

# Příloha 1



## Vlastní soubor v programu MS Excel UKÁZKA VÝSTUPŮ

V pro účely bakalářské práce byl vytvořen soubor v prostředí MS Excel, pomocí kterého byly spočteny charakteristiky ideálních průřezů pro výpočet tuhostí, resp. křivostí průřezů bez trhlin a s trhlínami. Dále byla pomocí funkcí v tomto souboru spočtena šířka trhliny desky 1.NP a její celkový průhyb. Níže jsou uvedeny ukázky těchto výpočtů.

**Název bakalářské práce:**

Administrativní budova, Praha – Ruzyně

**Vedoucí bakalářské práce:**

Ing. Hana Hanzlová CSc.

**Vypracovala:**

Adéla Mílotová

## MEZNÍ STAVY ÚNOSNOSTI



### Materiály:

Beton C30/37- XF2- CI 0,2- Dmax22-S4 Ocel B500B

fck=	30 MPa	f <sub>yk</sub> =	500 MPa
fcd=	20 MPa	f <sub>yd</sub> =	435 MPa
E <sub>cm</sub> =	32 000 Mpa	E <sub>s</sub> =	200 000 MPa
f <sub>ct,eff</sub> =f <sub>ctm</sub>	2,9 Mpa		

### Dílčí součinitele spolehlivosti

γ <sub>G</sub> =	1,35
γ <sub>Q</sub> =	1,5
ψ <sub>2</sub> =	0,3
ψ <sub>1</sub> =	0,5

h <sub>d</sub> =	250 mm	0,25
b=	1000 mm	1
l=	7,7 m	7700
g <sub>k</sub> =	8,07 kN/m <sup>2</sup>	
q <sub>k</sub> =	3,93 kN/m <sup>2</sup>	9,249

Pro návrh výztuže a další práci uvažovány momenty z programu SCIA ENGINEER

## NÁVRH VÝZTUŽE

### v poli

M<sub>ED,max</sub>= 60,68 kNm

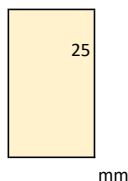
předpokládaný profil výztuže

∅<sub>s</sub>= 10 mm

účinná výška průřezu

d=hd-c-∅/2= 220 mm = 0,22 m

krytí výztuže



c<sub>min</sub> = max( c<sub>min,b</sub>, c<sub>min,dur</sub>+Δc<sub>dur,y</sub>-Δc<sub>dur,s</sub>-Δc<sub>dur,add</sub>, 10 mm)

c<sub>min</sub> = max( 14 mm, 15 mm , 10 mm)= 15 mm

Δc<sub>dev</sub>= 10 mm pro monolitickou konstrukci

μ <sub>Ed</sub>	ξ	ζ	As,req
0,06	0,157	0,937	676,67

### Návrh výztuže v poli

∅10 po 120 mm As= 604 mm<sup>2</sup>

M<sub>ED,max</sub>= 79,13 kNm

předpokládaný profil výztuže

∅<sub>s</sub>= 10 mm

## MEZNÍ STAVY ÚNOSNOSTI



### Materiály:

Beton C30/37- XF2- CI 0,2- Dmax22-S4 Ocel B500B

fck=	30 MPa	f <sub>yk</sub> =	500 MPa
fcd=	20 MPa	f <sub>yd</sub> =	435 MPa
E <sub>cm</sub> =	32 000 Mpa	E <sub>s</sub> =	200 000 MPa
f <sub>ct,eff</sub> =f <sub>ctm</sub>	2,9 Mpa		

### Dílčí součinitele spolehlivosti

γ <sub>G</sub> =	1,35
γ <sub>Q</sub> =	1,5
ψ <sub>2</sub> =	0,3
ψ <sub>1</sub> =	0,5

h <sub>d</sub> =	250 mm	0,25
b=	1000 mm	1
l=	7,7 m	7700
g <sub>k</sub> =	8,07 kN/m <sup>2</sup>	
q <sub>k</sub> =	3,93 kN/m <sup>2</sup>	9,249

