

Sprememba:		Opis spremembe:		Datum:		Podpis:	
Investitor: Republika Slovenija Ministrstvo za okolje in prostor Dunajska cesta 48 1000 Ljubljana				Objekt: SANACIJA PREGRADE VOGRŠČEK S PRIPADAJOČIMI OBJEKTI			
Proizvajalec: 				Del objekta: NOVI ODVZEMNI OBJEKT			
Projektant: 				Vrsta načrta/prikaza: 4. NAČRT S PODROČJA STROJNIŠTVA			
Ime in priimek: (Podpis)		Identifikacijska št.:		Vsebina dokumenta/risbe: Drsna zapornica A5 STATIČNI IZRAČUN			
Vodja projekta:		G-3884					
Pooblaščen inženir:		G-3884					
Sodelavec - Pooblaščen inženir:				Vrsta projekta:		Št. proj.:	
				PID		P-GO-35/22	
Obdelal:		G-3884		Klasifikacijska oznaka:		Stran/Št.strani:	
				-		1/22	
Datum izdelave:		Merilo:		Identifikacijska oznaka:		Rev.:	
Februar 2022				M P P V X - - 8 S 0 0 1 5			

KAZALO

1.0	UVOD.....	3
2.0	MATERIAL IN DOPUSTNE NAPETOSTI.....	4
2.1	DOPUSTNE NAPETOSTI ZA JEKLENE DELE	4
2.2	BETON	6
2.2.1	<i>Normalni obremenitveni primer.....</i>	<i>6</i>
3.0	OBTEŽBE	7
3.1	NORMALNI OBREMENITVENI PRIMER	7
4.0	TELO ZAPORNICE	8
4.1	GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PREREZA	8
4.2	NAPETOSTI	9
4.2.1	<i>Normalni obremenitveni primer.....</i>	<i>9</i>
4.2.1.1	Globalne napetosti	9
4.2.1.2	Lokalne napetosti v zajezni pločevini	10
4.2.1.3	Primerjalne napetosti v zajezni pločevini	11
4.3	KONTROLA UPOGIBA.....	11
5.0	DVIŽNA SILA	12
5.1	DVIGOVANJE	12
5.2	SPUŠČANJE	13
6.0	DVIŽNI PRIPOMOČKI.....	14
6.1	DVIŽNO UHO	15
6.2	SORNIK 2	16
6.3	UHO NA DVIŽNEM DROGU	17
6.4	DVIŽNI DROG	18
6.5	DVIŽNI JAREM	19
6.5.1	<i>Poz.1 - Nosilec HEM160</i>	<i>19</i>
6.5.2	<i>Poz. 2 – Dvižno uho</i>	<i>20</i>
6.5.3	<i>Poz. 3 – Sornik ϕ50.....</i>	<i>21</i>
7.0	LITERATURA.....	22

1.0 UVOD

V novem odzemnem objektu bo nameščena ena drsna zapornica (A5), ki zapira odprtino svetlih dimenzij B x H= 1,5 m x 3,0 m. Nameščena je na koti 80,0 m n.m..

Zapornica je sposobna odpirati samo pri izenačenih vodnih pritiskih, oziroma do tlačne difference $\Delta p = 0,5 \text{ m v. s.}$

Zapornica ima tesnjene gorvodno z notnimi gumami pritrjenimi na vbetonirano armaturo. Zajejna stena je izdelana iz nerjavne pločevine X5CrNi1810 debeline $t = 12 \text{ mm}$, obdelane na 10 mm.

Na temenu zapornice se nahajajo dvižna ušesa za pritrditev dvižnega jarma za dvigovanje ali spuščanje zapornice. Dvižni jarem je pritrjen na kavelj elektromotornega vitla.

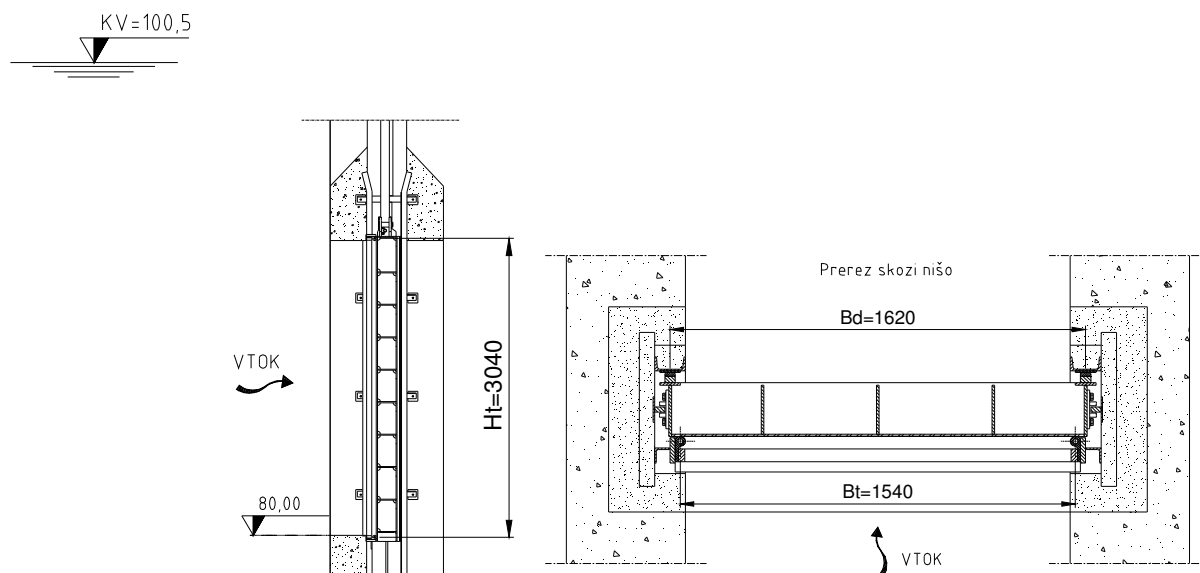
Odpira se navzdol tako, da se voda preliva s prosto gladino preko zgornjega roba zapornice v odzemni objekt. Zapornica je opremljena z lastnim elektromotornim vrvnim pogonom.

