

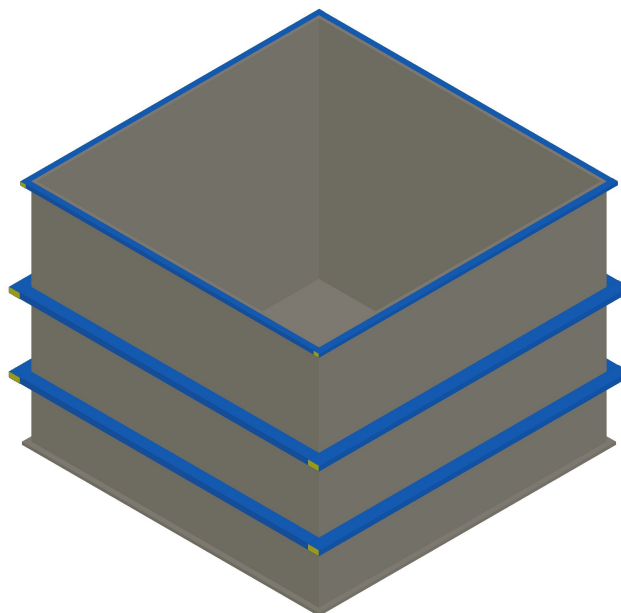
Statický výpočet pro netlakovanou obdélníkovou nádrž s vyztuženími dokola vyrobenou z Polystone® P block copolymer (PP-B)

Název projektu:	Užitková voda
Název nádrže:	1500x1500x1200mm
Číslo výkresu:	
Pro společnost:	PLEXIPLAST s.r.o.
Číslo objednávky:	
Tento statický výpočet vytvořil:	Röchling Industrial Tábor s.r.o. Igor Mikulčík Vožická 624 Tábor 390 02 Czech Republic

Město:

Datum:

Podpis / firemní razítko



Tato nádrž byla vypočítána pomocí softwaru pro výpočet nádrží RITA 5.1 společnosti

Röchling Industrial SE & Co. KG.

RITA 5.1.8678 (05.10.2023)

Obsah

Obsah	2
1 Rozsah	3
2 Konstrukční údaje	3
2.1 Rozměry.....	3
2.2 Tloušťky stěn.....	5
2.3 Vyztužení.....	5
3 Bezpečnostní koncept	5
3.1 Dílčí bezpečnostní faktory.....	5
4 Materiál	6
4.1 Materiálové parametry termoplastického materiálu.....	6
4.1.1 Charakteristické hodnoty materiálu.....	6
4.1.2 Hodnoty materiálu závislé na teplotě.....	6
4.1.3 Redukční faktory.....	6
4.1.4 Svařovací součinitele.....	6
4.1.5 Materiálové parametry pro boční stěnu a dno.....	6
4.2 Materiálové parametry ocelových profilů.....	7
5 Provozní data	7
5.1 Médium.....	7
5.2 Teplota.....	7
6 Kombinace zatěžovacích stavů	7
7 Posouzení bočních stěn	8
7.1 Pevnostní posouzení.....	8
7.2 Posouzení deformace.....	9
7.3 Posouzení horizontálního řezu.....	9
7.3.1 Pevnostní posouzení.....	9
8 Posouzení vyztužení dokola	11
8.1 Posouzení pevnosti.....	11
8.2 Posouzení deformace.....	12
9 Odpovědnost a záruka	12

1 Rozsah

Následující výpočet byl proveden na základě směrnice DVS 2205-5 pro obdélníkové nádrže.

Stanovení napětí a deformací pro boční stěny a výtěžné profily se provádí pomocí FEA (Finite Elements Analysis). Jedná se o 2D výpočet konečných prvků prutové konstrukce.

Svařované spoje musejí být vytvořené v souladu se specifikacemi v DVS 2205-5 a doprovodnými doplňujícími listy.

Nádrž musí být kompletně umístěná na rovném základu. Statická konstrukce základu není předmětem tohoto statického výpočtu.

Rohové spoje výtěžných nosníků musí být odolné proti ohybu.

Nádrž je nainstalovaná uvnitř budovy.

