je minimální plochou pak větší z výsledků.

Jedná se o minimální potřebnou plochu pro omezení šířky raných trhlin.

$$A_{s,min} = \frac{k_3 \cdot c \cdot f_{ct,eff}(k \cdot A_{ct} - 0,4 \cdot A_{c,eff})}{2 \cdot E_s \cdot w_k} \pm \quad (2.0)$$

$$\pm \sqrt{\left(\frac{k_3 \cdot c \cdot f_{ct,eff}(k \cdot A_{ct} - 0,4 \cdot A_{c,eff})}{2 \cdot E_s \cdot w_k}\right)^2 + \frac{0,17 \cdot \phi \cdot A_{c,eff} \cdot f_{ct,eff}(k \cdot A_{ct} - 0,4 \cdot A_{c,eff})}{E_s \cdot w_k}}$$

$$A_{s,min} = \frac{0,3 \cdot k_3 \cdot c \cdot f_{ct,eff} \cdot k \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k} \pm \quad (2.1)$$

$$\pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \cdot k_3 \cdot c \cdot f_{ct,eff} \cdot k \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k}\right)^2 + \frac{0,204 \cdot \phi \cdot A_{c,eff} \cdot f_{ct,eff} \cdot k \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k}}$$



## Vliv výšky průřezu na minimální plochu výztuže pro omezenou šířku raných trhlin

*Uvažované hodnoty pro výpočet:*

Beton: 20/25

$k_c = 1,0$

$c = 0,035 \text{ m}$

$k_t = 0,4$

$\varnothing = 0,014 \text{ m}$

$k_l = 0,8$

$x = 0 \text{ mm}$

$k_2 = 1,0$

$k_3 = 2,72$

$k_4 = 0,425$

**Pro  $w_k = 0,40 \text{ mm}$ :**

h [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
k [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
d [m]	0,158	0,208	0,258	0,308	0,358	0,408	0,458
$h_{c,eff}$ [m]	0,067	0,083	0,100	0,105	0,105	0,105	0,105
<b><math>A_{s,min}</math> [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>552,39</b>	<b>690,49</b>	<b>828,58</b>	<b>903,33</b>	<b>951,74</b>	<b>993,63</b>	<b>1029,65</b>

**Pro  $w_k = 0,35 \text{ mm}$ :**

h [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
k [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
d [m]	0,158	0,208	0,258	0,308	0,358	0,408	0,458
$h_{c,eff}$ [m]	0,067	0,083	0,100	0,105	0,105	0,105	0,105
<b><math>A_{s,min}</math> [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>593,65</b>	<b>742,07</b>	<b>890,48</b>	<b>970,99</b>	<b>1023,30</b>	<b>1068,59</b>	<b>1107,54</b>

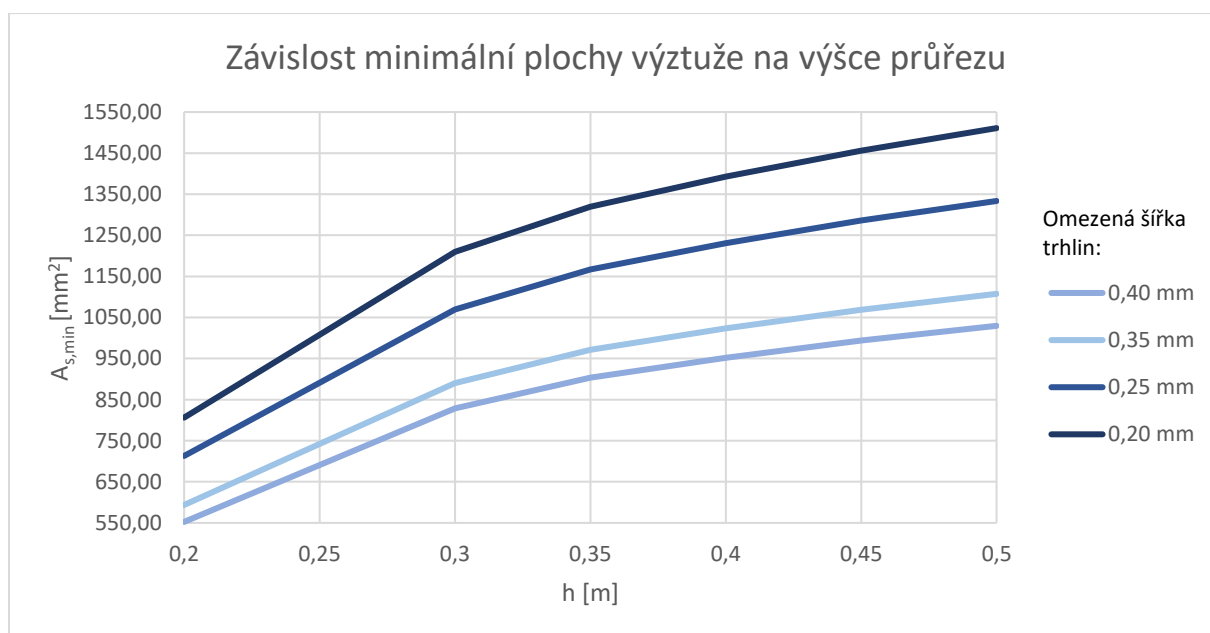
**Pro  $w_k = 0,25 \text{ mm}$ :**

h [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
k [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
d [m]	0,158	0,208	0,258	0,308	0,358	0,408	0,458
$h_{c,eff}$ [m]	0,067	0,083	0,100	0,105	0,105	0,105	0,105
<b><math>A_{s,min}</math> [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>713,00</b>	<b>891,25</b>	<b>1069,51</b>	<b>1166,81</b>	<b>1230,61</b>	<b>1285,91</b>	<b>1333,53</b>



Pro  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ :

h [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
k [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
d [m]	0,158	0,208	0,258	0,308	0,358	0,408	0,458
$h_{c,eff}$ [m]	0,067	0,083	0,100	0,105	0,105	0,105	0,105
<b><math>A_{s,min}</math> [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>806,29</b>	<b>1007,86</b>	<b>1209,44</b>	<b>1320,00</b>	<b>1392,98</b>	<b>1456,29</b>	<b>1510,86</b>



Z grafu je patrné, že pokud máme požadavek na co nejmenší šířku trhliny, je potřeba větší plocha výztuže. Také vidíme, že s tloušťkou prvku roste plocha výztuže také.



## Vliv výšky průřezu na šířku raných trhlin

Uvažované hodnoty pro výpočet:

Beton: 20/25

$k_c = 1,0$

$c = 0,035 \text{ m}$

$k_t = 0,4$

$A_s = 0,002 \text{ m}^2$

$k_l = 0,8$

$\emptyset = 0,02 \text{ m}$

$k_2 = 1,0$

$x = 0 \text{ mm}$

$k_3 = 2,72$

$k_4 = 0,425$

h [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
k [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
d [m]	0,155	0,205	0,255	0,305	0,355	0,405	0,455
$h_{c,eff}$ [m]	0,067	0,083	0,100	0,113	0,113	0,113	0,113
$\rho$ [-]	0,030	0,024	0,020	0,018	0,018	0,018	0,018
$s_{r,max}$ [m]	0,322	0,378	0,435	0,478	0,478	0,478	0,478
$\sigma_s$ [Mpa]	55,00	68,75	82,50	92,88	102,30	110,76	118,25
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [-]	0,000187	0,000237	0,000288	0,000326	0,000373	0,000415	0,000453
<b><math>W_k</math> [m]</b>	<b>0,06</b>	<b>0,09</b>	<b>0,13</b>	<b>0,16</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>	<b>0,22</b>



Graf je sestaven pro beton C 20/25 a s konstantním vyztužením a vyplývá z něj, že se zvětšující výškou průřezu se zvětšuje šířka raných trhlin.



## Vliv třídy betonu na šířku raných trhlin

Uvažované hodnoty pro výpočet:

$$h = 0,3 \text{ m}$$

$$c = 0,035 \text{ m}$$

$$A_s = 0,002 \text{ m}^2$$

$$d = 0,257 \text{ m}$$

$$s_{r,max} = 0,367 \text{ m}$$

$$x = 0 \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} = 0,1 \text{ m}$$

$$k_c = 1,0$$

$$k_t = 0,4$$

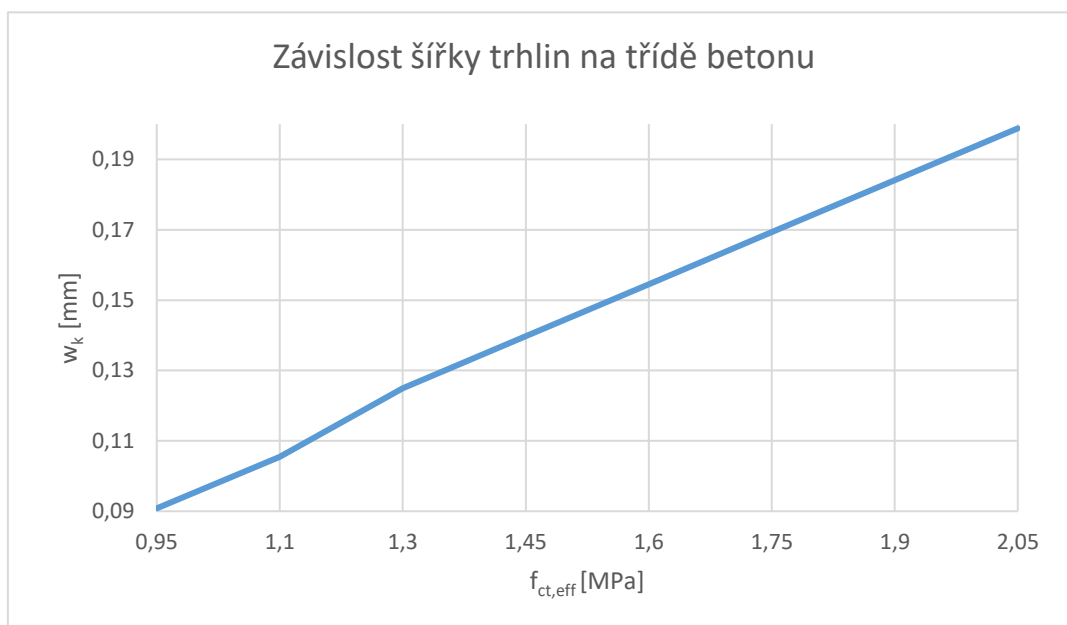
$$k_l = 0,8$$

$$k_2 = 1,0$$

$$k_3 = 2,72$$

$$k_4 = 0,425$$

h [m]	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60
$f_{ct,eff}$ [Mpa]	0,95	1,1	1,3	1,45	1,6	1,75	1,9	2,05
$E_{cm}$ [Mpa]	27500	29000	30500	32000	33500	35000	36000	37000
$\alpha_e$ [-]	7,27	6,90	6,56	6,25	5,97	5,71	5,56	5,41
$\sigma_s$ [Mpa]	71,25	82,50	97,50	108,75	120,00	131,25	142,50	153,75
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [-]	0,000247	0,000287	0,00034	0,000381	0,000421	0,000461	0,000501	0,000542
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>0,15</b>	<b>0,17</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>



Z grafu je patrné, že čím vyšší je pevnost betonu, tím větší trhlina by při neměnném vyztužení průřezu vznikla. Proto se například pro konstrukce bílých van používají betony o menších pevnostech (C 20/25, C 25/30).





## Vliv profilu výztuže na šířku raných trhlin při stejné ploše výztuže

Uvažované hodnoty pro výpočet:

Beton C 20/25

$k_c = 1,0$

$h = 0,3 \text{ m}$

$k_t = 0,4$

$c = 0,035 \text{ m}$

$k_l = 0,8$

$A_s = 0,002 \text{ m}^2$

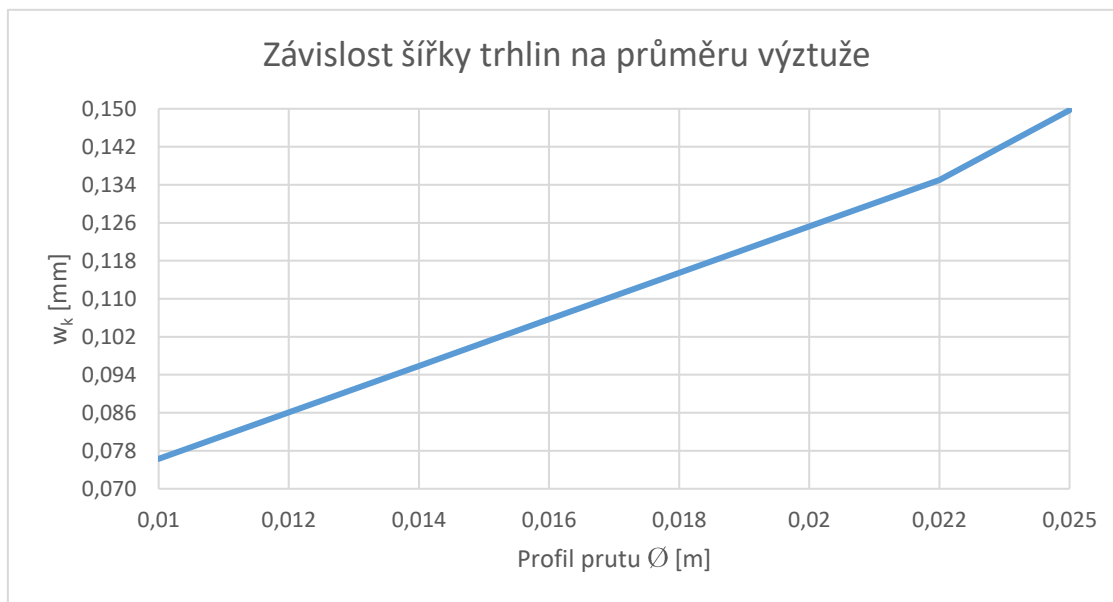
$k_2 = 1,0$

$x = 0 \text{ mm}$

$k_3 = 2,72$

$k_4 = 0,425$

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
s [m]	0,039	0,057	0,077	0,101	0,127	0,157	0,190	0,245
d [m]	0,260	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,253
$h_{c,eff}$ [m]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
$\rho$ [-]	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
$s_{r,max}$ [m]	0,265	0,299	0,333	0,367	0,401	0,435	0,469	0,520
$\sigma_s$ [Mpa]	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [-]	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029
<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0,076</b>	<b>0,086</b>	<b>0,096</b>	<b>0,106</b>	<b>0,115</b>	<b>0,125</b>	<b>0,135</b>	<b>0,150</b>



Pokud zachováme plochu výztuže, tedy stejný stupeň vyztužení a zvětšujeme profil výztuže, zvětšuje se i šířka trhlin.