Osnovni tehnični podatki :

- svetla odprtina BxH=1500x3000 mm
- tesnilna širina Bt=1540 mm
- tesnilna višina Ht=3040 mm
- drsna širina Bd=1620 mm
- max. kota vode 100,50 m n.m
- obratovanje v izenačenih vodnih pritiskih oz. do max. tlačne difference $\Delta p = 0,5 \text{ m v. s.}$
- pogon elektromotorni vitel nosilnosti 6,3 ton

Statični izračun je narejen v skladu z DIN19704. Zapornica je prikazana na **Slika 1**.

Dvižna sila se zaradi etapnosti dviga in izenačenosti vodnih pritiskov računa za maksimalno tlačno diferenco pritiskov $\Delta p = 0,35 \text{ m v. s.}$



Slika 1

2.0 MATERIAL IN DOPUSTNE NAPETOSTI

2.1 DOPUSTNE NAPETOSTI ZA JEKLENE DELE

Dopustne napetosti so vzete po DIN 19704.

Za materiale St 37, St44 in St 52 po DIN 17100 so dopustne napetosti prikazane v tabeli 1 v skladu z DIN 19704 Tb 3.

Dopustne napetosti so podane v N/mm² ter velja:

$$10 \text{ daN/cm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$$

Tabela 1. Dopustne napetosti v N/mm² za osnovni material

DIN 19704 Tb 3

Vrsta napetosti	Konstrukcija iz 7) izdelana iz materiala								
	St 37 N/mm ²			St 42 N/mm ²			St 52 N/mm ²		
	Obtežbeni primer								
	NB	BB	AL	NB	BB	AL	NB	BB	AL
Tlak in upogibni tlak, če je potreben dokaz stabilnosti po odstavku 6.4.2	140	160	185	151	173	200	210	240	280
Nateg in upogibni nateg, če ni potreben dokaz stabilnosti po odstavku 6.4.2	160	180	210	173	195	228	240	270	315
Strig	92	104	121	100	113	131	139	156	182
Primerjalna napetost	180	192	216	195	209	235	270	288	324
Primerjalna napetost v zajezni pločevini	204	204	216	222	222	235	306	306	324
7) Za druga jekla in jekleno litino lahko dopustne napetosti menjamo v razmerju z mejo plastičnosti.									

Za vezne elemente, vijake, zakovice, zvarjene spoje so dopustne napetosti podane v tabeli 2 v skladu z DIN 19704 Tb 4.

Dopustne napetosti za strojne elemente bodo v skladu z DIN 19704 prikazane v točkah, kjer se le ti elementi računajo.

Oznake v načrtih in statičnih izračunih za materiale se bodo uporabljale po slovenskem standardu SIST in evropskih normah EN ter nemškem standardu DIN (SIST EN 10025, SIST EN 10083 in EN 10088-1) zato podajamo v tabeli 3 še primerjalne oznake za glavne materiale. Za ostale materiale bodo primerjalne oznake navedene v točkah, kjer se elementi računajo.