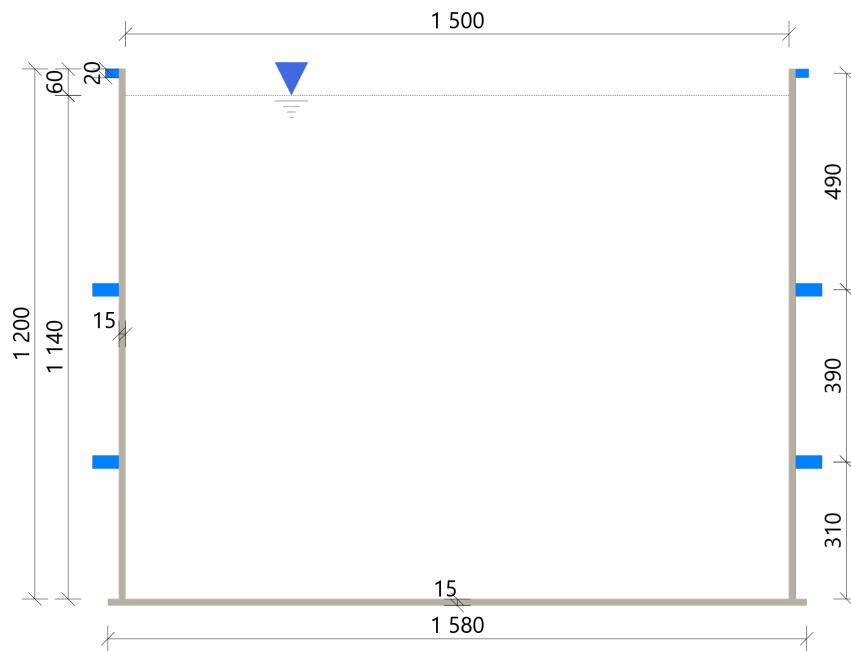
Předpokládaná doba životnosti nádrže je 10 Let.