Pro návrh výztuže a další práci uvažovány momenty z programu SCIA ENGINEER

## NÁVRH VÝZTUŽE

### v poli

M<sub>ED,max</sub>= 60,68 kNm

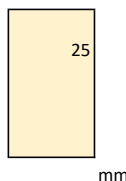
předpokládaný profil výztuže

∅<sub>s</sub>= 10 mm

účinná výška průřezu

d=hd-c-∅/2= 220 mm = 0,22 m

krytí výztuže



c<sub>min</sub> = max( c<sub>min,b</sub>, c<sub>min,dur</sub>+Δc<sub>dur,y</sub>-Δc<sub>dur,s</sub>-Δc<sub>dur,add</sub>, 10 mm)

c<sub>min</sub> = max( 14 mm, 15 mm , 10 mm)= 15 mm

Δc<sub>dev</sub>= 10 mm pro monolitickou konstrukci

μ <sub>Ed</sub>	ξ	ζ	As,req
0,06	0,157	0,937	676,67

### Návrh výztuže v poli

∅10 po 120 mm As= 604 mm<sup>2</sup>

M<sub>ED,max</sub>= 79,13 kNm

předpokládaný profil výztuže

∅<sub>s</sub>= 10 mm

účinná výška průřezu

$$d = h_d - c - \phi / 2 = 220 \text{ mm} = 0,22 \text{ m}$$

krytí výztuže

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad \text{volím} \quad 25 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,br}, c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,s} - \Delta c_{dur,addr}, 10 \text{ mm})$$

$$c_{min} = \max(10 \text{ mm}, 10 \text{ mm}, 10 \text{ mm}) = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{pro monolitickou konstrukci}$$

$\mu_{Ed}$	$\xi$	$\zeta$	$A_{s,req}$
0,08	0,118	0,951	869,458

Doplnit z tabulek

Návrh výztuže v podpoře

$$\phi 10 \text{ po } 80 \text{ mm} \quad A_s = 982 \text{ mm}^2$$
$$0,000982$$

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI JEDNOSTRANNĚ VYZTUŽENÉHO PRŮŘEZU

1. V poli

výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,8bfcd} = 16,42 \text{ mm}$$

$$\xi = x/d = 0,075 < 0,617 \quad \text{VYHOVUJE}$$

a současně

$$\xi = x/d = 0,075 < 0,45 \quad \text{VYHOVUJE}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - 0,4x = 213,43 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti

$$M_{RD} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 56,08 \text{ kNm} > M_{ED,max} = 60,68 \text{ kNm}$$
$$< 108,2 \text{ \%} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

1. V podpoře

výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,8bfcd} = 26,70 \text{ mm}$$

$$\xi = x/d = 0,121 < 0,617 \quad \text{VYHOVUJE}$$

a současně

$$\xi = x/d = 0,121 < 0,45 \quad \text{VYHOVUJE}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - 0,4x = 209,32 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti

$$M_{RD} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 89,42 \text{ kNm} > M_{ED,max} = 79,13 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

$$\text{využití} = 88,5 \text{ \%}$$

## NÁVRH VÝZTUŽE DESKY 1.NP S OHLEDEM NA ŠÍŘKU TRHLIN

Odhad průměru výztuže

$$\varnothing_s = 10 \text{ mm}$$

Součinitele zohledňující rozdělení napětí

$$k_c = 0,4$$

$$k = 1$$

Plocha tažené části betonu těsně před vznikem trhlin

$$A_{ct} = b \cdot h / 2 = 0,125 \text{ m}^2$$

Odhad napětí ve výztuži

$$\sigma_s = 250 \text{ MPa}$$

Minimální plocha výztuže pro omezení šířky trhlin

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s = 0,00058 \text{ m}^2 = 580 \text{ mm}^2$$