Tabela 2. Dopustne napetosti v N/mm² za spojna sredstva

DIN 19704 Tb 4

Spojno sredstvo		Vrsta napetosti		Konstrukcijski deli iz			Konstrukcijski deli iz			Merodajni premer
				St 37 in St 42			St 52			
				Obtežbeni primer			Obtežbeni primer			
				NB	BB	AL	NB	BB	AL	
Kovice po DIN 124 iz jekla St 36– 2 oziroma St 44 in prilagodni vijaki po DIN 7969, trdnostni razred 4.6 odn. 5.6 ⁸⁾ za konstrukcijske dele iz jekla St 37/44 oziroma St 52		Strig		140	160	185	210	240	28	Luknja
		Naleganje - pritisk		280	320	350	420	480	500	Luknja
		Vzdolžni nateg - kovica ⁹⁾		48	54	63	72	81	94	Luknja
		Vzdolžni nateg - -vijak		100	114	133	150	171	200	Jedro
Sidra z navojem ¹⁰⁾ , sidrni vijaki, vijaki po DIN 7990, trdnostni razred 4.6 oziroma 5.6 za konstruk. dele iz St 37/42 oziroma St 52		Strig		112	128	148	168	192	226	Steblo
		Naleganje -pritisk		224	256	296	336	384	452	Steblo
		Vzdolžni vlek		100	114	133	150	171	200	Jedro
Varilni šivi		Vrsta napetosti								
Oblika vara ¹¹⁾	Kvaliteta vara									
Čelni var (1) Var z dvojnim kotnim varom (2) HV var s kotnim varo (3 in 4)	Vse kvalitete varov	Slak in upogibni tlak	N n a a p e s t m o e s r t š p i r v e a č n o .	160	180	210	240	270	315	
	Dokazana kvaliteta vara ¹²⁾	Nateg in upogibni nateg		160	180	210	240	270	315	
	Nedokazana kvaliteta vara			135	150	175	170	190	220	
				160	180	210	240	270	315	
K in HV var stojine z dvojnim kotnim varom (5 in 6)	Vse kvalitete varov	Slak in upogibni tlak		135	150	175	150	170	197	
		Nateg in upogibni nateg		135	150	175	150	170	197	
HV var stojine s kotnim varom (7) Kotni vari (8-11)	Vse kvalitete varov	Slak in upogibni tlak		135	150	175	150	170	197	
		Nateg in upogibni nateg		135	150	175	150	170	197	
Vsi vari (1-11)	Vse kvalitete varov	Strig		135	150	175	150	170	197	
HV var stojine s kotnim varom (7) Kotni var (8-11)	Vse kvalitete varov	Primerjalna napetost		135	150	175	150	150	197	

Opozorilo: Pri uporabi visoko trdnostnih vijakov je potrebno upoštevati:
DAST-Richtlinie 010 (Direction), January 1974 edition
(application of high-strength screws and bolts for steel constructions)
issued by Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Eberplatz 1, 5000 Köln.

10) Za sidra brez navojev iz St 37, St 44 in St 52 veljajo napetosti iz tabele 3

11) Oznake vrst spojev z varilnim šivom odgovarjajo tabeli 1 v DIN 4101, July 1974 edition.

12) Z Rtg in ultrazvočno kontrolo je potrebno dokazati var brez razpok, veznih in korenskih napak ter vključkov razen posameznih neznatnih vključkov žilindre in por.

8) Trdnostni razred vijakov v skladu z DIN 267, Part 3

9) Vz dolžno obremenjene zakovice samo v izjemnem slučaju

Tabela 3

**PRIMERJALNE OZNAKE NAJPOGOSTEJE UPORABLJENIH SPLOŠNIH KONSTRUKCIJSKIH IN
NERJAVNIH JEKEL SIST EN - DIN**

Splošna konstrukcijska jekla (EN)

S	–	jeklo
...	–	št. oznaka meje tečenja
JR	–	žilavost 27 kJ pri 20° C
J0	–	žilavost 27 kJ pri 0° C
J2	–	žilavost 27 kJ pri -20° C
K2	–	žilavost 40 kJ pri -20° C
G1	–	nepomirjeno
G2	–	pomirjeno
G3,G4	–	različni nabavni pogoji

Primerjava EN - DIN	EN	DIN
SPLOŠNA KONSTRUKCIJSKA JEKLA SIST EN 10025	S235JR	St 37-2
	S235JRG1	USt 37-2
	S235JRG2	RSt 37-2
	S235J0	St 37-3 U
	S235J2G3	St 37-3 N
	S275JR	St 44-2
	S275J0	St 44-3 U
	S275J2G3	St 44-3 N
	S355JR	–
	S355J0	St 52-3 U
	S355J2G3	St 52-3 N
EN 10088		
MARTENZITNO NERJAVNO	X17CrNi16-2	X 20 CrNi 17 2
AVSTENITNO NERJAVNO	X5CrNi18-10	X 5 CrNi 18 10
	X6CrNiTi18-10	X6CrNiTi1810

2.2 BETON

Vbetonirani deli se vgradijo v sekundarni beton C20/25 z računsko tlačno trdnostjo $f_{CK} = 20 \text{ N/mm}^2$ po EN 1992-1.

2.2.1 Normalni obremenitveni primer

Dopustne napetosti:

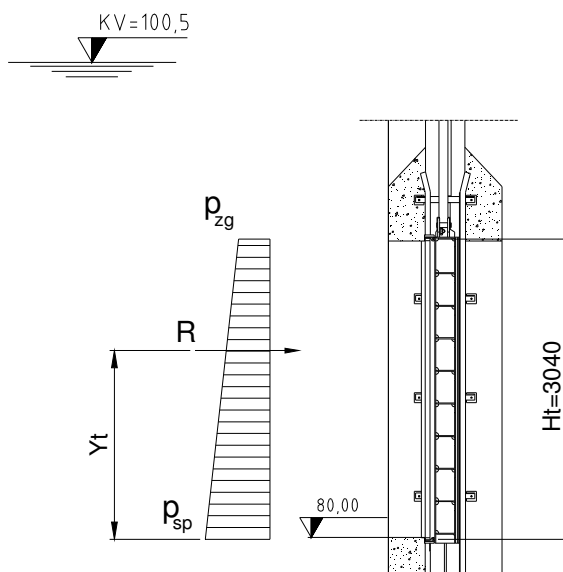
$$\sigma_{b,dop} = \frac{f_{CK}}{\gamma_F \cdot \gamma_c} = \frac{20}{1,35 \cdot 1,50} = 10 \text{ N/mm}^2$$