2 Konstrukční údaje

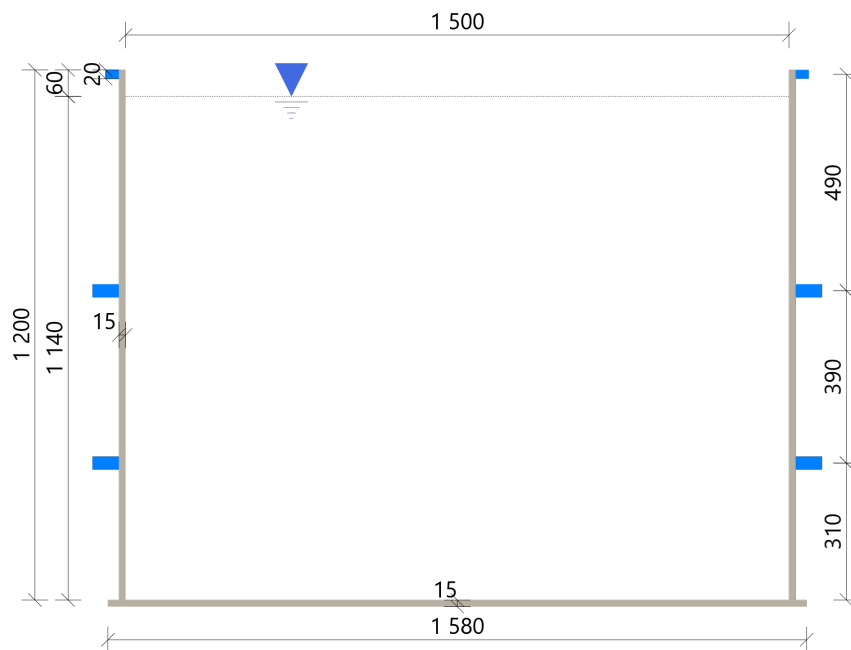
2.1 Rozměry

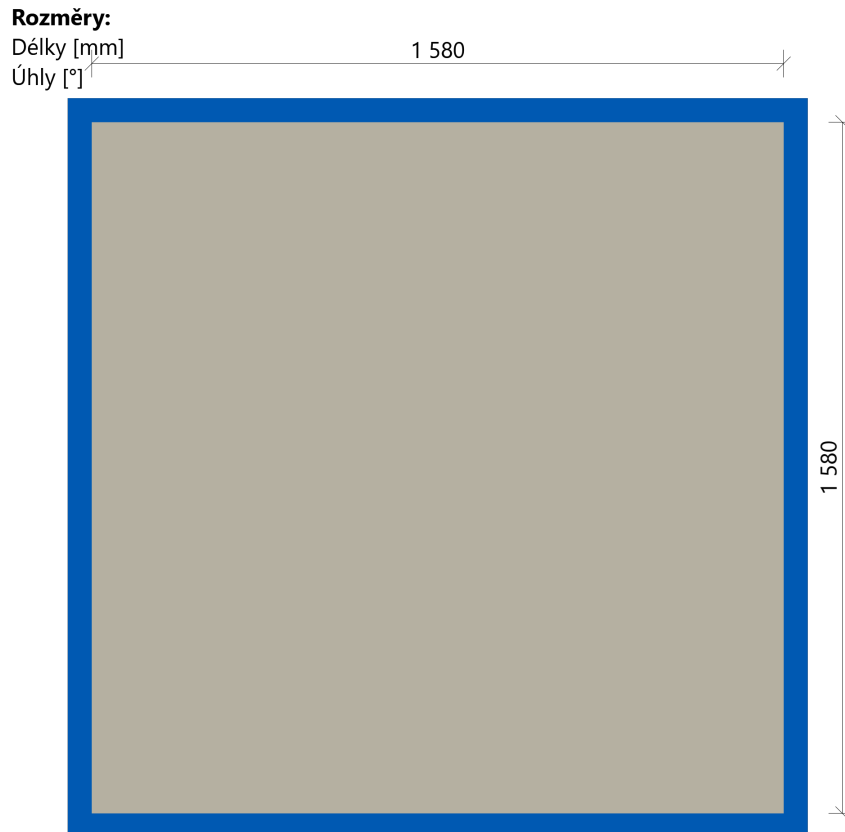
Vnitřní délka:	a	=	1 500 mm
Vnitřní šířka:	c	=	1 500 mm
Vnitřní výška:	b	=	1 200 mm
Typ konstrukce:	s vyztuženími dokola		
Konstrukční objem:	V	=	2,70 m ³
Maximální efektivní objem:	V _{95%}	=	2,57 m ³
Maximální úroveň plnění:	h _F	=	1 140 mm

Rozměry:
Délky [mm]
Úhly [°]



Rozměry:
Délky [mm]
Úhly [°]





2.2 Tloušťky stěn

Tloušťka boční stěny:	SW	=	15 mm
Tloušťka dna:	SB	=	15 mm

2.3 Vyztužení

Profily vyztužení dokola:

Č. profilu	Poloha profilu	Výška pole	Profil	Norma
1	310 mm	310 mm	RRO 60x30x3	EN 10219
2	700 mm	390 mm	RRO 60x30x3	EN 10219
3	1 190 mm	500 mm	RRO 30x20x2	EN 10219

3 Bezpečnostní koncept

Statické posouzení se řídí v souladu s DVS 2205-1 podle dílčího bezpečnostního konceptu.

3.1 Dílčí bezpečnostní faktory

$y_{F1} = 1,35$ Vlastní hmotnost, naplnění, sestava

$y_{F2} = 1,50$ Tlaky, vítr, sníh

$y_{F3} = 0,90$ Zatížení snižující vlastní hmotnost

4 Materiál

4.1 Materiálové parametry termoplastického materiálu

4.1.1 Charakteristické hodnoty materiálu

Materiál:	Polystone® P block copolymer (PP-B)
Hustota materiálu:	$\rho = 0,92 \text{ g/cm}^3$
Poissonova konstanta:	$\mu = 0,38$

4.1.2 Hodnoty materiálu závislé na teplotě

Mez a modul tečení jsou převzaty z DVS 2205-1 a odpovídajících příloh. Hodnoty materiálu závisí na uvažovaných návrhových teplotách. Dále jsou podle DVS 2205-2 rozeznávány tři zatěžovací stavy pro efektivní dobu, jak je uvedeno níže:

Krátkodobě	(K_K, E_K):	6 minuty	=	0,1 Hodiny	(např. zatížení větrem)
Střednědobě	(K_M):	3 měsíce	=	2.190 Hodiny	(např. zatížení sněhem)
Dlouhodobě	(K_L, E_C):	10 Let	=	87 600 Hodiny	(např. vlastní hmotnost)

Charakteristické hodnoty meze tečení jsou vyděleny dílčím součinitelem bezpečnosti γ_M .