## Vliv profilu výztuže na šířku raných trhlin při stejné rozteči prutů

Uvažované hodnoty pro výpočet:

$h = 0,3 \text{ m}$	$k_c = 1,0$
$c = 0,035 \text{ m}$	$k_t = 0,4$
$x = 0 \text{ mm}$	$k_l = 0,8$
$s = 0,1 \text{ m}$	$k_2 = 1,0$
	$k_3 = 2,72$
	$k_4 = 0,425$

### Pro C 16/20

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d$ [m]	0,260	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,253
$hc,eff$	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
$\rho_{c,eff}$ [-]	0,008	0,011	0,015	0,020	0,025	0,031	0,038	0,049
$s_{r,max}$ [m]	0,53	0,46	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
$\sigma_s$ [MPa]	181,44	126,00	92,57	70,87	56,00	45,36	37,49	29,03
$(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ [-]	0,00065	0,00045	0,00033	0,00025	0,00019	0,00015	0,00012	0,00009
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,34</b>	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>

### Pro C 20/25

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d$ [m]	0,260	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,253
$hc,eff$	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
$\rho_{c,eff}$ [-]	0,008	0,011	0,015	0,020	0,025	0,031	0,038	0,049
$s_{r,max}$ [m]	0,53	0,46	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
$\sigma_s$ [MPa]	210,08	145,89	107,19	82,06	64,84	52,52	43,41	33,61
$(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ [-]	0,00076	0,00052	0,00038	0,00029	0,00022	0,00018	0,00014	0,00011
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,40</b>	<b>0,24</b>	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>

**Pro C 25/30**

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
d [m]	0,260	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,253
hc,eff	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
$\rho_{c,eff}$ [-]	0,008	0,011	0,015	0,020	0,025	0,031	0,038	0,049
$s_{r,max}$ [m]	0,53	0,46	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
$\sigma_s$ [MPa]	248,28	172,42	126,67	96,99	76,63	62,07	51,30	39,73
$(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ [-]	0,00089	0,00062	0,00045	0,00034	0,00026	0,00021	0,00017	0,00013
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,47</b>	<b>0,28</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>

**Pro C 30/37**

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
d [m]	0,260	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,253
hc,eff	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
$\rho_{c,eff}$ [-]	0,008	0,011	0,015	0,020	0,025	0,031	0,038	0,049
$s_{r,max}$ [m]	0,53	0,46	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
$\sigma_s$ [MPa]	276,93	192,31	141,29	108,18	85,47	69,23	57,22	44,31
$(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ [-]	0,00100	0,00069	0,00050	0,00038	0,00030	0,00024	0,00019	0,00014
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,53</b>	<b>0,31</b>	<b>0,20</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>

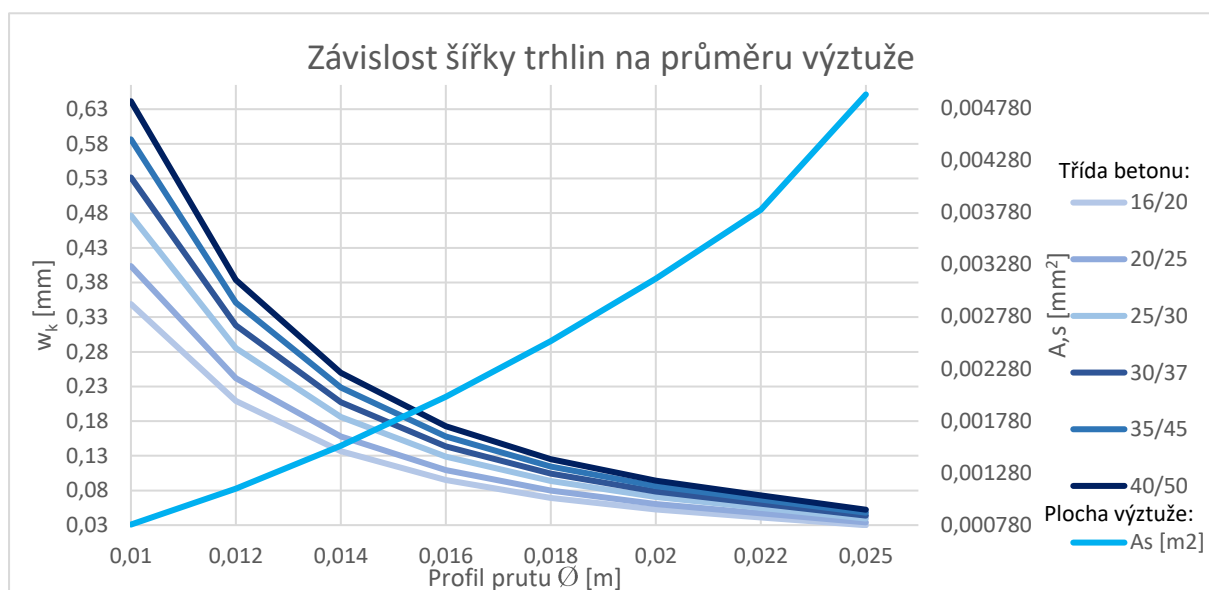
**Pro C 35/45**

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
d [m]	0,260	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,253
hc,eff	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
$\rho_{c,eff}$ [-]	0,008	0,011	0,015	0,020	0,025	0,031	0,038	0,049
$s_{r,max}$ [m]	0,53	0,46	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
$\sigma_s$ [MPa]	305,58	212,21	155,91	119,37	94,31	76,39	63,14	48,89
$(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ [-]	0,00110	0,00076	0,00055	0,00042	0,00033	0,00026	0,00021	0,00016
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,58</b>	<b>0,35</b>	<b>0,22</b>	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>



## Pro C 40/50

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
d [m]	0,260	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,253
$h_{c,eff}$	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
$\rho_{c,eff}$ [-]	0,008	0,011	0,015	0,020	0,025	0,031	0,038	0,049
$s_{r,max}$ [m]	0,53	0,46	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
$\sigma_s$ [MPa]	334,23	232,10	170,52	130,56	103,16	83,56	69,05	53,48
$(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$ [-]	0,00121	0,00083	0,00061	0,00046	0,00036	0,00029	0,00023	0,00018
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,64</b>	<b>0,38</b>	<b>0,24</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>



Z grafu můžeme vidět, že s rostoucí plochou výztuže se zmenšuje šířka trhlin. Zhruba od průměru výztuže 22 mm se již nijak zásadně šířka trhlin nemění.



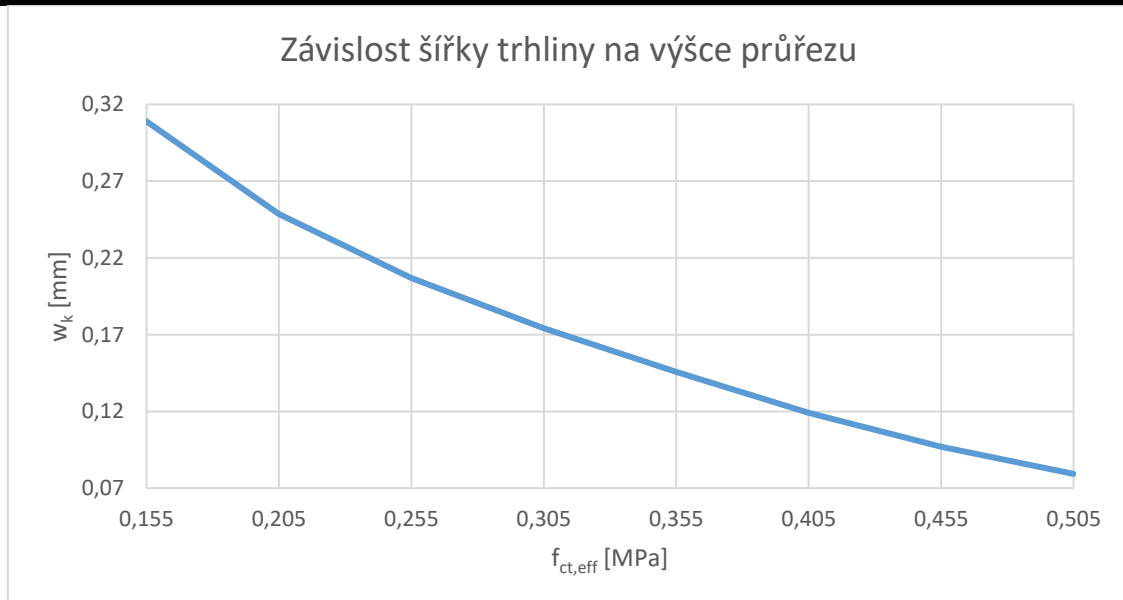
## 2.2 Vliv parametrů na šířku trhlin od přímého zatížení

### Vliv výšky průřezu na šířku trhlin od zatížení

Uvažované hodnoty pro výpočet:

Beton C 20/25	$k_c = 1,0$
$m_{E,k} = 100 \text{ kNm}$	$k_t = 0,4$
$c = 0,035 \text{ m}$	$k_l = 0,8$
$A_{s1,2} = 0,002 \text{ m}^2$	$k_2 = 0,5$
$d_{1,2} = 0,045 \text{ m}^2$	$k_3 = 2,72$
$\varnothing = 0,02 \text{ m}$	$k_4 = 0,425$

h [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
d [m]	0,155	0,205	0,255	0,305	0,355	0,405	0,455	0,505
$x_{ir}$ [m]	0,052	0,060	0,068	0,075	0,082	0,088	0,094	0,100
$h_{ceff}$ [m]	0,049	0,063	0,077	0,092	0,106	0,113	0,113	0,113
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000194	0,000365	0,000593	0,000881	0,001228	0,001635	0,002103	0,002631
$\sigma_s$ [MPa]	367,22	273,73	217,39	180,02	153,50	133,74	118,45	106,28
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,31</b>	<b>0,25</b>	<b>0,21</b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>



Z grafu vidíme, že pokud zachováme plochu a průměr výztuže a měníme výšku průřezu, šířka trhlin se zmenšuje.



## Vliv třídy betonu na šířku trhlin od zatížení

Uvažované hodnoty pro výpočet:

$$m_{E,k} = 100 \text{ kNm}$$

$$k_c = 1,0$$

$$c = 0,035 \text{ m}$$

$$k_t = 0,4$$

$$h = 0,3 \text{ m}$$

$$k_l = 0,8$$

$$A_{s1,2} = 0,002 \text{ m}^2$$

$$k_2 = 0,5$$

$$d = 0,257 \text{ m}$$

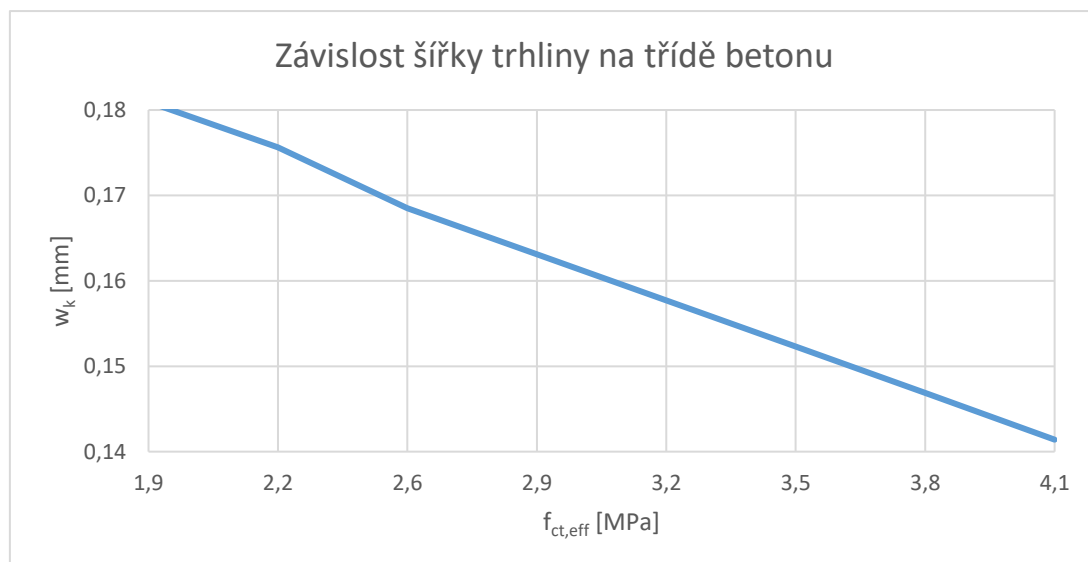
$$k_3 = 2,72$$

$$d_{1,2} = 0,043 \text{ m}$$

$$k_4 = 0,425$$

$$\emptyset = 0,016 \text{ m}$$

Beton	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 44/55	C 50/60
$f_{ctm}$ [MPa]	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
$E_{cm}$ [MPa]	27500	29000	31000	32000	33500	35000	36000	37000
$\alpha_e$ [-]	7,27	6,90	6,45	6,25	5,97	5,71	5,56	5,41
$x_{ir}$ [m]	0,069	0,068	0,066	0,066	0,065	0,064	0,063	0,062
$h_{ceff}$ [m]	0,077	0,077	0,078	0,078	0,078	0,079	0,079	0,079
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000632	0,000605	0,000572	0,000557	0,000537	0,000517	0,000505	0,000494
$\sigma_s$ [MPa]	215,98	215,49	214,87	214,57	214,15	213,75	213,50	213,25
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,17</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>



Z grafu je patrné, že pokud při stejné ploše výztuže prvku o stejné výšce měníme pevnostní třídu betonu, pak se šířka trhlin zmenšuje pouze nepatrně.