$\gamma_F = 1,35$ varnostni faktor obremenitve za normalni obremenitveni primer

$\gamma_c = 1,50$ varnostni faktor materiala za normalni obremenitveni primer

3.0 OBTEŽBE

3.1 NORMALNI OBREMITVENI PRIMER



Slika 2

Maksimalni vodni pritisk $p_{\max}$, ki deluje na zapornico A₅ je:

$$p_{sp} = KV - KP = 100,5 - 80,00 = 20,5 \text{ m v. s.} = 0,205 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{zg} = 20,5 - 3,04 = 17,46 \text{ m v. s.} = 0,175 \text{ N/mm}^2$$

$$K_V = 100,5 \text{ m} \dots \dots \dots \text{kota vode}$$

$$K_P = 80,0 \text{ m} \dots \dots \dots \text{kota praga zapornice A}_5$$

Rezultanta hidrostatsičnega pritiska:

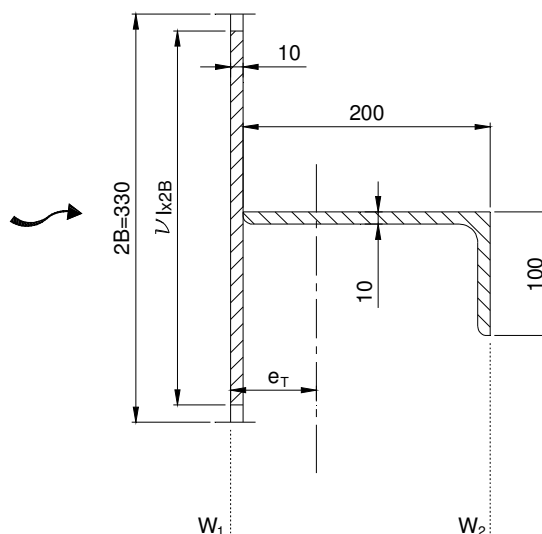
$$R = \frac{P_{sp} + P_{zg}}{2} \cdot H_t \cdot B_t = \frac{0,205 + 0,175}{2} \cdot 3040 \cdot 1540 = 889504 \text{ N} \approx 890 \text{ kN}$$

Položaj rezultante hidrostatsičnega pritiska:

$$Y_t = \frac{H_t}{3} \frac{P_{sp} + 2 \cdot P_{zg}}{P_{sp} + P_{zg}} = \frac{3040}{3} \frac{0,205 + 2 \cdot 0,175}{0,205 + 0,175} = 1480 \text{ mm}$$

4.0 TELO ZAPORNICE

4.1 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PREREZA



Slika 3

$$\frac{L}{B} = \frac{1620 \cdot 2}{330} = 9,8 \rightarrow \nu_I = 0,92$$

$$L = B_d = 1620 \text{ mm}$$

$$2B = 330 \text{ mm}$$

$$\nu_I \cdot 2B = 0,92 \cdot 330 = 303,6 \text{ mm}$$

Površina prereza:

$$A = 303,6 \cdot 10 + 2920 = 5956 \text{ mm}^2$$

Položaj težišča prereza:

$$e_T = \frac{303,6 \cdot 10 \cdot 5 + 2920 \cdot 140,7}{5956} = 69,5 \text{ mm}$$

Vztrajnostni moment prereza:

$$I = 303,6 \cdot 10 \cdot 64,5^2 + 1220 \cdot 10^4 + 2920 \cdot 71,2^2 = 3,9633 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Odpornostni moment prereza:

$$W_1 = \frac{3,9633 \cdot 10^7}{69,5} = 5,7026 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = \frac{3,9633 \cdot 10^7}{140,5} = 2,8208 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

Strižna površina prereza:

$$A_{str} = (200 - 2 \cdot 30) \cdot 10 = 1400 \text{ mm}^2$$

4.2 NAPETOSTI

4.2.1 Normalni obremenitveni primer

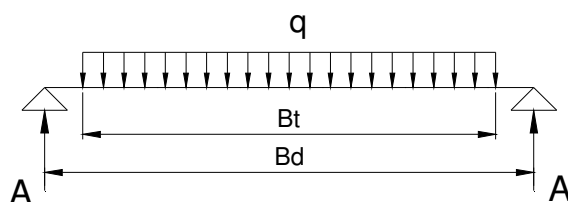
4.2.1.1 Globalne napetosti

$$\sigma_1 = -\frac{M_{max}}{W_1} = -\frac{2,2155 \cdot 10^7}{5,7026 \cdot 10^5} = -38,8 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 96 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{W_2} = \frac{2,2155 \cdot 10^7}{2,8208 \cdot 10^5} = 78,5 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{b,dop} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{Q_{max}}{A_{str}} = \frac{52129}{1400} = 37,2 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop} = 92 \text{ N/mm}^2$$

Statična shema:



Slika 4

$$M_{max} = \frac{q \cdot B_t^2}{8} + A \cdot \frac{(B_d - B_t)}{2} = \frac{67,7 \cdot 1540^2}{8} + 52129 \cdot \frac{1620 - 1540}{2} = 2,2155 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$A = \frac{q \cdot B_t}{2} = \frac{67,7 \cdot 1540}{2} = 52129 \text{ N} = Q_{max}$$

$$q = 2B \cdot P_{sp} = 330 \cdot 0,205 = 67,7 \text{ N/mm}$$

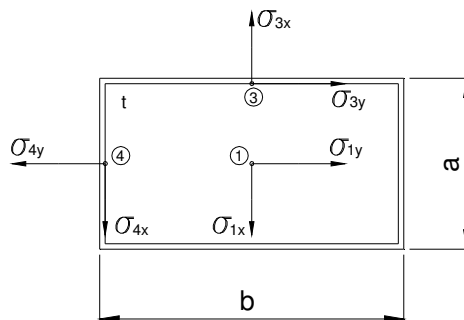
Dopustne napetosti za material X5CrNi18-10:

$$\sigma_{dop} = \frac{f_y}{\gamma_F \cdot \gamma_M} = \frac{195}{1,35 \cdot 1,5} = 96 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dop} = \frac{\sigma_{dop}}{\sqrt{3}} = \frac{116}{\sqrt{3}} = 55 \text{ N/mm}^2$$

$f_y = 195 \text{ N/mm}^2$ meja plastičnosti za material X5CrNi18-10

4.2.1.2 Lokalne napetosti v zajezi pločevini



Slika 5

$$\frac{b}{a} = \frac{450}{330} = 1,36 \sim 1,4$$

$$\sigma = \frac{k \cdot P \cdot a^2}{100 \cdot t^2}$$

$$k(\sigma_{1x}) = \mp 21$$

$$k(\sigma_{1y}) = \mp 12,2$$

$$k(\sigma_{3x}) = \pm 45,5$$

$$k(\sigma_{4y}) = \pm 34,3$$

$$\sigma_{1x} = \frac{\mp 21 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \mp 46,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{1y} = \frac{\mp 12,2 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \mp 21,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3x} = \frac{\pm 45,5 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \pm 101,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3y} = 0,3 \cdot (\pm 101,6) = \pm 30,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{4y} = \frac{\pm 34,3 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \pm 76,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{4x} = 0,3 \cdot (\pm 76,6) = \pm 23,0 \text{ N/mm}^2$$

4.2.1.3 Primerjalne napetosti v zajezni pločevini

$$\sigma_{pr} = \sqrt{\sigma_{x,tot}^2 + \sigma_{y,tot}^2 - \sigma_{x,tot} \sigma_{y,tot}} \leq \sigma_{pr,tot,dop}$$

Točka 3:

$$\sigma_{x,tot} = \sigma_{3x} = \pm 101,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y,tot} = \sigma_1 + \sigma_{3y} = -38,8 \pm 30,5 = -8,3(-69,3) \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pr,tot} = \sqrt{101,6^2 + 8,3^2 - (101,6)(-8,3)} = 106,0 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,tot,dop} = 131 \text{ N/mm}^2$$

Točka 4:

$$\sigma_{x,tot} = \sigma_{4x} = \pm 23,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y,tot} = \sigma_1 + \sigma_{4y} = -38,8 \pm 76,6 = 37,8(-115,4) \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pr,tot} = \sqrt{23,0^2 + 115,4^2 - (-23,0)(-115,4)} = 105,8 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,tot,dop} = 131 \text{ N/mm}^2$$

4.3 KONTROLA UPOGIBA

$$\vartheta = \frac{5 \cdot q_{NB} \cdot B_d^4}{384 EI} = \frac{5 \cdot 67,7 \cdot 1620^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 3,9633 \cdot 10^7} = 0,73 \text{ mm} < \vartheta_{dop} = \frac{B_d}{600} = \frac{1620}{600} = 2,7 \text{ mm}$$

5.0 DVIŽNA SILA

5.1 DVIGOVANJE

Odvzem vode iz poljubne odprtine je omogočen z odpiranjem zapornic navzdol in sicer samo ene istočasno in po vrstnem redu glede na kote odprtin (od A1 – A5).

Odpiranje naslednje zapornice je mogoče le ko gladina vode pade na koto praga višje zapornice.

Odpiranje je možno v izenačenih vodnih pritiskih kakor tudi pri max. tlačni diferenci vodnih pritiskov od $\Delta p = 0,5 \text{ m v. s.}$

Hidrostaticni pritisk merodajen za izračun dvižnih sil: $\Delta p = 0,5 \text{ m v. s.} = 0,005 \text{ N/mm}^2$

Dvižna sila:

$$F_{dv} = f \cdot [G_z + G_{DJ} + B + \Sigma F_{tr}] = 1,25 \cdot [12,0 + 3,2 + 3,4 + 12,6] = 39,0 \text{ kN}$$

$f = 1,25$ varnostni faktor

$G_z \cong 12,0 \text{ kN}$ teža zapornice

$G_{DJ} = 3,2 \text{ kN}$ teža dvižnega jarma

$B = 3,4 \text{ kN}$ teža betonskega balasta

Sila trenja (ΣF_{tr}):

$$\Sigma F_{tr} = F_{tr,t} + F_{tr,l} + F_{tr,\Delta p} = 4213,6 + 3664 + 4681,6 = 12559,2 \text{ N} \cong 12,6 \text{ kN}$$