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} \qquad K_{M,d}^* = \frac{K_M^*}{\gamma_M} \qquad K_{L,d}^* = \frac{K_L^*}{\gamma_M}$$

4.1.3 Redukční faktory

Následující redukční faktory se berou v úvahu u T_M .

Redukční faktor pro vliv specifické tuhosti:	A_1	=	1,00
Redukční faktor média pro posouzení napětí:	A_2	=	1,00
Redukční faktor média pro výpočet stability:	A_{21}	=	1,00

4.1.4 Svařovací součinitele

Podle DVS 2205-1 se uplatňují následující svařovací součinitele.

Proces svařování pro spojení mezi bočními stěnami a dnem je:	Extruzní svařování horkým plynem
Krátkodobý svařovací součinitel:	$f_z = 0,80$
Dlouhodobý svařovací součinitel:	$f_s = 0,60$
Použitý svařovací proces s nejnižším svařovacím faktorem:	Svařování na tupo
Krátkodobý svařovací součinitel:	$f_z = 0,90$
Dlouhodobý svařovací součinitel:	$f_s = 0,80$

4.1.5 Materiálové parametry pro boční stěnu a dno

Dlouhodobá teplota:	$T_M = 20,0^\circ C$
Redukční faktor:	$A_1 = 1,00$
Dlouhodobá hodnota pevnosti:	$K_L^* = 9,41 \text{ N/mm}^2$
	$K_{L,d}^* = \frac{K_L^*}{\gamma_M} = \frac{9,41 \text{ N/mm}^2}{1,3} = 7,24 \text{ N/mm}^2$

Krátkodobá a střednědobá zatížení nejsou pro výpočet zásadní.

Napětí pro určení modulu tečení pro výpočet deformací se vypočítá následovně:

$$\sigma_M = \frac{K_{L,d}^*}{2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma_{F1}} = \frac{7,24 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,35} = 2,68 \text{ N/mm}^2$$

$$E_C = 255 \text{ N/mm}^2$$

Při výpočtu plastových stěn se používá hodnota $E_{C,Platte}$.

$$E_{C,Platte} = \frac{E_C}{(1 - \mu^2)} = \frac{255 \text{ N/mm}^2}{(1 - 0,38^2)} = 298 \text{ N/mm}^2$$

4.2 Materiálové parametry ocelových profilů

Materiál:	Ocel S 235
Norma:	EN 10025
Hustota:	$\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$
Mez průtažnosti:	$K_R = 235 \text{ N/mm}^2$
E-modul:	$E_{St} = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

5 Provozní data

5.1 Médium

Médium:	Voda H ₂ O
Hustota média:	$\rho_F = 1,00 \text{ g/cm}^3$

Pro charakteristický tlak p_c a návrhový tlak p_d na dně nádrže platí:

$$p_{c,n} = \rho_F \cdot g \cdot h_F = 1,00 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1140 \text{ mm} = 11,18 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{c,d} = \gamma_{F1} \cdot p_{c,n} = 1,35 \cdot 11,18 \text{ kN/m}^2 = 15,10 \text{ kN/m}^2$$

5.2 Teplota

Průměrná teplota média:	$T_M = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Maximální teplota média:	$T_{MK} = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Průměrná teplota okolního vzduchu:	$T_A = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Maximální teplota okolního vzduchu:	$T_{AK} = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

6 Kombinace zatěžovacích stavů

Při výpočtu jsou uvažovány různé zatěžovací stavy.

Vlastní tíha:	LC1 (zatěžovací stav 1)
Hydrostatický tlak:	LC2 (zatěžovací stav 2)

Následující kombinace zatěžovacích stavů jsou použity v statických výpočtech.