## Vliv velikosti profilu výztuže na šířku trhlin od zatížení při stejné ploše výztuže

Uvažované hodnoty pro výpočet:

Beton C 20/25

$k_c = 1,0$

$m_{E,k} = 100 \text{ kNm}$

$k_t = 0,4$

$c = 0,035 \text{ m}$

$k_l = 0,8$

$h = 0,3 \text{ m}$

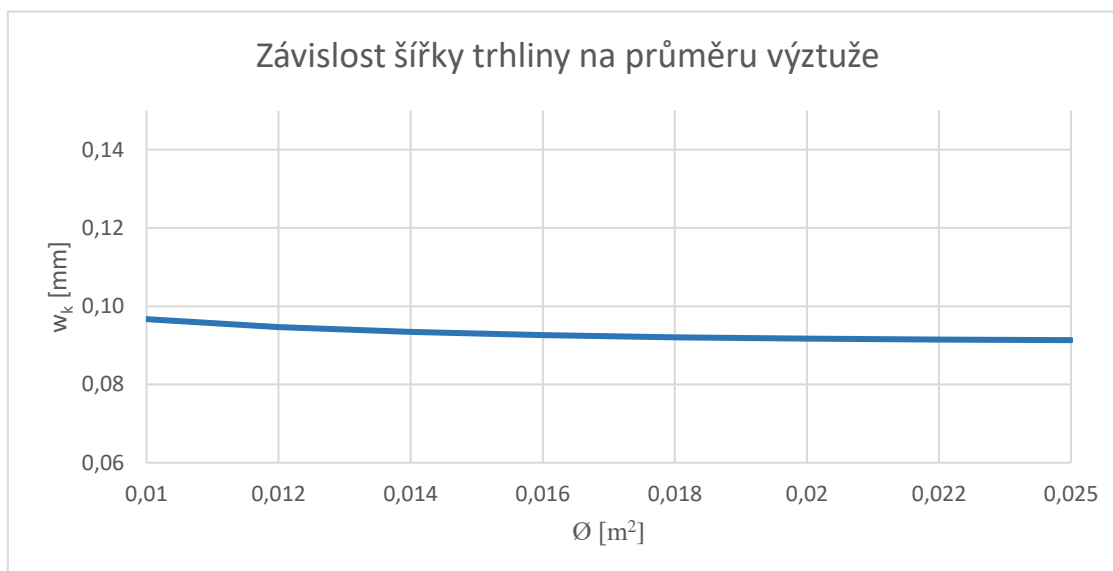
$k_2 = 1,0$

$A_{s1,2} = 0,002 \text{ m}^2$

$k_3 = 2,72$

$k_4 = 0,425$

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
s [m]	0,039	0,057	0,077	0,101	0,127	0,157	0,190	0,245
$d_{1,2}$ [m]	0,04	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046	0,0475
d [m]	0,26	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,2525
$x_{ir}$ [m]	0,016	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	0,004	0,003
$h_{ceff}$ [m]	0,095	0,096	0,097	0,098	0,098	0,099	0,099	0,099
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000801	0,000827	0,000842	0,000851	0,000855	0,000857	0,000857	0,000854
$\sigma_s$ [MPa]	202,96	199,52	197,45	196,21	195,48	195,08	194,91	194,91
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>



Z grafu je zřejmé, že pokud zachováme stejnou plochu výztuže a budeme zvětšovat průměr výztuže, šířka trhlin se téměř nemění.



## Vliv velikosti profilu výztuže na šířku trhlin od zatížení při stejné rozteči prutů

Uvažované hodnoty pro výpočet:

$$m_{E,k} = 100 \text{ kNm}$$

$$k_c = 1,0$$

$$h = 0,3 \text{ m}$$

$$k_t = 0,4$$

$$c = 0,035 \text{ m}$$

$$k_l = 0,8$$

$$s = 0,1 \text{ m}$$

$$k_2 = 1,0$$

$$k_3 = 2,72$$

$$k_4 = 0,425$$

### Pro C 16/20

Ø [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d_{1,2}$ [m]	0,04	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046	0,0475
d [m]	0,26	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,2525
$x_{ir}$ [m]	0,047	0,055	0,062	0,068	0,074	0,080	0,085	0,091
$h_{ceff}$ [m]	0,084	0,082	0,079	0,077	0,075	0,073	0,072	0,070
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000281	0,000381	0,000491	0,000608	0,00073	0,000857	0,000988	0,001189
$\sigma_s$ [MPa]	522,84	369,30	275,74	214,40	171,91	141,23	118,32	93,43
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,60</b>	<b>0,37</b>	<b>0,25</b>	<b>0,18</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>

### Pro C 20/25

Ø [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d_{1,2}$ [m]	0,04	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046	0,0475
d [m]	0,26	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,2525
$x_{ir}$ [m]	0,047	0,054	0,061	0,067	0,073	0,079	0,084	0,091
$h_{ceff}$ [m]	0,084	0,082	0,080	0,078	0,076	0,074	0,072	0,070
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000272	0,00037	0,000477	0,000591	0,00071	0,000834	0,000961	0,001157
$\sigma_s$ [MPa]	522,23	368,82	275,36	214,08	171,65	141,01	118,13	93,28
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,59</b>	<b>0,36</b>	<b>0,24</b>	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>



**Pro C 25/30**

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d_{1,2}$ [m]	0,04	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046	0,0475
$d$ [m]	0,26	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,2525
$x_{ir}$ [m]	0,046	0,053	0,060	0,067	0,072	0,078	0,083	0,090
$h_{ceff}$ [m]	0,085	0,082	0,080	0,078	0,076	0,074	0,072	0,070
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000265	0,00036	0,000464	0,000575	0,000691	0,000812	0,000936	0,001128
$\sigma_s$ [MPa]	521,65	368,37	274,99	213,78	171,40	140,80	117,95	93,13
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,56</b>	<b>0,35</b>	<b>0,23</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>

**Pro C 30/37**

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d_{1,2}$ [m]	0,04	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046	0,0475
$d$ [m]	0,26	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,2525
$x_{ir}$ [m]	0,045	0,052	0,059	0,065	0,071	0,076	0,081	0,088
$h_{ceff}$ [m]	0,085	0,083	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,071
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000251	0,000341	0,00044	0,000546	0,000657	0,000772	0,00089	0,001073
$\sigma_s$ [MPa]	520,57	367,51	274,30	213,21	170,92	140,39	117,60	92,86
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,54</b>	<b>0,34</b>	<b>0,23</b>	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>

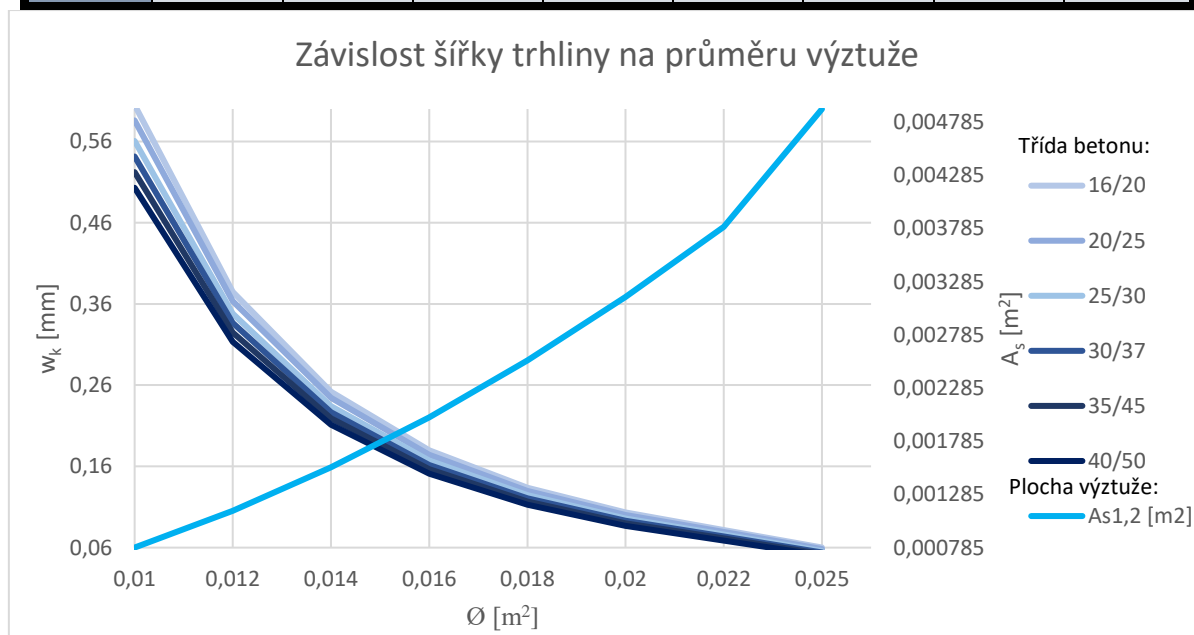
**Pro C 35/45**

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d_{1,2}$ [m]	0,04	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046	0,0475
$d$ [m]	0,26	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,2525
$x_{ir}$ [m]	0,044	0,051	0,058	0,064	0,070	0,075	0,080	0,087
$h_{ceff}$ [m]	0,085	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075	0,073	0,071
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000244	0,000333	0,000429	0,000532	0,000641	0,000753	0,000869	0,001048
$\sigma_s$ [MPa]	520,06	367,10	273,97	212,93	170,69	140,20	117,44	92,72
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,52</b>	<b>0,32</b>	<b>0,22</b>	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>



## Pro C 40/50

$\emptyset$ [m]	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022	0,025
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000785	0,001131	0,001539	0,002011	0,002545	0,003142	0,003801	0,004909
$d_{1,2}$ [m]	0,04	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,046	0,0475
$d$ [m]	0,26	0,259	0,258	0,257	0,256	0,255	0,254	0,2525
$x_{ir}$ [m]	0,044	0,051	0,057	0,064	0,069	0,075	0,080	0,087
$h_{ceff}$ [m]	0,085	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075	0,073	0,071
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000238	0,000324	0,000419	0,00052	0,000625	0,000736	0,000849	0,001024
$\sigma_s$ [MPa]	519,57	366,71	273,65	212,67	170,47	140,01	117,28	92,59
<b><math>w_k</math> [mm]</b>	<b>0,50</b>	<b>0,31</b>	<b>0,21</b>	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>



Z grafu můžeme vidět, že s rostoucí plochou výztuže se zmenšuje šířka trhlin a že vliv pevnosti betonu je poměrně malý.

### 2.3 Závěr

Z uvedených grafů je možné vidět změny, které v konstrukci (prvku) nastávají, pokud měníme některé parametry. Také když se podíváme na výsledky grafů pro rané trhliny a trhliny od přímého zatížení, můžeme vidět rozdíl. Například čím vyšší je třída betonu, tím větší šířka mají trhliny v raném stádiu a od přímého zatížení se naopak šířka trhlin zmenšuje. Další rozdíl je také vidět, pokud ponecháme stejnou plochu výztuže a budeme měnit průměr prutů. U trhlin v raném stádiu se se zvětšujícím průměrem (tím pádem zvětšujícím se roztečí prutů) šířka trhliny zvětšuje, kdežto u trhlin od přímého zatížení se šířka trhlin prakticky nemění.



### 3 Suterénní konstrukce objektu administrativní budovy

V této kapitole je řešen vhodný návrh stěny podzemního podlaží objektu administrativní budovy radnice z hlediska financí a podmínek okolního prostředí. Je zde srovnání konstrukce černé vany, bílé vany a železobetonové monolitické konstrukce s hydroizolací ve formě přísady (dále Xypex).

Pro konstrukce podzemního podlaží je uvažován stupeň prostředí XC2. Pro stupně prostředí existuje tabulka dle [1] s doporučenými hodnotami pro maximální šířku trhlin.