- Sila trenja v tesnilih ($F_{tr,t}$)

$$F_{tr,t} = \mu_g \cdot [(\bar{p}b + f_{pr}) \cdot 2H_t + (\bar{p}b + f_{pr}) \cdot 2B_t] = 0,23 \cdot [2 \cdot 2 \cdot 3040 + 2 \cdot 2 \cdot 1540] = 4213,6 \text{ N}$$

$\mu_g = 0,23$ koef. trenja v TCT tesnilih

$f_{pr} = 2 \text{ N/mm}$ sila prednapetja gume

- Sila trenja v drsnih letvah zaradi prednapetja gume ($F_{tr,l}$)

$$F_{tr,l} = \mu_1 \cdot [(\bar{p}b + f_{pr}) \cdot 2 \cdot H_t + (\bar{p}b + f_{pr}) \cdot 2B_t] = 0,2 \cdot [2,0 \cdot 2 \cdot 3040 + 2,0 \cdot 2 \cdot 1540] = 3664 \text{ N}$$

$\mu_1 = 0,2$ koef. trenja v drsnih letvah

- Sila trenja v drsnih letvah zaradi difference vodnih gladin $\Delta h = 50 \text{ cm}$ ($F_{tr,\Delta p}$)

$$F_{tr,\Delta p} = \mu_1 \cdot R = 0,2 \cdot 23408 = 4681,6 \text{ N}$$

$$R = \Delta p \cdot H_t \cdot B_t = 0,005 \cdot 3040 \cdot 1540 = 23408 \text{ N}$$

5.2 SPUŠČANJE

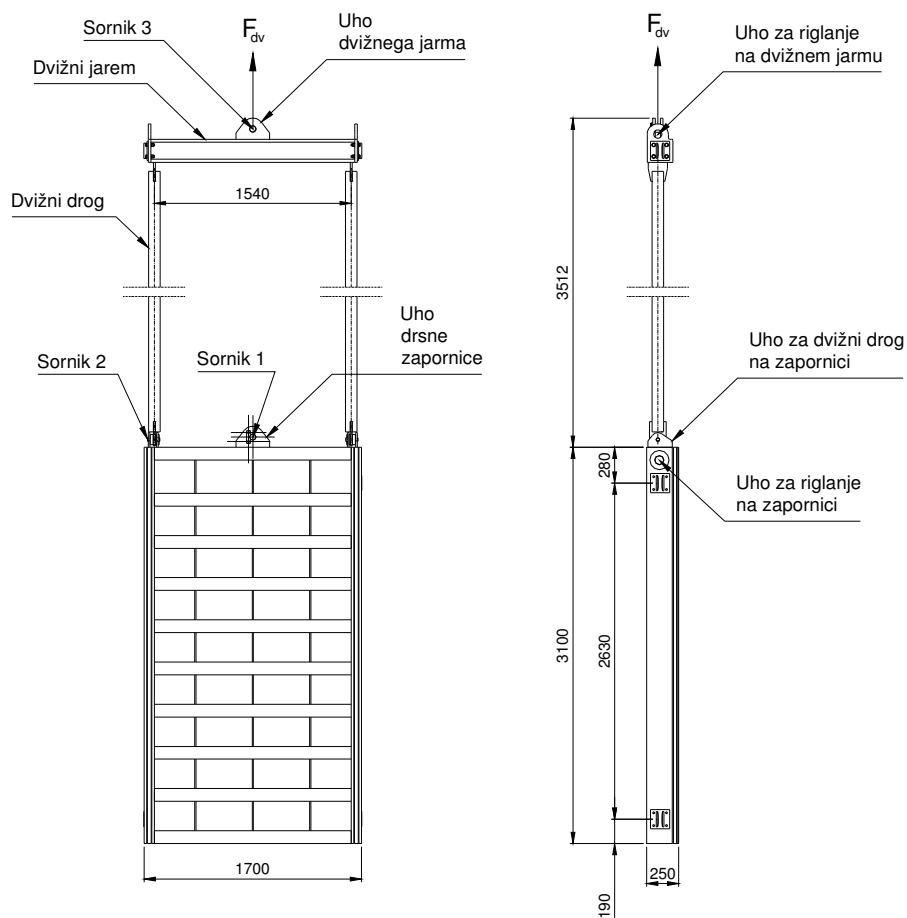
Za varno spuščanje zapornice mora biti izpolnjen pogoj:

$$G_z + G_{dJ} + B - 1,25 \cdot \Sigma F_{tr} > 0$$

$$12,0 + 3,2 + 3,4 - 1,25 \cdot 12,6 = 2,9 \text{ kN} > 0$$

Zapornico je možno spuščati z lastno težo do razlike vodnih gladin največ $\Delta h_{max} = 50 \text{ cm}$.