Kombinace zatěžovacích stavů pro pevnostní analýzu: CO1

Kombinace zatěžovacích stavů pro analýzu deformací: CO2

$$CO1 = \gamma_{F1} \cdot LC1 + \gamma_{F1} \cdot LC2$$

$$CO2 = LC1 + LC2$$

7 Posouzení bočních stěn

7.1 Pevnostní posouzení

Pro napětí platí následující.

$$K_{E,L,d,i} = \frac{M_{W,d,i}}{W_{W,i}} + \frac{N_{W,i}}{A_{W,i}}$$

Maximální ohybový moment v bočních stěnách: $M_{W,d}$
 Modul průřezu bočních stěn: W_W
 Největší normálová síla v bočních stěnách: N_W
 Plocha průřezu bočních stěn: A_W

V případě dlouhodobého zatížení musí být pro boční stěny splněny následující požadavky:

$$\eta_{K,i} = \frac{K_{E,L,d,i}}{K_{R,L,d}} \leq 1,00$$

Maximální napětí v bočních stěnách (násobeno γ_F): $K_{E,L,d}$
 Odolnosti materiálů: $K_{R,L,d}$

s

$$K_{R,L,d} = \frac{K_{L,d}^* \cdot f_s}{A_1 \cdot A_2} = \frac{7,24 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,8}{1,00 \cdot 1,00} = 5,79 \text{ N/mm}^2$$

Č. pole	b_i [mm]	$M_{W,d,i}$ [kNm]	$W_{W,i}$ [mm ³]	$N_{W,d,i}$ [kN]	$A_{W,i}$ [mm ²]	s [mm]	$K_{E,L,d,i}$ [N/mm ²]	$K_{R,L,d}$ [N/mm ²]	$\eta_{K,i}$ [-]
1	310	-0,10	37500	-0,22	15000,0	15	2,92	5,79	0,50
2	390	-0,11	37500	-0,16	15000,0	15	2,92	5,79	0,50
3	500	-0,09	37500	-0,09	15000,0	15	2,49	5,79	0,43

V případě dlouhodobého zatížení musí být pro spojení mezi bočními stěnami a dnem splněn následující požadavek:

$$\eta_K = \frac{K_{E,L,d,Eck}}{K_{R,L,d,Eck}} \leq 1,00$$

Maximální napětí mezi bočními stěnami a dnem (násobeno γ_F): $K_{E,L,d,Eck}$
 Odolnosti materiálů: $K_{R,L,d,Eck}$

s

$$K_{R,L,d,Eck} = \frac{K_{L,d}^* \cdot f_s}{A_1 \cdot A_2} = \frac{7,24 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,6}{1,00 \cdot 1,00} = 4,34 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{Eck} = -0,10 \text{ kNm}$$

$$K_{E,L,d,Eck} = \frac{M_{Eck}}{W_{Eck}} + \frac{N_{Eck}}{A_{Eck}} = \frac{-0,10 \text{ kNm}}{37500 \text{ mm}^3} + \frac{-0,22 \text{ kN}}{15000,0 \text{ mm}^2} = 2,71 \text{ N/mm}^2$$

Maximální ohybový moment mezi bočními stěnami a dnem: $M_{Eck,d}$
 Modul průřezu mezi bočními stěnami a dnem: W_{Eck}
 Maximální normálová síla mezi bočními stěnami a dnem: N_{Eck}
 Plocha průřezu mezi bočními stěnami a dnem: A_{Eck}

Musí být splněn následující požadavek.

$$\eta_K = \frac{K_{E,L,d,Eck}}{K_{R,L,d,Eck}} = \frac{2,71 \text{ N/mm}^2}{4,34 \text{ N/mm}^2} = 0,62 \leq 1,00$$

Požadavky jsou splněny.

7.2 Posouzení deformace

Pro deformaci bočních stěn musí být splněný následující požadavek:

$$\eta_f = \frac{f}{f_{lim}} \leq 1$$

$$\eta_{f,rel} = \frac{f_{rel}}{f_{lim,rel}} \leq 1$$

Maximální průhyb bočních stěn:	f
Maximální povolený průhyb bočních stěn:	f _{lim}
Maximální relativní průhyb bočních stěn:	f _{rel}
Maximální povolené relativní vychýlení bočních stěn:	f _{lim,rel}

s

$$f_{lim} = \min(a/100; b/100) = \min(1500 \text{ mm}/100; 1200 \text{ mm}/100) = 12,00 \text{ mm}$$

$$f_{lim,rel} = \delta_f \cdot s = 0,50 \cdot 15 \text{ mm} = 7,50 \text{ mm}$$

Č. pole	b _i [mm]	E _{C,Platte} [N/mm ²]	f _{F,i,rel} [mm]	f _{lim,i,rel} [mm]	η _{i,rel} [-]	f _{F,i} [mm]	f _{lim} [mm]	η _{f,i} [-]
1	310	298	2,70	7,50	0,36	3,26	12,00	0,27
2	390	298	5,41	7,50	0,72	6,34	12,00	0,53
3	500	298	5,41	7,50	0,72	6,05	12,00	0,50

Požadavky jsou splněny.