Tab. 7: Doporučené hodnoty  $w_{max}$  (mm) [1]

Stupeň vlivu prostředí	Železobetonové prvky a prvky předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazi-stálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4 <sup>1)</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 <sup>2)</sup>
XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3		Dekomprese
<sup>1)</sup> Pro stupně vlivu prostředí X0, XC1 nemá šířka trhliny vliv na trvanlivost a uvedená hodnota má vést k obecně přijatelnému vzhledu. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, lze uvedenou hodnotu zvětšit.		
<sup>2)</sup> Pro tyto stupně vlivu prostředí má být kromě toho posouzena dekomprese při kvazi-stálé kombinaci zatížení.		

Dle tabulky by v tomto případě měla být maximální šířka trhlin rovna 0,3 mm. Pro konstrukci černé vany zde bude uvažována maximální šířka trhlin 0,4 mm za předpokladu, že povlaková hydroizolace bude provedena bezchybně a šířka trhlin může být teoreticky větší ale ne příliš, kvůli tažnosti povlakových hydroizolací. Pro konstrukci s přísadou Xypex je uvažována maximální šířka trhliny 0,35 mm, jelikož výrobce udává, že se utěsní trhliny do šířky 0,4 mm, doporučeno je však navrhovat na 0,3-0,35 mm. Návrh bílé vany je uvažován dle [4] a maximální šířka trhlin je tak uvažována 0,25 mm (podrobněji viz. část práce – Statický výpočet).

Pro konstrukci je použit beton C 25/30, jelikož dle EN 206 [3] je minimální třída betonu pro stupeň prostředí XC2 uvedena právě tato a také je možné ho použít pro konstrukci bílé vany. Dále je uvažován průměr prutu pro všechny případy 12 mm.

Stěna je tedy navrhována ve všech variantách řešení pro různé tloušťky stěny na danou maximální šířku trhliny, poté je naceněn beton a výztuž pro jednotlivé tloušťky stěny, a nakonec jsou přičteny ceny dalších potřebných materiálů.



### 3.1 Vodorovná výztuž

Cena betonu je dle ceníku [10] společnosti Českomoravský beton a.s. nejbližší betonárny k místu stavby. Cena 1 m<sup>3</sup> betonu C 25/30, druh cementu CEM II/B-S 32,5R, je 2 379 Kč. Pro výztuž je uvažována cena 25 Kč/ kg a vázaní výztuže 8 Kč/ kg. Uvažovány jsou pruty dlouhé 1 metr a jejich váha byla zjištěna na webových stránkách [11] Kondor s.r.o. a váha prutu o průměru 12 mm je 0,89 kg/ m.

#### 3.1.1 Černá vana

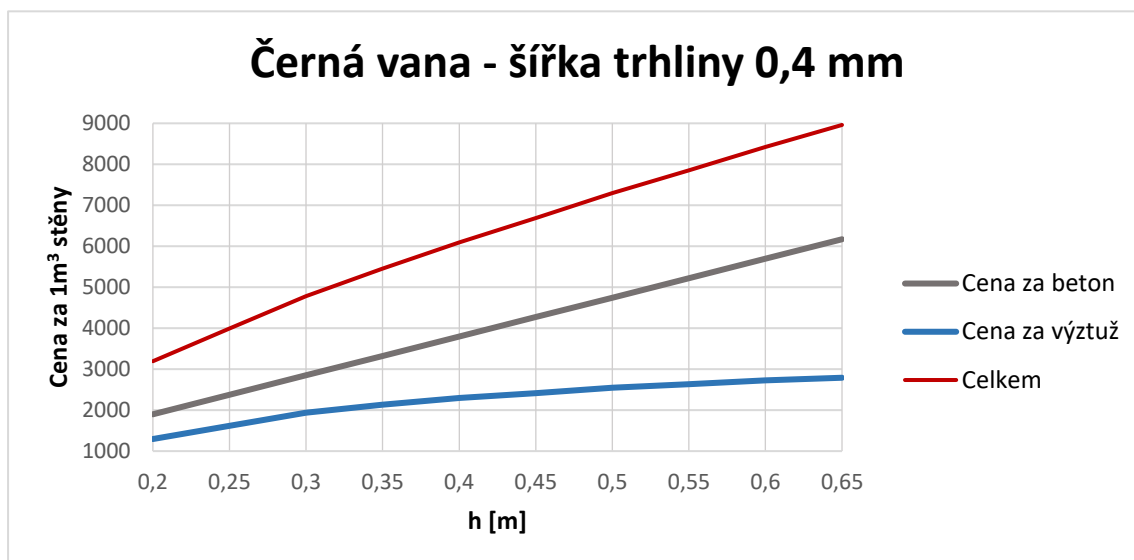
Šířka trhliny v mm:

<b>h [m]</b>	<b>0,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>	<b>0,5</b>
<b>b [m]</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>h<sub>cr</sub> [m]</b>	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
<b>c [m]</b>	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
<b>Ø [m]</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>
<b>f<sub>ct,eff</sub> [MPa]</b>	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
<b>α<sub>e</sub> [-]</b>	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
<b>k [-]</b>	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
<b>k<sub>c</sub> [-]</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>k<sub>1</sub> [-]</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>k<sub>2</sub> [-]</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>k<sub>3</sub> [-]</b>	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
<b>k<sub>4</sub> [-]</b>	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
<b>k<sub>t</sub> [-]</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>A<sub>ct</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
<b>d [m]</b>	0,159	0,209	0,259	0,309	0,359	0,409	0,459
<b>s [m]</b>	<b>0,181</b>	<b>0,145</b>	<b>0,121</b>	<b>0,110</b>	<b>0,102</b>	<b>0,097</b>	<b>0,092</b>
<b>A<sub>s</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	0,000625	0,000780	0,000935	0,001028	0,001109	0,001166	0,001229
<b>x [m]</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>h<sub>c,eff</sub> [m]</b>	0,067	0,083	0,100	0,103	0,103	0,103	0,103
<b>A<sub>c,eff</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	0,067	0,083	0,100	0,103	0,103	0,103	0,103
<b>ρ<sub>p,eff</sub> [-]</b>	0,009	0,009	0,009	0,010	0,011	0,011	0,012
<b>σ<sub>s</sub> [MPa]</b>	208,1	208,3	208,6	213,5	218,1	224,5	227,4
<b>s<sub>r,max</sub> [m]</b>	0,530	0,531	0,532	0,502	0,472	0,454	0,435
<b>(ε<sub>sm</sub>-ε<sub>cm</sub>)</b>	0,000746	0,000747	0,000748	0,000792	0,000833	0,000877	0,000903
<b>podmínka</b>	0,000746	0,000747	0,000748	0,000792	0,000833	0,000877	0,000903
<b>wk [mm]</b>	<b>0,396</b>	<b>0,397</b>	<b>0,398</b>	<b>0,397</b>	<b>0,394</b>	<b>0,398</b>	<b>0,393</b>



Ceny za materiál v Kč:

<b>výška stěny:</b>	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
<b>betonu [m<sup>3</sup>]:</b>	0,798	0,9975	1,197	1,3965	1,596	1,7955	1,995
<b>cena za m<sup>3</sup>:</b>	2379	2379	2379	2379	2379	2379	2379
<b>cena za beton:</b>	<b>1898,442</b>	<b>2373,0525</b>	<b>2847,663</b>	<b>3322,2735</b>	<b>3796,884</b>	<b>4271,4945</b>	<b>4746,105</b>
<b>počet prutů:</b>	44	55	66	73	78	82	87
<b>cena za kg:</b>	25	25	25	25	25	25	25
<b>váha kg/m:</b>	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
<b>cena za metry:</b>	980,97	1224,52	1467,40	1614,14	1740,74	1830,46	1929,95
<b>cena vázání:</b>	313,91	391,85	469,57	516,52	557,04	585,75	617,58
<b>cena za výztuž:</b>	<b>1294,88</b>	<b>1616,36</b>	<b>1936,96</b>	<b>2130,66</b>	<b>2297,77</b>	<b>2416,21</b>	<b>2547,53</b>
<b>CELKEM:</b>	<b>3193,32</b>	<b>3989,42</b>	<b>4784,63</b>	<b>5452,93</b>	<b>6094,65</b>	<b>6687,71</b>	<b>7293,63</b>





### 3.1.2 Vana s hydroizolací v podobě přísady – s Xypexem

Šířka trhliny v mm:

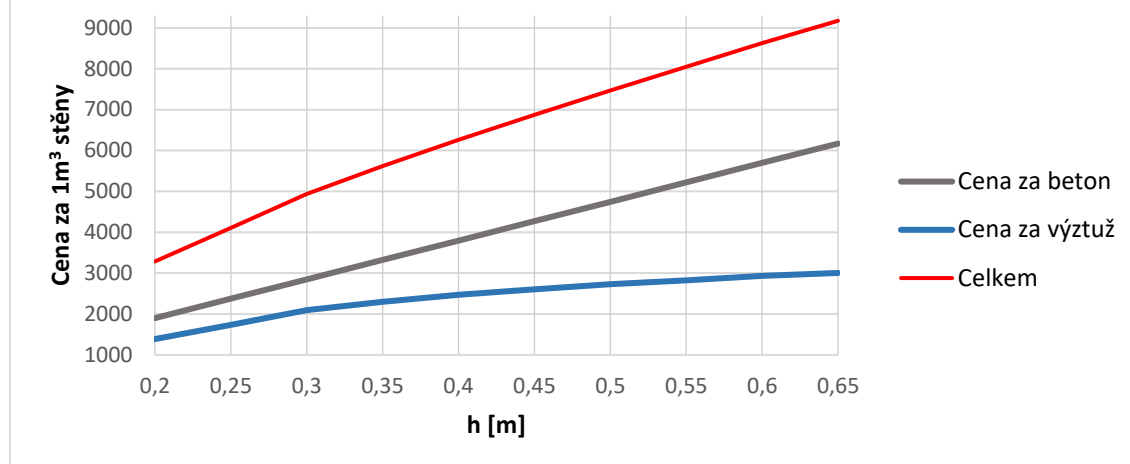
<b>h [m]</b>	<b>0,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>	<b>0,5</b>
<b>b [m]</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>h<sub>cr</sub> [m]</b>	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
<b>c [m]</b>	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
<b>Ø [m]</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>
<b>f<sub>ct,eff</sub> [MPa]</b>	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
<b>α<sub>e</sub> [-]</b>	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
<b>k [-]</b>	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
<b>k<sub>c</sub> [-]</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>k<sub>1</sub> [-]</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>k<sub>2</sub> [-]</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>k<sub>3</sub> [-]</b>	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
<b>k<sub>4</sub> [-]</b>	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
<b>k<sub>t</sub> [-]</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>A<sub>ct</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
<b>d [m]</b>	0,159	0,209	0,259	0,309	0,359	0,409	0,459
<b>s [m]</b>	<b>0,169</b>	<b>0,135</b>	<b>0,112</b>	<b>0,102</b>	<b>0,095</b>	<b>0,090</b>	<b>0,086</b>
<b>A<sub>s</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	0,000669	0,000838	0,00101	0,001109	0,00119	0,001257	0,001315
<b>x [m]</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>h<sub>c,eff</sub> [m]</b>	0,067	0,083	0,100	0,103	0,103	0,103	0,103
<b>A<sub>c,eff</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	0,067	0,083	0,100	0,103	0,103	0,103	0,103
<b>ρ<sub>p,eff</sub> [-]</b>	0,010	0,010	0,010	0,011	0,012	0,012	0,013
<b>σ<sub>s</sub> [MPa]</b>	194,3	194,0	193,1	198,0	203,1	208,3	212,5
<b>s<sub>r,max</sub> [m]</b>	0,502	0,501	0,499	0,472	0,446	0,428	0,413
<b>(ε<sub>sm</sub>-ε<sub>cm</sub>)</b>	0,000696	0,000694	0,000691	0,000733	0,000775	0,000813	0,000843
<b>podmínka</b>	0,000696	0,000694	0,000691	0,000733	0,000775	0,000813	0,000843
<b>w<sub>k</sub> [mm]</b>	<b>0,349</b>	<b>0,348</b>	<b>0,345</b>	<b>0,346</b>	<b>0,346</b>	<b>0,348</b>	<b>0,348</b>

Ceny za materiál v Kč:

<b>výška stěny:</b>	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
<b>betonu [m<sup>3</sup>]:</b>	0,798	0,9975	1,197	1,3965	1,596	1,7955	1,995
<b>cena za m<sup>3</sup>:</b>	2379	2379	2379	2379	2379	2379	2379
<b>cena za beton:</b>	<b>1898,442</b>	<b>2373,053</b>	<b>2847,663</b>	<b>3322,274</b>	<b>3796,884</b>	<b>4271,495</b>	<b>4746,105</b>
<b>počet prutů:</b>	47	59	71	78	84	89	93
<b>cena za kg:</b>	25	25	25	25	25	25	25
<b>váha kg/m:</b>	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
<b>cena za metry:</b>	1050,62	1315,22	1585,31	1740,74	1869,00	1972,83	2064,59
<b>cena vázání:</b>	336,20	420,87	507,30	557,04	598,08	631,31	660,67
<b>cena za výztuž:</b>	<b>1386,82</b>	<b>1736,09</b>	<b>2092,61</b>	<b>2297,77</b>	<b>2467,08</b>	<b>2604,14</b>	<b>2725,26</b>
<b>CELKEM:</b>	<b>3285,26</b>	<b>4109,15</b>	<b>4940,28</b>	<b>5620,04</b>	<b>6263,96</b>	<b>6875,63</b>	<b>7471,37</b>