6.0 DVIŽNI PRIPOMOČKI

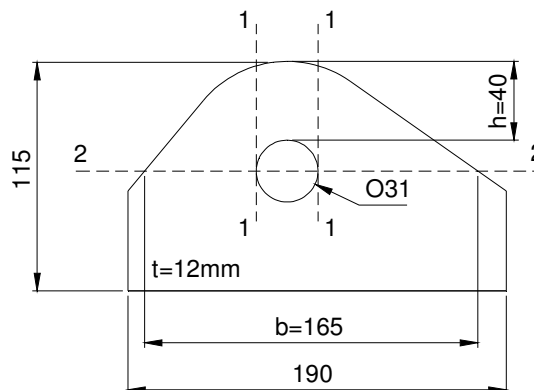


Slika 6

$F_{dv} = 6300 \text{ kg} = 63000 \text{ N}$ za dvižno silo je privzeta max. nosilnost vitla

6.1 DVIŽNO UHO

Uho je narejeno iz materiala S235J2.



Slika 7

Sila na dvižno uho:

$$F_u = \frac{F_{dv}}{4} = \frac{63000}{4} = 15750 \text{ N}$$

Prerez 1-1

$$\sigma_{1-1} = \frac{F_u}{(2 \cdot h \cdot t)} = \frac{15750}{2 \cdot 40 \cdot 12} = 16,4 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 116 \text{ N/mm}^2$$

Prerez 2-2

$$\sigma_{2-2} = \frac{F_u}{(b - d) \cdot t} = \frac{15750}{(165 - 31) \cdot 12} = 9,8 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 116 \text{ N/mm}^2$$

Kontaktни pritisk uho – sornik

$$\sigma_k = \frac{F_u}{d \cdot t} = \frac{15750}{31 \cdot 12} = 42,3 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 116 \text{ N/mm}^2$$

Napetost v zvaru $a_1 = 5 \text{ mm}$ (uho – zapornica)

$$\tau_{zv} = \frac{F_u}{2 \cdot a_1 \cdot I_{zv,1}} = \frac{15750}{2 \cdot 5180} = 8,8 \text{ N/mm}^2 < \tau_{zv,dop} = 67 \text{ N/mm}^2$$

$$I_{zv,1} = 190 - 2 \cdot a_{zv,1} = 190 - 2 \cdot 5 = 180 \text{ mm}$$

Dopustne napetosti:

$$\sigma_{dop} = \frac{f_y}{\gamma_F \cdot \gamma_M} = \frac{235}{1,35 \cdot 1,5} = 116 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dop} = \frac{\sigma_{dop}}{\sqrt{3}} = \frac{116}{\sqrt{3}} = 67 \text{ N/mm}^2$$

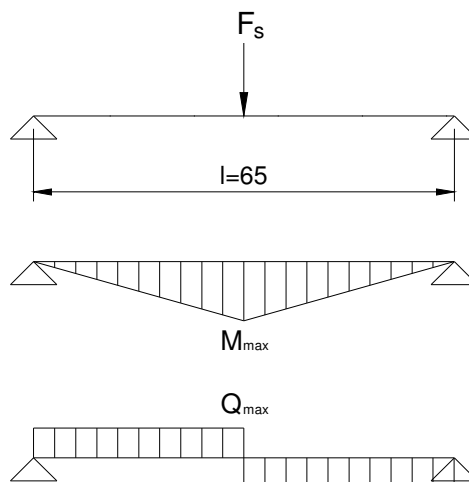
$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ meja plastičnosti za material S235J2

6.2 SORNIK 2

Sornik je narejen iz materiala X17CrNi16-2 .

Premer sornika je $\varnothing 30\text{mm}$.

Statična shema:



Slika 8

$$M_{max} = \frac{F_s \cdot l}{4} = \frac{31500 \cdot 65}{4} = 5,1187 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$F_s = \frac{F_{dv}}{2} = \frac{63000}{2} = 31500 \text{ N}$$

$$l = 65 \text{ mm}$$

$$Q_{max} = \frac{F_s}{2} = \frac{31500}{2} = 15750 \text{ N}$$

Napetosti:

$$\sigma_s = \frac{M_{max}}{W} = \frac{5,1187 \cdot 10^5}{2650} = 193,2 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 236 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = 1,33 \cdot \frac{Q_s}{A_{s, str}} = 1,33 \cdot \frac{15750}{707} = 29,6 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop} = 136 \text{ N/mm}^2$$

- odpornostni moment sornika

$$W_s = \frac{d^3 \pi}{32} = \frac{30^3 \cdot \pi}{32} = 2650 \text{ mm}^3$$

- Strižna površina sornika

$$A_{s, str} = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{30^2 \cdot \pi}{4} = 707 \text{ mm}^2$$

Dopustne napetosti:

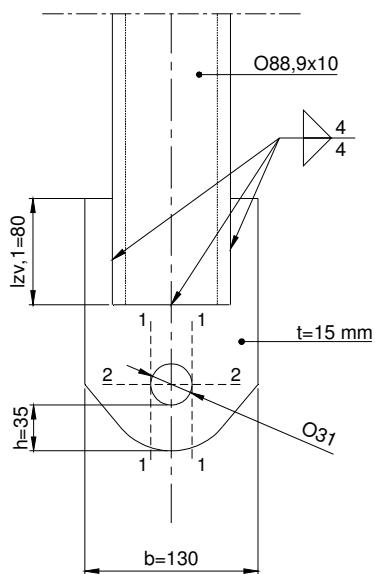
$$\sigma_{dop} = \frac{f_y}{\gamma_F \cdot \gamma_M} = \frac{550}{1,35 \cdot 1,5} = 272 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dop} = \frac{\sigma_{dop}}{\sqrt{3}} = \frac{272}{\sqrt{3}} = 91 \text{ N/mm}^2$$

$f_y = 550 \text{ N/mm}^2$ meja plastičnosti za material X17CrNi16-2

6.3 UHO NA DVIŽNEM DROGU

Uho je narejeno iz S355J2.