### Návrh výztuže

$\varnothing 10$ po 130 mm	$A_s =$	604 mm <sup>2</sup>
		0,000604

### ÚNOSNOST MINIMÁLNÍ VÝZTUŽE

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,8 b f_c d} = 16,42 \text{ mm}$$

Statisticky účinný výška desky

$$d = h_d - c - \varnothing - \varnothing / 2 = 210 \text{ mm} = 0,21 \text{ m}$$

$$\xi = x/d = 0,078 < 0,45$$

a současně

$$\xi = x/d = 0,078 < 0,617$$

rameno vnitřních sil

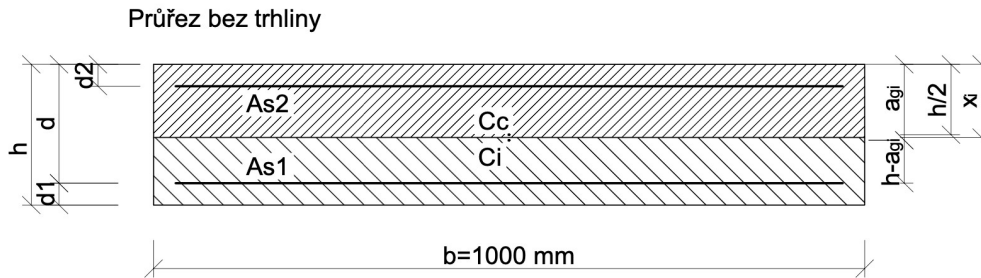
$$z = d - 0,4x = 203,43 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti

$$M_{RD} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 53,45 \text{ kNm}$$

# MEZNÍ STAVY POUŽITELNOSTI - Oboustranně vyztužený průřez

## Průřezové charakteristiky - průřez bez trhlin



### Kombinace zatížení MSP - ruční výpočet

#### 1. Charakteristická kombinace

$$M_{ED} = 1/12 (1 \cdot g_k + 1 \cdot q_k) \cdot L^2 = 59,29 \text{ kNm}$$

#### 2. Častá kombinace

$$M_{ED} = 1/12 (g_k + \psi_1 \cdot q_k) \cdot L^2 = 49,58 \text{ kNm}$$

#### 3. Kvazistálá kombinace

$$M_{ED} = 1/12 (g_k + \psi_2 \cdot q_k) \cdot L^2 = 45,70 \text{ kNm}$$

### SCIA

#### 1. Charakteristická kombinace

$$M_{ED} = 55,17 \text{ kNm}$$

#### 2. Častá kombinace

$$M_{ED} = \text{[empty box]} \text{ kNm}$$

#### 3. Kvazistálá kombinace

$$M_{ED} = 41,13 \text{ kNm}$$

$$As_2 = 0,000982 \text{ m}^2$$

$$As_1 = 0,000604 \text{ m}^2$$

$$d = 0,220 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,030 \text{ m}$$

$$c = 0,025 \text{ m}$$

$$\varnothing_s = 0,01 \text{ m}$$

### Pro účinky krátkodobého zatížení

$$\alpha_{e,ST} = E_s / E_{cm} =$$

6,250

### Pro účinky dlouhodobého zatížení

18,06

kde

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi) = 11073 \text{ MPa}$$

$\varphi =$

1,9

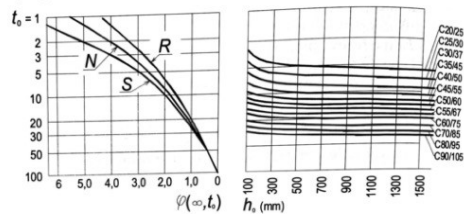


$A_c =$

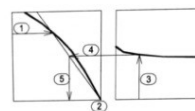
0,25 m<sup>2</sup>

$I_c =$

0,001302 m<sup>4</sup>



c) postup



Obr. 2.13

Stanovení součinitele dotvarování  $\varphi(\infty, t)$ .  
Pro beton v běžném prostředí může přímek 4 a 5 vycházet i nad přímkou 1. převzato z [1]