7.3 Posouzení horizontálního řezu

Poloha vodorovného řezu se nachází v místě největší deformace svislého řezu nádrže

Umístění vodorovného rámu nad spodní částí je:

$$h_{Frame} = 500 \text{ mm}$$

Liniové zatížení vodorovného řezu:

$$q_c = 0,04 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

7.3.1 Pevnostní posouzení

Pro spojení mezi bočními stěnami při působení dlouhodobých zatížení musí být splněn následující požadavek:

$$\eta_K = \frac{K_{E,L,d,Eck}}{K_{R,L,d,Eck}} \leq 1,00$$

Největší napětí v rohových částech nádrže mezi bočními stěnami: K_{E,L,d,Eck}

Odolnosti materiálů: K_{R,L,d,Eck}

s

$$K_{R,L,d,Eck} = \frac{K_{L,d}^* \cdot f_s}{A_1 \cdot A_2} = \frac{9,41 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,6}{1,00 \cdot 1,00} = 4,34 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{E,L,d,Eck} = \frac{M_{Eck,d}}{W_{Eck}} + \frac{N_{Eck,d}}{A_{Eck}} = \frac{0,01 \text{ kNm}}{37500 \text{ mm}^3} + \frac{0,04 \text{ kN}}{15000,0 \text{ mm}^2} = 0,27 \text{ N/mm}^2$$

Musí být splněn následující požadavek.

$$\eta_K = \frac{K_{E,L,d,Eck}}{K_{R,L,d,Eck}} = \frac{0,27 \text{ N/mm}^2}{4,34 \text{ N/mm}^2} = 0,06 \leq 1,00$$

Požadavky jsou splněny.

8 Posouzení vyztužení dokola

8.1 Posouzení pevnosti

Pro maximální napětí ve vyztužných profilech musí být splněny následující požadavky:

$$\eta_{K_P} = \frac{K_{P,i}}{K_{R,d}} \leq 1$$

Maximální napětí vyztužného profilu i: $K_{P,i}$

Maximální dovolené napětí pro vyztužný profil i: $K_{R,d}$

s

$$K_{R,d} = \frac{K_R}{\gamma_M} = \frac{235,00 \text{ N/mm}^2}{1,10} = 213,64 \text{ N/mm}^2$$

Napětí ve vyztužení okraje vyplývá z:

$$K_{P,i} = \frac{M_{Eck,d,i}}{W_i} + \frac{N_{Eck,d,i}}{A_i}$$

Č. pole	$a_{p,i}$ [mm]	$c_{p,i}$ [mm]	$M_{Eck,d,i}$ [kNm]	W_i [mm ³]	$N_{Eck,d,i}$ [kN]	A_i [mm ²]	$K_{P,F,i}$ [N/mm ²]	$\eta_{K_{P,i}}$ [-]
1	1590	1590	0,80	6830	3,01	481,0	123,15	0,58
2	1590	1590	0,53	6830	2,01	481,0	82,01	0,38
3	1560	1560	0,04	1290	0,15	174,0	30,68	0,14

Kromě toho se provádí ověření podle EC EN 1993-1-8 pro rohové spoje dutých profilů.

Pro maximální napětí v rozích rámu musí být splněn následující požadavek:

$$\eta_{pl,i} = \frac{K_{P,i,pl}}{K_{R,d}} \leq \kappa_i$$

s

$$K_{P,F,pl,i} = \frac{M_{Eck,i}}{W_{pl,y,i}} + \frac{N_{Eck,i}}{A_i}$$

A

$$\kappa_i = \frac{3 \cdot \sqrt{b_o/h_o}}{[b_o/t_o]^{0,8}} + \frac{1}{1 + 2 \cdot b_o/h_o}$$

s

Šířka profilu: b_o

Výška profilu: h_o

Tloušťka stěny profilu: s_o

Podle EC EN 1993-1-8 oddíl 5.3 jsou průřezy profilů klasifikovány do tříd průřezů. Průřezy třídy 1 mohou tvořit plastické klouby s dostatečnou rotační kapacitou. Proto zde lze pro návrh použít plastický modul průřezu W_{pl} .