## Vana s krystalizační přísadou - šířka trhliny 0,35 mm



### 3.1.3 Bílá vana

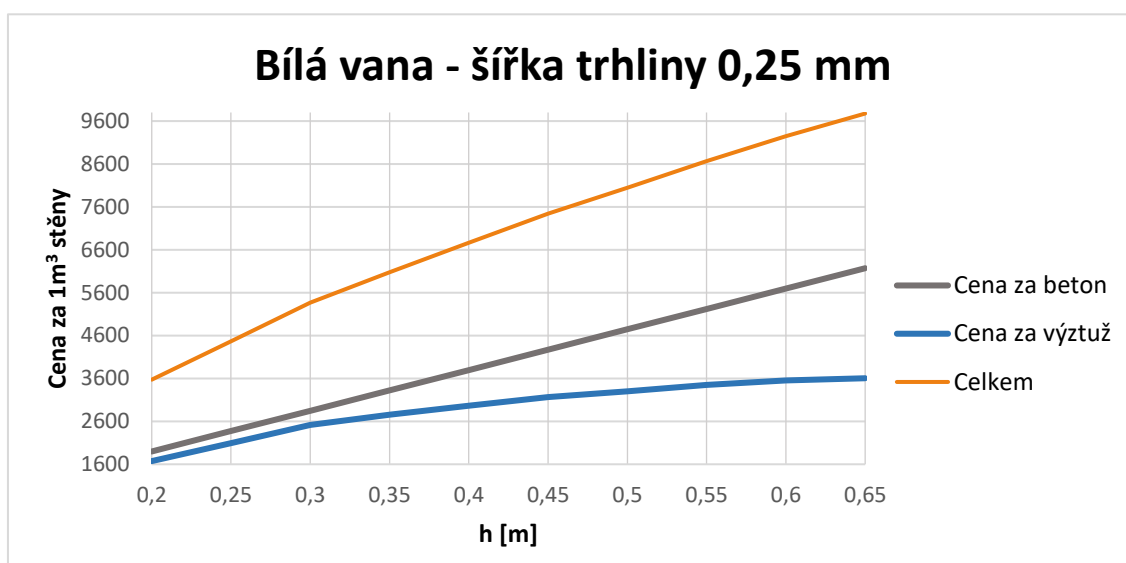
Šířka trhliny v mm:

h [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
b [m]	1	1	1	1	1	1	1
h <sub>cr</sub> [m]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
c [m]	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Ø [m]	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>
f <sub>ct,eff</sub> [MPa]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
α <sub>e</sub> [-]	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
k [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
k <sub>c</sub> [-]	1	1	1	1	1	1	1
k <sub>1</sub> [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
k <sub>2</sub> [-]	1	1	1	1	1	1	1
k <sub>3</sub> [-]	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
k <sub>4</sub> [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
k <sub>t</sub> [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
A <sub>ct</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
d [m]	0,159	0,209	0,259	0,309	0,359	0,409	0,459
s [m]	<b>0,140</b>	<b>0,112</b>	<b>0,093</b>	<b>0,085</b>	<b>0,079</b>	<b>0,074</b>	<b>0,071</b>
A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,000808	0,00101	0,001216	0,001331	0,001432	0,001528	0,001593
x [m]	0	0	0	0	0	0	0
h <sub>c,eff</sub> [m]	0,067	0,083	0,100	0,103	0,103	0,103	0,103
A <sub>c,eff</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,067	0,083	0,100	0,103	0,103	0,103	0,103
ρ <sub>p,eff</sub> [-]	0,012	0,012	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016
σ <sub>s</sub> [MPa]	160,9	160,9	160,3	165,0	168,9	171,3	175,5
s <sub>r,max</sub> [m]	0,432	0,432	0,431	0,409	0,387	0,369	0,358
(ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> )	0,000573	0,000573	0,000571	0,000608	0,000642	0,000665	0,000693
podmínka	0,000573	0,000573	0,000571	0,000608	0,000642	0,000665	0,000693
w <sub>k</sub> [mm]	<b>0,248</b>	<b>0,248</b>	<b>0,246</b>	<b>0,249</b>	<b>0,248</b>	<b>0,245</b>	<b>0,248</b>

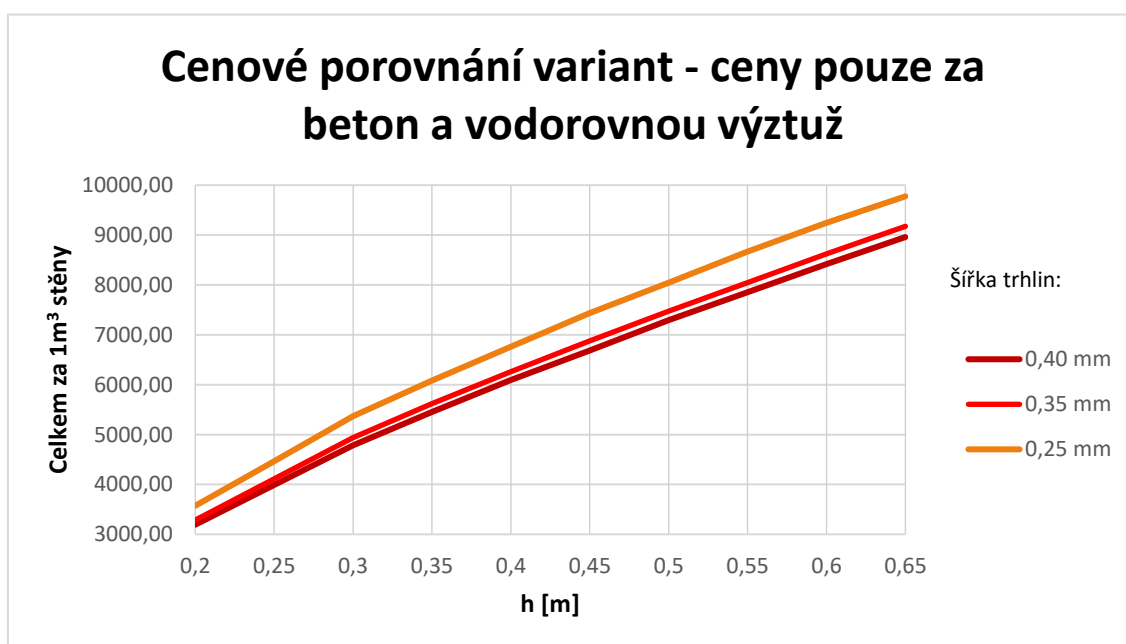


Ceny za materiál v Kč:

<b>výška stěny:</b>	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
<b>betonu [m<sup>3</sup>]:</b>	0,798	0,9975	1,197	1,3965	1,596	1,7955	1,995
<b>cena za m<sup>3</sup>:</b>	2379	2379	2379	2379	2379	2379	2379
<b>cena za beton:</b>	<b>1898,442</b>	<b>2373,053</b>	<b>2847,663</b>	<b>3322,274</b>	<b>3796,884</b>	<b>4271,495</b>	<b>4746,105</b>
<b>počet prutů:</b>	57	71	86	94	101	108	112
<b>cena za kg:</b>	25	25	25	25	25	25	25
<b>váha kg/m:</b>	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
<b>cena za metry:</b>	1268,25	1585,31	1909,19	2088,88	2247,53	2399,39	2500,77
<b>cena vázání:</b>	405,84	507,30	610,94	668,44	719,21	767,81	800,25
<b>cena za výztuž:</b>	<b>1674,09</b>	<b>2092,61</b>	<b>2520,14</b>	<b>2757,32</b>	<b>2966,74</b>	<b>3167,20</b>	<b>3301,02</b>
<b>CELKEM:</b>	<b>3572,53</b>	<b>4465,67</b>	<b>5367,80</b>	<b>6079,60</b>	<b>6763,63</b>	<b>7438,69</b>	<b>8047,13</b>



### 3.1.4 Porovnání







### 3.2 Svislá výztuž

Cena betonu je dle ceníku [10] společnosti Českomoravský beton a.s. nejbližší betonárny k místu stavby. Cena 1 m<sup>3</sup> betonu C 25/30, druh cementu CEM II/B-S 32,5R, je 2 379 Kč. Pro výztuž je uvažována cena 25 Kč/ kg a vázaní výztuže 8 Kč/ kg. Uvažovány jsou pruty dlouhé 6 metrů a jejich váha byla zjištěna na webových stránkách [11] Kondor s.r.o. a váha prutu o průměru 12 mm je 0,89 kg/ m. Moment je uvažován 45,53 kNm (**viz. část práce – Statický výpočet**).

#### 3.2.1 Černá vana

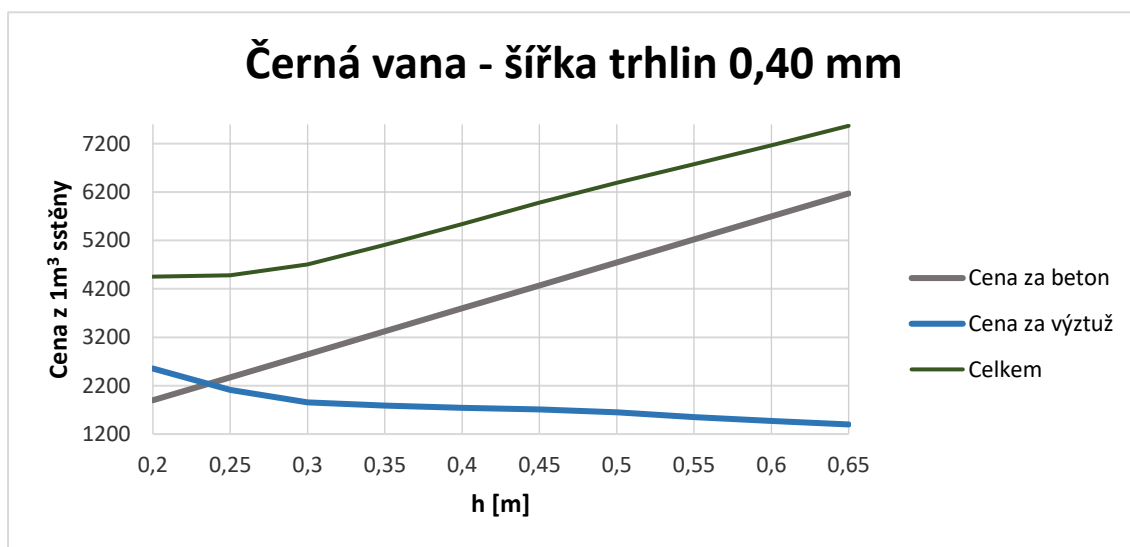
Šířka trhliny v mm:

$m_{E,k}$ [kNm]	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53
$h$ [m]	<b>0,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>	<b>0,5</b>
$b$ [m]	1	1	1	1	1	1	1
$h_{cr}$ [m]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$c$ [m]	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
$\emptyset$ [m]	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
$\alpha_e$ [-]	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
$k$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$k_c$ [-]	1	1	1	1	1	1	1
$k_1$ [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$k_2$ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$k_3$ [-]	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
$k_4$ [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
$k_t$ [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$d$ [m]	0,143	0,193	0,243	0,293	0,343	0,393	0,443
$s$ [m]	<b>0,138</b>	<b>0,167</b>	<b>0,190</b>	<b>0,197</b>	<b>0,202</b>	<b>0,206</b>	<b>0,214</b>
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000820	0,000677	0,000595	0,000574	0,000560	0,000549	0,000528
$d_{1,2}$ [m]	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
$x_{ir}$ [m]	0,036252	0,038548	0,040732	0,043901	0,046911	0,049750	0,051924
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000078	0,000125	0,000181	0,000259	0,000351	0,000459	0,000568
$h_{c,eff}$ [m]	0,055	0,070	0,086	0,102	0,118	0,133	0,143
$A_{c,eff}$ [m <sup>2</sup> ]	0,055	0,070	0,086	0,102	0,118	0,133	0,143
$\rho_{p,eff}$ [-]	0,015	0,010	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004
$\sigma_s$ [MPa]	401721,5	364176,2	329163,9	282987,5	247508,4	219893,3	202171,4
podmínka	325746,8	249226,3	197498,3	169792,5	148505,0	131936,0	121302,8
$w_k$ [mm]	<b>0,397</b>	<b>0,399</b>	<b>0,399</b>	<b>0,399</b>	<b>0,398</b>	<b>0,398</b>	<b>0,399</b>



Ceny za materiál v Kč:

<b>výška stěny:</b>	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
<b>betonu [m<sup>3</sup>]:</b>	0,798	0,9975	1,197	1,3965	1,596	1,7955	1,995
<b>cena za m<sup>3</sup>:</b>	2379	2379	2379	2379	2379	2379	2379
<b>cena za beton:</b>	<b>1898,442</b>	<b>2373,0525</b>	<b>2847,663</b>	<b>3322,2735</b>	<b>3796,884</b>	<b>4271,4945</b>	<b>4746,105</b>
<b>počet prutů:</b>	14	12	11	10	10	10	9
<b>cena za kg:</b>	25	25	25	25	25	25	25
<b>váha kg/m:</b>	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34
<b>cena za metry:</b>	1934,78	1598,80	1405,26	1355,33	1321,78	1296,12	1247,66
<b>cena vázání:</b>	619,13	511,62	449,68	433,71	422,97	414,76	399,25
<b>cena za výztuž:</b>	<b>2553,91</b>	<b>2110,42</b>	<b>1854,95</b>	<b>1789,04</b>	<b>1744,75</b>	<b>1710,87</b>	<b>1646,92</b>
<b>CELKEM:</b>	<b>4452,36</b>	<b>4483,47</b>	<b>4702,61</b>	<b>5111,31</b>	<b>5541,64</b>	<b>5982,37</b>	<b>6393,02</b>