32

### Průřezové charakteristiky pro

$\alpha_e = 18,06$

Plcha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_{e,LT} - 1)(As_1 + As_2)$$

0,277 m<sup>2</sup>

Vzdálenost težiště od horního okraje

$$agi = \frac{[Ac * ac + (\alpha_{e,LT} - 1) * (As1 * d1 + As2 * d2)]}{Ai} \quad 0,127 \text{ m}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$Ii = Ic + Ac(agi - ac)^2 + (\alpha_{e,LT} - 1)[As1(d - agi)^2 + As2(agi - d_2)^2] \quad 0,00139219 \text{ m}^4$$

**Průřezové charakteristiky pro  $\alpha_e = 6,250$**

Plocha ideálního průřezu

$$Ai = Ac + (\alpha_{e,ST} - 1)(As1 + As2) \quad 0,258 \text{ m}^2$$

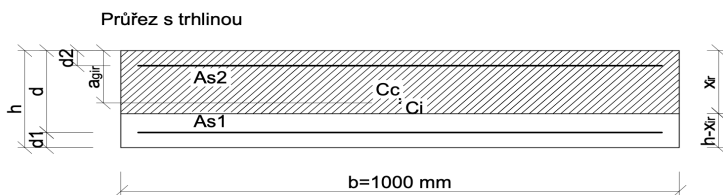
Vzdálenost težiště od horního okraje

$$agi = \frac{[Ac * ac + (\alpha_{e,ST} - 1) * (As1 * d1 + As2 * d2)]}{Ai} \quad 0,124 \text{ m}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$Ii = Ic + Ac(agi - ac)^2 + (\alpha_{e,ST} - 1)[As1(d - agi)^2 + As2(agi - d_2)^2] \quad 0,00133132 \text{ m}^4$$

**Průřezové charakteristiky - průřez s trhlinou**



As2= 0,000982 m2	c= 25 mm	součinitele:	<u>Kvazistálá kombinace</u>
As1= 0,000604 m2	Øs= 10 mm	k1= 0,8	M <sub>Ed</sub> = 41,13 kNm
d= 0,220 m	f <sub>ct,eff</sub> =0,5f <sub>ctm</sub> = 1,5 MPa	k2= 0,5	
d2= 0,030 m	E <sub>cm</sub> = 32 000 Mpa	k3= 3,4	
c= 0,025 m	Es= 200 000 MPa	k4= 0,425	
Øs= 0,01 m		kt,lt= 0,4	
		kt,st= 0,6	

As1+As2= 0,001586 m2

výška tlačené části průřezu

$$x_{ir,LT} = \left( \frac{\alpha_{e,LT} - 1}{b} \right) * (As1 + As2) * \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_{e,LT} - 1} * \frac{As1 + d + As2 + d2}{(As1 + As2)^2}} \right) \quad \boxed{0,066} \text{ m}$$

$$x_{ir,ST} = \left( \frac{\alpha_{e,ST} - 1}{b} \right) * (As1 + As2) * \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_{e,ST} - 1} * \frac{As1 + d + As2 + d2}{(As1 + As2)^2}} \right) \quad \boxed{0,042} \text{ m}$$

moment setrvačnosti průřezu s trhlinou

$$I_{ir,LT} = \frac{1}{3} b x_{ir}^3 + (\alpha_{e,LT} - 1) [As1 (d - x_{ir,LT})^2 + As2 (x_{ir,LT} - d2)^2] \quad \boxed{0,0005065} \text{ m4}$$

$$I_{ir,ST} = \frac{1}{3} b x_{ir}^3 + (\alpha_{e,ST} - 1) [As1 (d - x_{ir,ST})^2 + As2 (x_{ir,ST} - d2)^2] \quad \boxed{0,0001885} \text{ m4}$$