Č. pole	Profil [-]	$h_{o,i}$ [mm]	$b_{o,i}$ [mm]	$t_{o,i}$ [mm]	$W_{el,i}$ [mm ³]	$W_{pl,i}$ [mm ³]	Třída průřezu [-]
1	RRO 60x30x3	60	30	3,0	6830	8820	Třída 1
2	RRO 60x30x3	60	30	3,0	6830	8820	Třída 1
3	RRO 30x20x2	30	20	2,0	1290	1650	Třída 1

Č. pole	$M_{Eck,d,i}$ [kNm]	$W_{pl,i}$ [mm ³]	$N_{Eck,d,i}$ [kN]	A_i [mm ²]	$K_{p,F,pl,i}$ [N/mm ²]	$\eta_{pl,i}$ [-]	κ_i [-]
1	0,80	8820	3,01	481,0	95,36	0,45	0,84
2	0,53	8820	2,01	481,0	63,51	0,30	0,84
3	0,04	1650	0,15	174,0	23,99	0,11	0,82

Požadavky jsou splněny.

8.2 Posouzení deformace

Pro maximální deformaci výztužných profilů musí být splněny následující požadavky:

$$\eta_{f_P} = \frac{f_P}{f_{lim}} \leq 1$$

Maximální průhyb profilu vyztužení: $f_{P,i}$

Maximální povolený průhyb profilu vyztužení: f_{lim}

$$f_{lim,i} = \frac{a_{p,i}}{200}$$

Č. pole	$a_{p,i}$ [mm]	$c_{p,i}$ [mm]	E [N/mm ²]	I_i [mm ⁴]	$f_{P,i}$ [mm]	$f_{lim,i}$ [mm]	$\eta_{f,i}$ [-]
1	1590	1590	210000	205000	1,09	6,00	0,18
2	1590	1590	210000	205000	0,75	6,00	0,12
3	1560	1560	210000	19400	0,54	6,00	0,09

Požadavky jsou splněny.

9 Odpovědnost a záruka

Kupující si je vědom toho, že podle dosavadního stavu techniky není možné vytvořit program, který by byl zcela bez chyb. Vzhledem k velkému počtu možností, které jsou v tomto programu k dispozici, poskytovatel licence nepřebírá žádnou záruku a/nebo odpovědnost za provedené výpočty. Poskytovatel licence dále neodpovídá za správnost základních předpisů a extrapolaci hodnot předpisů nad rámec jejich působnosti. Držitel licence nebo uživatel musí zkontrolovat výpočet a údaje sám nebo je nechat zkontrolovat odbornou expertízou, zda příslušný výpočet splňuje konkrétní podmínky a/nebo je vhodný a přípustný pro použití. Držitel licence nebo uživatel tohoto programu musí vždy zkontrolovat, do jaké míry se obsah příslušné směrnice vztahuje na daný případ a zda je existující verze programu stále platná. Vhodnost a odolnost zvoleného materiálu musí v každém případě zkontrolovat samotný držitel licence a uživatel nebo odborná expertíza. Kromě toho jakákoli statika vypočítaná pomocí tohoto programu může být považována pouze za návrh, který musí být zkontrolován uživatelem licence nebo uživatelem nebo odborníkem, zda je správný.

V každém případě platí, že poskytovatelka licence odpovídá za jakýkoli druh porušení povinnosti (předsmluvně, smluvně a mimosmluvně) týkající se náhrady škod a náhrady výdajů a dodatečného plnění pouze z hrubé nedbalosti a úmyslu, které uhradí poskytovatelka licence nebo její pomocné síly. Odpovědnost je omezena na typický smluvní škody. Odpovědnost podle zákona o ručení za výrobek a úmyslné porušení smlouvy, jakož i v případě újmy na životě osoby zůstává nedotčena.

Dále platí všeobecné obchodních a licenčních podmínek pro trvalé postoupení softwaru RITA 5.1. Ty jsou k dispozici a lze je vytisknout na internetové adrese www.roechling.com/RITA.