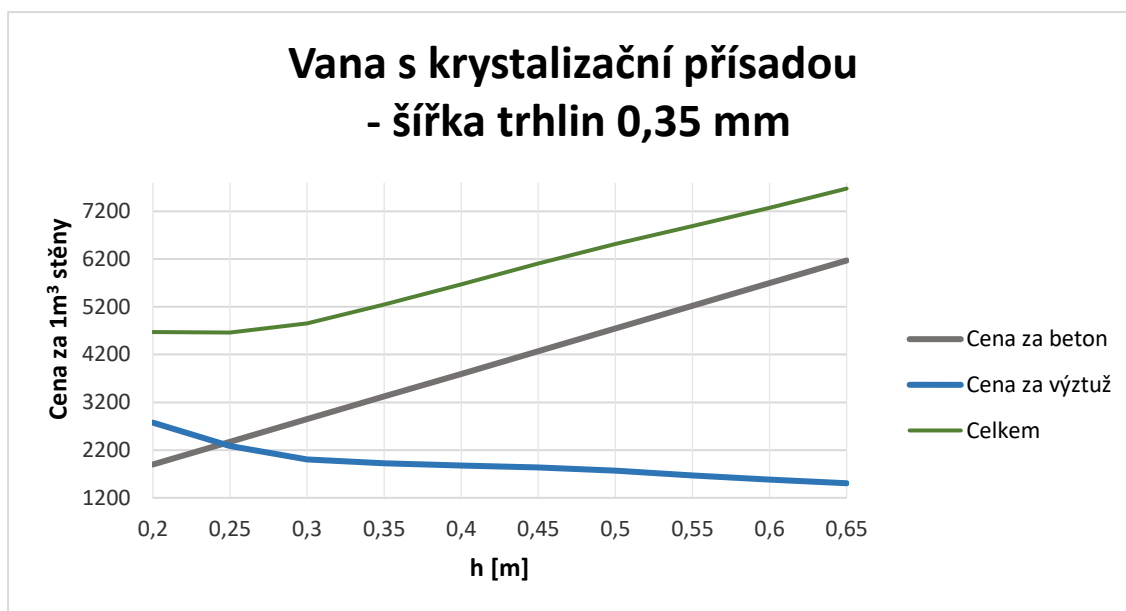
### 3.2.2 Vana s hydroizolací v podobě přísady – s Xypexem

Šířka trhliny v mm:

$m_{E,k}$ [kNm]	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53
$h$ [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
$b$ [m]	1	1	1	1	1	1	1
$h_{cr}$ [m]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$c$ [m]	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
$\emptyset$ [m]	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
$\alpha_e$ [-]	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
$k$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$k_c$ [-]	1	1	1	1	1	1	1
$k_1$ [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$k_2$ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$k_3$ [-]	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
$k_4$ [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
$k_t$ [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$d$ [m]	0,143	0,193	0,243	0,293	0,343	0,393	0,443
$s$ [m]	0,127	0,154	0,176	0,183	0,188	0,192	0,199
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,000891	0,000734	0,000643	0,000618	0,000602	0,000589	0,000568
$d_{1,2}$ [m]	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
$x_{ir}$ [m]	0,037452	0,039856	0,042078	0,045319	0,048406	0,051318	0,053631
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000083	0,000133	0,000193	0,000276	0,000375	0,000489	0,000607
$h_{c,eff}$ [m]	0,054	0,070	0,086	0,102	0,117	0,133	0,143
$A_{c,eff}$ [m <sup>2</sup> ]	0,054	0,070	0,086	0,102	0,117	0,133	0,143
$\rho_{p,eff}$ [-]	0,016	0,010	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004
$\sigma_s$ [MPa]	371878,0	337211,6	305834,2	263521,8	230833,4	205321,2	188317,8
podmínka	301891,3	231305,1	183500,5	158113,1	138500,0	123192,7	112990,7
$w_k$ [mm]	0,350	0,350	0,349	0,350	0,350	0,350	0,350

Ceny za materiál v Kč:

výška stěny:	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
betonu [m <sup>3</sup> ]:	0,798	0,9975	1,197	1,3965	1,596	1,7955	1,995
cena za m <sup>3</sup> :	2379	2379	2379	2379	2379	2379	2379
cena za beton:	1898,442	2373,0525	2847,663	3322,2735	3796,884	4271,4945	4746,105
počet prutů:	16	13	11	11	11	10	10
cena za kg:	25	25	25	25	25	25	25
váha kg/6m:	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34
cena za metry:	2102,36	1733,77	1517,05	1459,02	1420,21	1390,63	1341,71
cena vázání:	672,76	554,81	485,45	466,89	454,47	445,00	429,35
cena za výztuž:	2775,12	2288,57	2002,50	1925,90	1874,68	1835,63	1771,06
CELKEM:	4673,56	4661,62	4850,16	5248,18	5671,56	6107,12	6517,16



### 3.2.3 Bílá vana

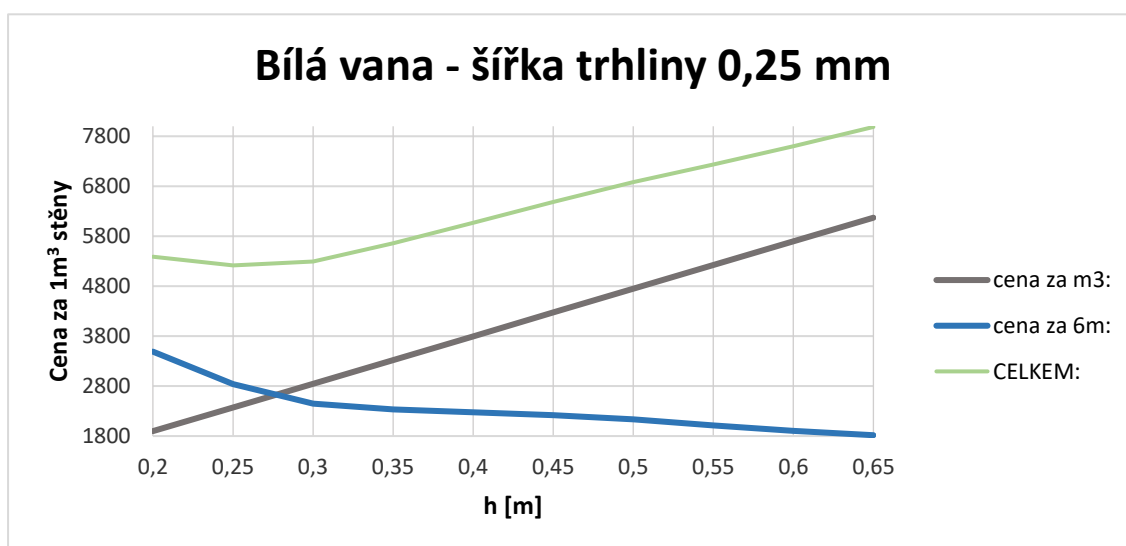
Šířka trhliny v mm:

$m_{E,k}$ [kNm]	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53	45,53
$h$ [m]	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
$b$ [m]	1	1	1	1	1	1	1
$h_{cr}$ [m]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$c$ [m]	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
$\emptyset$ [m]	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
$f_{ct,eff}$ [MPa]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
$\alpha_e$ [-]	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
$k$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
$k_c$ [-]	1	1	1	1	1	1	1
$k_1$ [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$k_2$ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$k_3$ [-]	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
$k_4$ [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
$k_t$ [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$A_{ct}$ [m <sup>2</sup> ]	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
$d$ [m]	0,143	0,193	0,243	0,293	0,343	0,393	0,443
$s$ [m]	0,101	0,124	0,144	0,151	0,155	0,159	0,165
$A_{s1,2}$ [m <sup>2</sup> ]	0,001120	0,000912	0,000785	0,000749	0,000730	0,000711	0,000685
$d_{1,2}$ [m]	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
$x_{ir}$ [m]	0,040891	0,043513	0,045770	0,049193	0,052619	0,055726	0,058254
$I_{ir}$ [m <sup>4</sup> ]	0,000100	0,000160	0,000230	0,000327	0,000446	0,000580	0,000721
$h_{c,eff}$ [m]	0,053	0,069	0,085	0,100	0,116	0,131	0,143
$A_{c,eff}$ [m <sup>2</sup> ]	0,053	0,069	0,085	0,100	0,116	0,131	0,143
$\rho_{p,eff}$ [-]	0,021	0,013	0,009	0,007	0,006	0,005	0,005
$\sigma_s$ [MPa]	300846,9	274680,3	252318,6	218899,7	191429,2	170897,6	156854,7
podmínka	244879,2	189487,9	151391,2	131339,8	114857,5	102538,5	94112,8
$w_k$ [mm]	0,250	0,248	0,248	0,250	0,248	0,249	0,250

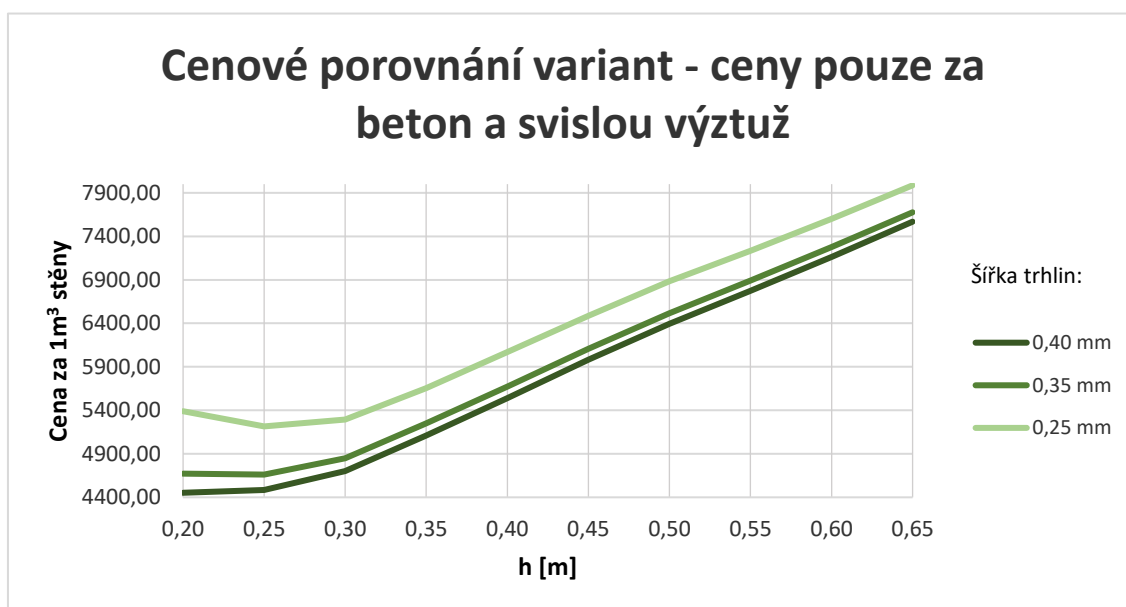


Ceny za materiál v Kč:

<b>výška stěny:</b>	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99
<b>betonu [m<sup>3</sup>]:</b>	0,798	0,9975	1,197	1,3965	1,596	1,7955	1,995
<b>cena za m<sup>3</sup>:</b>	2379	2379	2379	2379	2379	2379	2379
<b>cena za beton:</b>	<b>1898,442</b>	<b>2373,0525</b>	<b>2847,663</b>	<b>3322,2735</b>	<b>3796,884</b>	<b>4271,4945</b>	<b>4746,105</b>
<b>počet prutů:</b>	20	16	14	13	13	13	12
<b>cena za kg:</b>	25	25	25	25	25	25	25
<b>váha kg/6m:</b>	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34
<b>cena za metry:</b>	2643,56	2153,23	1854,17	1768,21	1722,58	1679,25	1618,18
<b>cena vázání:</b>	845,94	689,03	593,33	565,83	551,23	537,36	517,82
<b>cena za výztuž:</b>	<b>3489,50</b>	<b>2842,26</b>	<b>2447,50</b>	<b>2334,04</b>	<b>2273,81</b>	<b>2216,60</b>	<b>2136,00</b>
<b>CELKEM:</b>	<b>5387,95</b>	<b>5215,31</b>	<b>5295,16</b>	<b>5656,31</b>	<b>6070,69</b>	<b>6488,10</b>	<b>6882,11</b>



### 3.2.4 Porovnání





### 3.3 Celkové porovnání cen a výběr řešení

Zde je celkový součet, který udává cenu železobetonové stěny o šířce 1 metr včetně vodorovné i svislé výztuže.