**1. OMEZENÍ NAPĚTÍ**

Napětí v betonu při char. Kombinaci zatížení

$$\sigma_c = \frac{M_{ek}}{I_{ir,LT}} * x_{ir,LT} \quad \boxed{7,22} \text{ MPa} < 0,6 * f_{ck} = \boxed{18} \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Napětí ve výztuži při char. Kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e * \frac{M_{ek}}{I_{ir}} * (d - x_{ir}) \quad \boxed{325,69} \text{ MPa} < 0,8 * f_{yk} = \boxed{400} \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Napětí v betonu při kvazistálé kombinaci zatížení

$$\sigma_c = \frac{-M_{eqp}}{I_{ir}} * x_{ir} \quad \boxed{-5,39} \text{ MPa} < 0,45 * f_{ck} = \boxed{13,5} \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**2. OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN – Pro krátkodobé účinky zatížení**

výška taženého betonu obklopující taženou výztuž

$$M_{cr} = f_{ctm} * \frac{I_{ii}}{h - a_{gi}} \quad \boxed{31,46} \text{ kNm} \quad \text{počítáno s průřezovými charakteristikami z průřezu bez trhlín}$$

Napětí ve výztuži při kvazistálé kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e * \frac{m_{qp}}{I_{ir}} * (d - x_{ir}) \quad \boxed{242,81} \text{ MPa}$$

přímý výpočet šířky trhlín

$$w_k = \left( k3c + k1k2k4 \frac{\sigma}{\rho_{p,eff}} \right) \frac{1}{E_s} (\sigma_s - kt, st) \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{epp,eff}) \quad \boxed{0,197} \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} = \min \left\{ 2,5(h - d), \frac{h - x}{3}, \frac{h}{2} \right\}$$

h <sub>c,eff</sub> = 0,075 m	75
0,069349 m	69,35
0,125 m	125

$$A_{c,eff} = \boxed{69349} \text{ mm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \boxed{0,00871}$$

Podmínka spolehlivosti

$$w_k \leq w_{max}$$

$$\boxed{0,20} \leq \boxed{0,4} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**2. OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN – Pro dlouhodobé účinky zatížení**

výška taženého betonu obklopující taženou výztuž

$$M_{cr} = f_{ctm} * \frac{I_{ii}}{h - a_{gi}} \quad \boxed{34,19} \text{ kNm} \quad \text{počítáno s průřezovými charakteristikami z průřezu bez trhlín}$$



Napětí ve výtuzi při kvazistálé kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha e * \frac{mqp}{I_{ir}} * (d - x_{ir}) \quad \boxed{225,37} \text{ MPa}$$

přímý výpočet šířky trhlin

$$w_k = \left( k_{3c} + k_{1k} k_{2k} k_4 \frac{\emptyset}{\rho_p \cdot e_{ff}} \right) \frac{1}{E_s} (\sigma_s - k_{t,lt} \frac{f_{ct,eff}}{\rho_p \cdot e_{ff}} (1 + \alpha_{epp,eff})) \quad \boxed{0,201} \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} = \min \left\{ 2,5(h - d), \frac{h - x}{3}, \frac{h}{2} \right\}$$

$h_{c,eff} =$	0,075 m	75
	0,061221 m	61,22
	0,125 m	125

$$A_{c,eff} = \boxed{61221} \text{ mm}^2$$

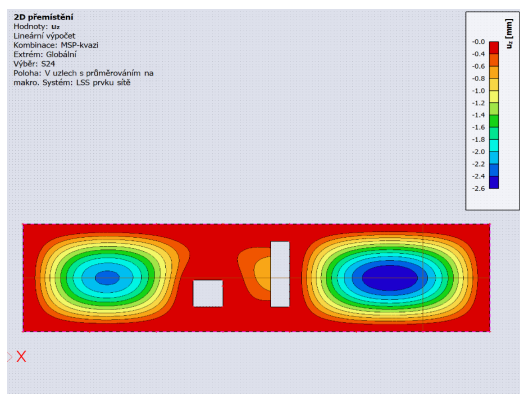
$$\rho_{p,eff} = \boxed{0,009866}$$

Podmínka spolehlivosti

$$w_k \leq w_{max}$$

<b>0,20</b>	<b>≤</b>	<b>0,4</b>	<b>VYHOVUJE</b>
-------------	----------	------------	-----------------