Cena za konstrukci pro černou vanu (0,40 mm) v Kč:

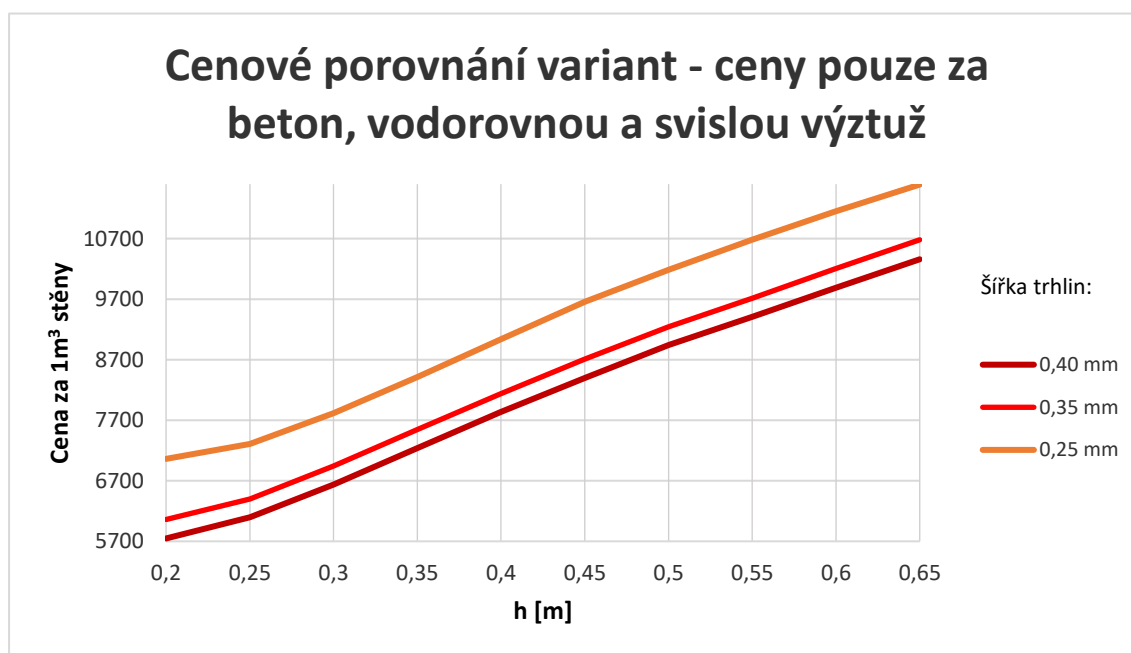
<b>Beton</b>	1898,442	2373,053	2847,663	3322,274	3796,884	4271,495	4746,105
<b>Vodorovná:</b>	1294,88	1616,36	1936,96	2130,66	2297,77	2416,21	2547,53
<b>Svislá</b>	2553,91	2110,42	1854,95	1789,04	1744,75	1710,87	1646,92
<b>SUMA:</b>	5747,231	6099,834	6639,574	7241,969	7839,407	8398,581	8940,549

Cena za konstrukci s krystalizační přísadou Xypex (0,35 mm) v Kč:

<b>Beton</b>	1898,442	2373,053	2847,663	3322,274	3796,884	4271,495	4746,105
<b>Vodorovná:</b>	1386,82	1736,09	2092,61	2297,77	2467,08	2604,14	2725,26
<b>Svislá</b>	2775,12	2288,57	2002,50	1925,90	1874,68	1835,63	1771,06
<b>SUMA:</b>	6060,38	6397,717	6942,776	7545,946	8138,645	8711,26	9242,423

Cena za konstrukci bílé vany (0,25 mm) v Kč:

<b>Beton</b>	1898,442	2373,053	2847,663	3322,274	3796,884	4271,495	4746,105
<b>Vodorovná:</b>	1674,09	2092,61	2520,14	2757,32	2966,74	3167,20	3301,02
<b>Svislá</b>	3489,50	2842,26	2447,50	2334,04	2273,81	2216,60	2136,00
<b>SUMA:</b>	7062,037	7307,923	7815,298	8413,638	9037,432	9655,296	10183,13





Podle srovnání cen v grafu vidíme, že za konstrukci pro bílou vanu, tedy konstrukci navrženou na 0,25 mm je cena vyšší než za další dvě řešení.

Nyní budou k nákladům na beton a výztuž přičteny ještě ceny za další potřebný materiál. V okolí stavby je uvažován nízký radonový index a v suterénu není žádný pobytový prostor, proto budou konstrukce uvažovány bez potřeby protiradonové izolace.

Cena bílé vany je konečná, jelikož vodonepropustnost zajišťuje sama konstrukce. K variantě vany s hydroizolací ve formě krystalizační přísady bude přičtena cena za přísadu Xypex Admix C-1000 NF. Výrobce udává, že doporučená hodnota dávkování je 1 % [12] z hmotnosti cementu na m<sup>3</sup> betonu. Hmotnost betonu je zde uvažována 330 kg/m<sup>3</sup> betonu, a tak na konstrukci připadne 3,3 kg/m<sup>3</sup> přísady. Cena byla dohledána na webových stránkách firmy StavMaChem s.r.o. [13] a to 417 Kč/kg. K variantě černé vany je přičtena cena za povlakovou hydroizolaci z asfaltových pásů v jedné vrstvě od firmy DEK a.s. [14] GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL, kde je cena asfaltových pásů 141,81 Kč/m<sup>2</sup>. K tomu je ještě přičtena cena za provádění (natavování) izolace, která činí zhruba 81,95 Kč/m<sup>2</sup> dle [23]. Přičtena je ještě cena za ochranu vrstvu povlakové hydroizolace – nopová fólie, jejíž cena je 23,11 Kč/m<sup>2</sup> [20] a cena za provádění je 50,0 Kč/m<sup>2</sup> [23].

Cena za černou vanu (0,40 mm) v Kč:

<b>Konstrukce:</b>	5747,23	6099,83	6639,57	7241,97	7839,41	8398,58	8940,55
<b>Asfaltové pásy:</b>	565,82	565,82	565,82	565,82	565,82	565,82	565,82
<b>Provedení:</b>	326,98	326,98	326,98	326,98	326,98	326,98	326,98
<b>Ochrana vrstva:</b>	92,21	92,21	92,21	92,21	92,21	92,21	92,21
<b>Provedení:</b>	199,50	199,50	199,50	199,50	199,50	199,50	199,50
<b>Celkem za HI:</b>	1184,51	1184,51	1184,51	1184,51	1184,51	1184,51	1184,51
<b>SUMA:</b>	<b>6931,74</b>	<b>7284,35</b>	<b>7824,09</b>	<b>8426,48</b>	<b>9023,92</b>	<b>9583,09</b>	<b>10125,06</b>

Cena za vanu s krystalizační přísadou Xypex (0,35 mm) v Kč:

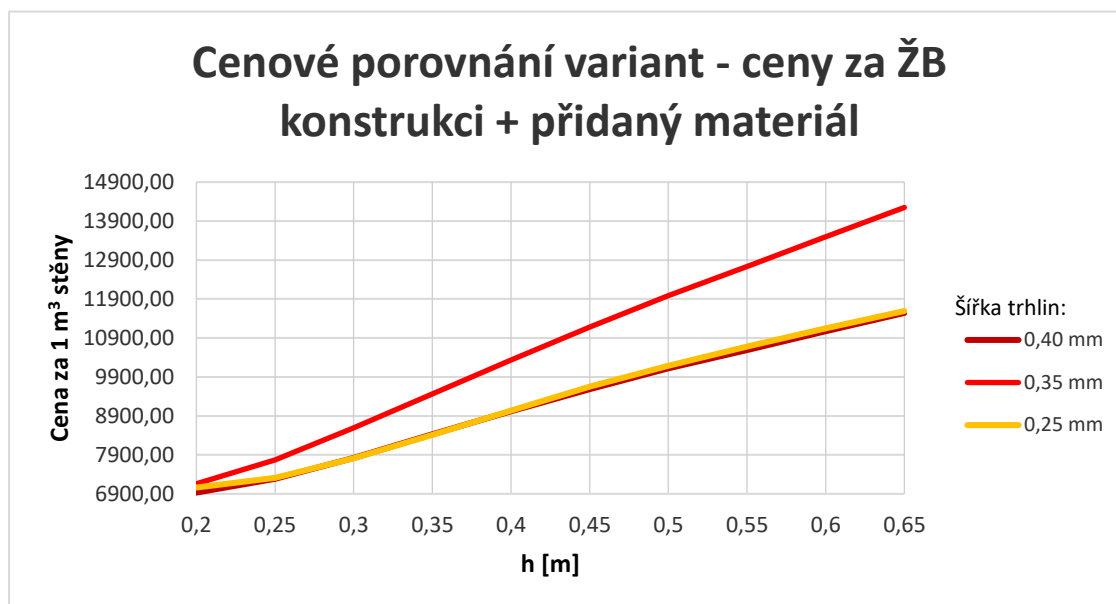
<b>Konstrukce:</b>	6060,38	6397,717	6942,776	7545,946	8138,645	8711,26	9242,423
<b>Xypex za kg:</b>	417	417	417	417	417	417	417
<b>Množství:</b>	2,6334	3,29175	3,9501	4,60845	5,2668	5,92515	6,5835
<b>Celkem za Xypex:</b>	1098,128	1372,66	1647,192	1921,724	2196,256	2470,788	2745,32
<b>SUMA:</b>	<b>7158,5</b>	<b>7770,4</b>	<b>8590,0</b>	<b>9467,7</b>	<b>10334,9</b>	<b>11182,0</b>	<b>11987,7</b>



Cena za bílou vanu (0,25 mm) v Kč:

<b>Konstrukce:</b>	7062,037	7307,923	7815,298	8413,638	9037,432	9655,296	10183,13
<b>SUMA:</b>	<b>7062,037</b>	<b>7307,923</b>	<b>7815,298</b>	<b>8413,638</b>	<b>9037,432</b>	<b>9655,296</b>	<b>10183,13</b>

**Cena při použití jedné vrstvy asfaltových pásů:**



Z grafu je jasné, že konstrukce s hydroizolací ve formě přísady Xypex Admix C-1000 NF je v tomto případě nejdražším řešením a cena za černou a bílou vanu je srovnatelná. Ovšem cena černé vany je zde uvažována pouze s jednou vrstvou asfaltových pásů. Podle bližšího návrhu hydroizolační konstrukce dle Směrnice ČHIS 01 [18] je v této směrnici uvedeno použití pro tlakovou vodu dvou vrstev fóliové hydroizolace anebo dvou vrstev asfaltových pásů.

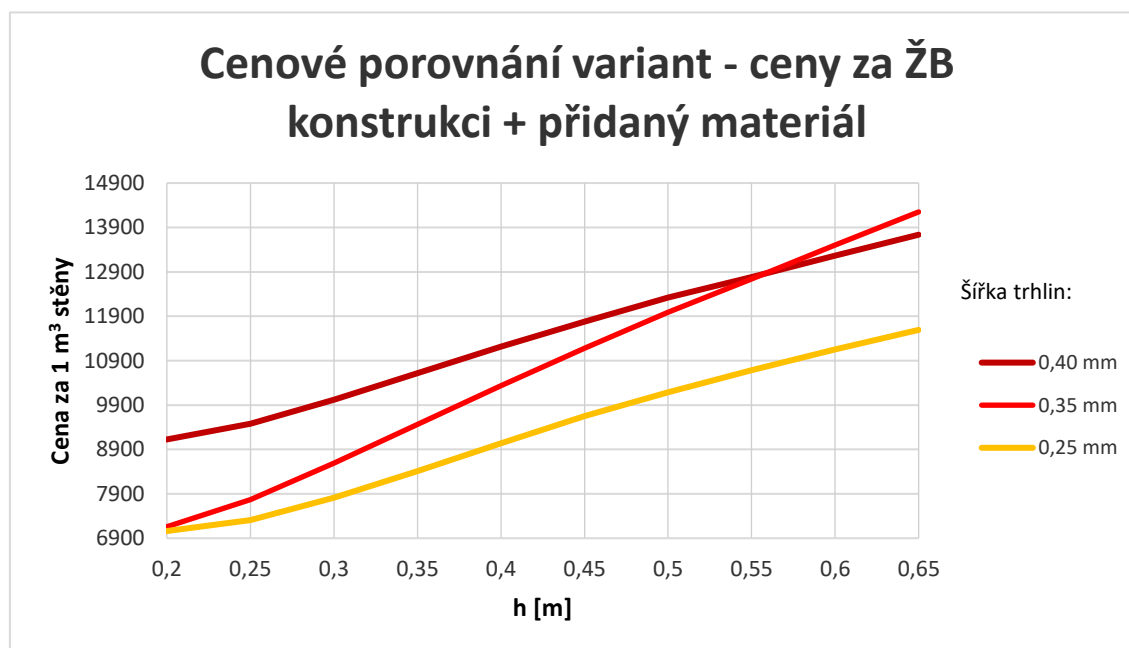
Následující graf je sestaven opět pro všechny tři varianty. Ceny za bílou vanu a vanu s krystalizační přísadou Xypex zůstávají stejné jako v předchozím případě. Pro černou vanu jsou nyní uvažovány dvě vrstvy fóliové hydroizolace. Jedna vrstva je tvořena fólií od firmy DEK a.s. [16] ALKORPLAN 35034 tl. 1,5 mm za cenu 190,36 Kč/m<sup>2</sup> a druhá vrstva z fólie ALKORPLAN 35034 tl. 2,0 mm za cenu 246,99 Kč/m<sup>2</sup> [17]. K tomu je ještě přičtena cena za provádění izolace, která činí zhruba 168,0 Kč/m<sup>2</sup> dle [23]. Přičtena je ještě cena za ochranu vrstvu povlakové hydroizolace – nopová fólie, jejíž cena je 23,11 Kč/m<sup>2</sup> [20] a cena za provádění je 50,0 Kč/m<sup>2</sup> [23].





### Cena při použití dvou vrstev fóliové hydroizolace:

<b>Konstrukce:</b>	5747,231	6099,834	6639,574	7241,969	7839,407	8398,581	8940,549
<b>Fólie:</b>	1745,027	1745,027	1745,027	1745,027	1745,027	1745,027	1745,027
<b>Provedení:</b>	1340,64	1340,64	1340,64	1340,64	1340,64	1340,64	1340,64
<b>Ochrana vrstva:</b>	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089
<b>Provedení:</b>	199,5	199,5	199,5	199,5	199,5	199,5	199,5
<b>Celkem za HI:</b>	3377,375	3377,375	3377,375	3377,375	3377,375	3377,375	3377,375
<b>SUMA:</b>	9124,607	9477,21	10016,95	10619,34	11216,78	11775,96	12317,92

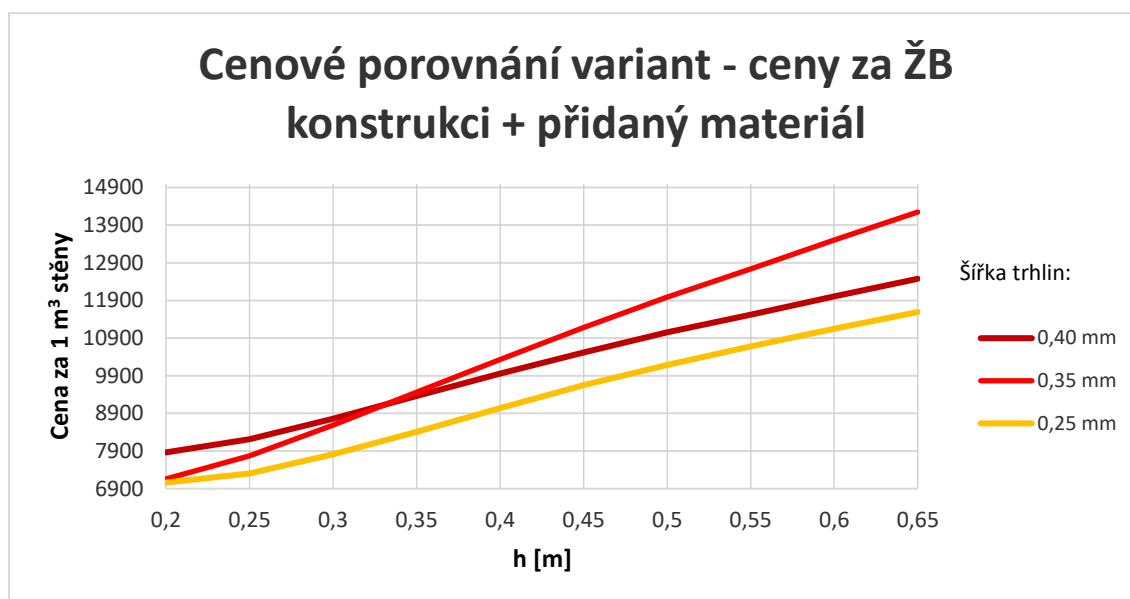


Následující graf je sestaven taktéž pro všechny varianty a mění se opět jen cena za černou vanu. Pro černou vanu jsou nyní uvažovány dvě vrstvy asfaltových pásů. Jedna vrstva je tvořena asfaltovými pásy od firmy DEK a.s. [14] GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL, kde je cena asfaltových pásů 141,81 Kč/m<sup>2</sup> a druhá vrstva z pásů ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL za cenu 151,73 Kč/m<sup>2</sup> [15]. K tomu je ještě přičtena cena za provádění (natavování) izolace, která činí zhruba 81,95 Kč/m<sup>2</sup> dle [23]. Přičtena je ještě cena za ochranu vrstvu povlakové hydroizolace – nopová fólie, jejíž cena je 23,11 Kč/m<sup>2</sup> [20] a cena za provádění je 50,0 Kč/m<sup>2</sup> [23].



### Cena při použití dvou vrstev asfaltových pásů:

<b>Konstrukce:</b>	5747,231	6099,834	6639,574	7241,969	7839,407	8398,581	8940,549
<b>Asfaltové pásy:</b>	1171,225	1171,225	1171,225	1171,225	1171,225	1171,225	1171,225
<b>Provedení:</b>	653,961	653,961	653,961	653,961	653,961	653,961	653,961
<b>Ochrana vrstva:</b>	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089	92,2089
<b>Provedení:</b>	199,5	199,5	199,5	199,5	199,5	199,5	199,5
<b>Celkem za HI:</b>	2116,895	2116,895	2116,895	2116,895	2116,895	2116,895	2116,895
<b>SUMA:</b>	7864,126	8216,729	8756,469	9358,864	9956,302	10515,48	11057,44



Černá vana ve všech provedení vychází draž než konstrukce bílé vany, a v provedení s fóliemi vychází draž i než konstrukce vany s krystalizační přísadou Xypex. Z toho vyplývá, že řešení černé vany se dvěma vrstvami fóliové hydroizolace je nejméně výhodné pro řešenou konstrukci. Pro konstrukci černé vany je ale možné použít menší tloušťku stěny než pro bílou vanu a tím by cena mohla v porovnání klesnout. Naopak jsou zde ale obvykle vyšší náklady na opravu při pozdějších poruchách konstrukce, jelikož většinou nelze určit přesné místo poruchy.

Vana s krystalizační přísadou Xypex při porovnání s černou vanou s jednou vrstvou asfaltových pásů vychází jako nejdražší řešení. Při porovnání s černou vanou s dvěma vrstvami asfaltových pásů se zdá být do tloušťky suterénní stěny 0,35 m jako cenově přijatelné řešení a opět by mohla být použita menší tloušťka konstrukce než pro bílou vanu. Náklady na případné pozdější opravy zde připadají na dodavatele produktu. Podle práce [21], kde byly zkoušeny různé vzorky betonu na průsak, včetně betonu s krystalizační přísadou Xypex, nebyl zjištěn po



dvou měsících experimentu pro krystalizační přísadu pozitivní vliv na průsak. Není však vyloučeno, že ke zmenšení průsaku dojde například po delší době, kdy je konstrukce zatížena vodou.

Bílá vana vychází ve všech třech případech jako nejlevnější varianta. Je však nutné si uvědomit, že zde přibudou náklady na provedení konstrukce. U této konstrukce je vyžadována vysoká kázeň při provádění a při utěsnění veškerých spár a prostupů. Cena by tak pro tuto konstrukci ještě v nějaké míře vzrostla. Tloušťka konstrukce je zde doporučována min. 300 mm. Ale mohly by zde být naopak nižší náklady na pozdější opravy, jelikož je možné najít přímo místo poruchy v konstrukci.

Dle [18] a [19] je při tlakové vodě návrh povlakových izolací méně spolehlivý (méně než 80%) a je spíše doporučeno navrhovat vodoneropustné konstrukce.

### 3.4 Závěr

Prakticky nelze jednoznačně říci, jaké řešení je ideální a říci přesnou cenu za 1 metr stěny. Návrh konstrukce ovlivňuje mnoho faktorů, a především konečná funkce konstrukce je závislá na jejím provádění a dodržení technologických postupů na stavbě. Zde jsou porovnány ceny za předpokladu použití jedné velikosti průměru výztuže, betonu a při různých tloušťkách stěny.

Pro praktický návrh suterénní konstrukce řešené administrativní budovy byla vybrána varianta bílé vany a podrobně bude řešena **viz. část práce – Statický výpočet.**



## 4 Literatura a zdroje

- [1] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [2] ČSN EN 1992-3. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [3] ČSN EN 206. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Český normalizační institut
- [4] *Bílé vany: vodotěsné betonové konstrukce: technická pravidla ČBS 02*. Praha: ČBS Servis, 2006. ISBN 80-903807-0-0.
- [5] *Technická pravidla ČBS 04: směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce = DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton: (WU-Richtlinie)*. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, 2015. ISBN 978-80-903806-9-1.
- [6] *Bílé vany: vodonepropustné betonové konstrukce: sbírka přednášek, příkladů a prezentací ke školení*. Praha: ČBS Servis, 2007. ISBN 978-80-903807-6-9.
- [7] PROCHÁZKA, Jaroslav a Jiří ŠMEJKAL. *Betonové základové a opěrné konstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-01-06128-2.
- [8] HANZLOVÁ, Hana a Jiří ŠMEJKAL. *Betonové a zděné konstrukce 1: základy navrhování betonových konstrukcí*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05323-2.
- [9] FOGLAR, Marek, Michaela FRANTOVÁ a Pavel JIŘÍČEK. *Betonové konstrukce 3: navrhování betonových konstrukcí na MSP, úvod do předpjatého betonu*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04943-3.
- [10] Ceník produktů a služeb 2017. *Českomoravský beton – výroba betonu, doprava betonu a čerpání betonových směsí* [online]. Českomoravský beton [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.transportbeton.cz/tbg-metrostav-s-r-o/betonarna-praha-radlice.html>
- [11] Betonářská ocel – Betonářská výztuž. *Hutní materiál, Kondor* [online]. Kondor, 2013 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/betonarska-vyztuz/c-1446/>
- [12] XYPEX Admix C-1000/C-1000 NF – technický list. *XYPEX* [online]. NEKAP spol., 2013 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: [http://www.nekap.cz/xypex/docs/tl\\_Admix.pdf](http://www.nekap.cz/xypex/docs/tl_Admix.pdf)



[13] XYPEX ® Admix C-1000 NF krystalizační přísada do betonu. *StavMaChem, Kvalitní stavební materiály Brno* [online]. 2006: WebRex, 2013 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z:

[https://www.stavmachem.cz/index.php?menu=13&menu\\_eshop=11&idproduktudetail=6335](https://www.stavmachem.cz/index.php?menu=13&menu_eshop=11&idproduktudetail=6335)

[14] Hydroizolační asfaltový pás GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL. *Stavebniny DEK – Vše pro Váš dům* [online]. DEK [cit. 2018-05-03]. Dostupné z:

<https://www.dek.cz/produkty/detail/1010151880-glastek-40-special-mineral-role-7-5m2>

[15] Hydroizolační asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL. *Stavebniny DEK – Vše pro Váš dům* [online]. DEK [cit. 2018-05-03]. Dostupné z:

<https://www.dek.cz/produkty/detail/1010151220-elastek-40-special-mineral-role-7-5m2>

[16] Izolace spodní stavby z PVC-P ALKORPLAN 35034 1,5 mm. *Stavebniny DEK – Vše pro Váš dům* [online]. DEK [cit. 2018-05-11]. Dostupné z:

<https://www.dek.cz/produkty/detail/1015301026-alkorplan-35034-zemni-1-5mm-s-2-15m-43m2-role>

[17] Izolace spodní stavby z PVC-P ALKORPLAN 35034 2,0 mm. *Stavebniny DEK – Vše pro Váš dům* [online]. DEK [cit. 2018-05-11]. Dostupné z:

<https://www.dek.cz/produkty/detail/1015301041-alkorplan-35034-zemni-2-0mm-s-2-15m-43m2-role>

[18] SMĚRNICE ČHIS 01: HYDROIZOLAČNÍ TECHNIKA – OCHRANA STAVEB A KONSTRUKCÍ PŘED NEŽÁDOUCÍM PŮSOBENÍM VODY A VLHKOSTI [online]. ČHIS, 2017 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z:

[https://hydroizolacnispolecnost.cz/docs/hydroizolacnispolecnost\\_cz/CHIS%2001%202018%2002%2005.pdf](https://hydroizolacnispolecnost.cz/docs/hydroizolacnispolecnost_cz/CHIS%2001%202018%2002%2005.pdf)

[19] HŮLKA, Ctibor, Luboš KÁNĚ, Jan MATIČKA a Antonín ŽÁK. *KUTNAR – Izolace spodní stavby; Hydroizolační koncepce, hydroizolační konstrukce – návrh a posouzení 2014* [online]. DEKTRADE, 2014 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: [https://atelier-dek.cz/docs/atelier\\_dek\\_cz/publikace/PROJEKCNIPRIRUCKY/spodni-stavba-2014-01.pdf](https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/publikace/PROJEKCNIPRIRUCKY/spodni-stavba-2014-01.pdf)

[20] Profilovaná (nopová) fólie, výška nopu 8 mm, š. 1 m. *Stavebniny DEK – Vše pro Váš dům* [online]. DEK [cit. 2018-05-11]. Dostupné z:

<https://www.dek.cz/produkty/detail/2640221020-profilovana-folie-vyska-nopu-8mm-s-1m-20m2-bal>

[21] KOVÁŘ, Jan. *Krystalizační přísady a odolnost betonu proti působení tlakové vody* [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z:

<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/69325/F1-BP-2017-Kovar-Jan-Krystalizacni-prisady-a-odolnost-betonu-proti-pusobeni-tlakove-vody.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.



[22] Návštěva kurzu – *Vodonepropustné a vodotěsné konstrukce* 9.4.2018 + doprovodný materiál ke kurzu od společnosti BETONCONSULT s.r.o.

[23] Cenová soustava ÚRS, program KROS.