## Výpočet celkového průhybu



$u_{pružný} =$	2,7 mm	$A_c =$	0,25 m <sup>2</sup>
$b =$	1 m	$\alpha_{fae} =$	20,63
$h =$	0,25 m	$E_{c,eff} =$	11073 MPa
$A_{s2} =$	0,000982 m <sup>2</sup>	$\beta =$	0,5
$A_{s1} =$	0,000604 m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32 000 MPa
$d =$	0,220 m	$M_{kA} =$	41,04 kN/m
$d_2 =$	0,030 m	$M_{kB} =$	41,06 kN/m
$c =$	0,025 m	$M_k =$	19,7 kN/m

### Kvazistálá kombinace

$M_{ED,podp} =$	41,13	kNm
$M_{ED,pole} =$	19,75	kNm

$$S_{co} = 0,0313 \text{ m}^3$$

$$A_t = 0,275 \text{ m}^2$$

$$S_{so} = 0,000151 \text{ m}^3$$

$$x_{i,sh} = 0,125 \text{ m}$$

$$x_{ir,sh} = 0,057 \text{ m}$$

$$I_{co} = 0,00521 \text{ m}^4$$

$$I_{i,sh} = 0,00153 \text{ m}^4$$

$$I_{ir,sh} = 0,0003853 \text{ m}^4$$

$$I_{so} = 2,97772E-05 \text{ m}^4$$

## 1. PRŮHYB S VLIVEM TRHLIN A DOTVAROVÁNÍ

$$I_{výsti} = 0,000636 \text{ m}^4$$

$$I_c = 0,001302 \text{ m}^4$$

$$I_c / I_{výsti} = 2,0$$

$$E_{cm} / E_{c,eff} = 2,9$$

$$u_{zatižení} = 15,980 \text{ mm}$$

$$\alpha_{fae} = 20,63$$

$$E_{c,eff} = 9697 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32 000 \text{ MPa}$$

## 2. KŘIVOST OD SMRŠŤOVÁNÍ (PRŮŘEZ BEZ TRHLIN)

$$(1/r_{cs,i}) = 0,000667 \text{ m}^{-1}$$

$$\epsilon_{cs} = 0,00043$$

$$\epsilon_{ca} = 0,00005$$

$$\epsilon_{cd} = 0,00038$$

$$kh = 0,8$$

$$\beta = 1$$

$$\epsilon_{cd,0} = 0,000475$$

### 3. KŘIVOST OD SMRŠŤOVÁNÍ (PRŮŘEZ S TRHLINOU)

$$(1/r_{cs,II}) = 0,001661 \text{ m}^{-1}$$

$$\epsilon_{cs} = 0,00043$$

$$\epsilon_{ca} = 0,00005$$

$$\epsilon_{cd} = 0,00038$$

$$kh = 0,8$$

$$\beta = 1$$

$$\epsilon_{cd,0} = 0,000475$$

### 4. VÝSLEDNÁ KŘIVOST OD SMRŠŤOVÁNÍ

$$(1/r_{cs}) = 0,00134 \text{ m}^{-1}$$

$$\zeta = 0,680$$

### 5. PRŮHYB OD SMRŠŤOVÁNÍ

$$u_{\text{smrštování}} = 4,840 \text{ mm}$$

$$k = 0,0608$$

$$\beta = 4,168$$

### 5. CELKOVÝ PRŮHYB

$$u_{\text{celkový}} = 20,820 \text{ mm}$$

$u_{\text{celkový}}$	<	$u_{\text{lim}}$
20,820	<	30,8 mm

VYHOVUJE