Slika 9

Sila na uho:

$$F_{dr} = \frac{F_{dv}}{2} = \frac{63000}{2} = 31500 \text{ N}$$

Prerez 1-1

$$\sigma_{1-1} = \frac{F_{dr}}{(2 \cdot h \cdot t)} = \frac{31500}{2 \cdot 35 \cdot 15} = 30 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 175 \text{ N/mm}^2$$

Prerez 2-2

$$\sigma_{2-2} = \frac{F_{dr}}{(b - b_1) \cdot t} = \frac{31500}{(130 - 31) \cdot 15} = 21,2 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 175 \text{ N/mm}^2$$

Kontaktni pritisk uho – sornik

$$\sigma_k = \frac{F_{dr}}{d \cdot t} = \frac{31500}{31 \cdot 15} = 67,7 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 175 \text{ N/mm}^2$$

Napetost v zvaru

$$\tau_{zv,dop} = \frac{F_{dr}}{4 \cdot a_{zv} \cdot I'_{zv,1}} = \frac{31500}{4 \cdot 4 \cdot 72} = 27,3 \text{ N/mm}^2 < \tau_{zv,dop} = 82 \text{ N/mm}^2$$

$$I'_{zv,1} = I_{zv,1} - 2a_{zv} = 80 - 2 \cdot 4 = 72 \text{ mm}$$

Dopustne napetosti:

$$\sigma_{dop} = \frac{f_y}{\gamma_F \cdot \gamma_M} = \frac{355}{1,35 \cdot 1,5} = 175 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dop} = \frac{\sigma_{dop}}{\sqrt{3}} = \frac{175}{\sqrt{3}} = 101 \text{ N/mm}^2$$

$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ meja plastičnosti za material S355J2

6.4 DVIŽNI DROG

Dvižni drog je narejen iz cevi $\phi 88,9 \times 10$, kvalitete S235.

Dvižni drog je natezno obremenjen s silo:

$$F_{dr} = \frac{F_{dv}}{2} = 31500 \text{ N}$$

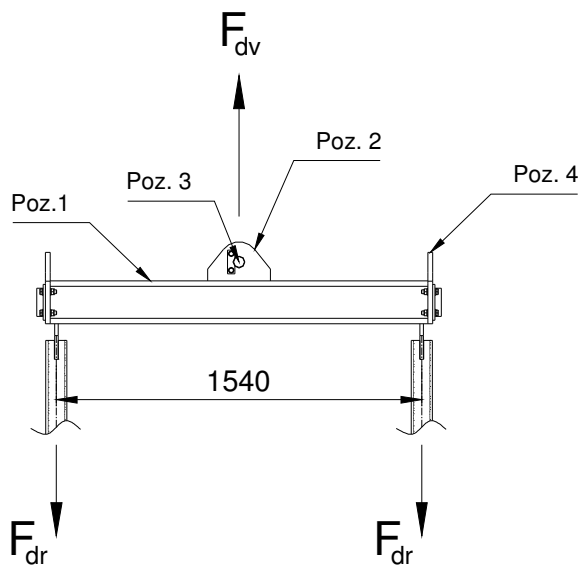
Napetost v drogu:

$$\sigma_z = \frac{F_{dr}}{A_d} = \frac{31500}{2480} = 12,7 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 94 \text{ N/mm}^2$$

$A_d = 2480 \text{ mm}^2$ površina prereza cevi $\phi 88,9 \times 10 \text{ mm}$

6.5 DVIŽNI JAREM

Dvižni jarem je prikazan na **Slika 10**.



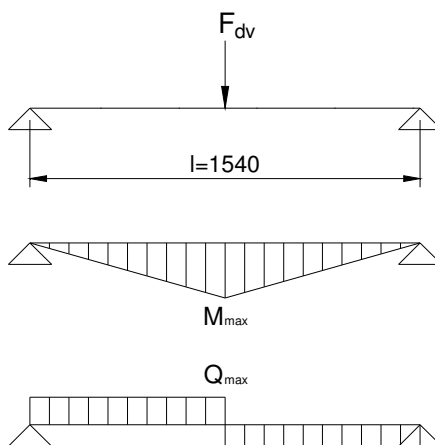
Slika 10

$$F_{dv} = 63000 \text{ N}$$

$$F_{dr} = \frac{F_{dv}}{2} = \frac{63000}{2} = 31500 \text{ N}$$

6.5.1 Poz.1 - Nosilec HEM160

Statična shema:



Slika 11

$$M_{max} = \frac{F_{dv} \cdot L}{4} = \frac{63000 \cdot 1540}{4} = 2,4255 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Q_{max} = \frac{F_{dv}}{2} = 31500 \text{ N}$$

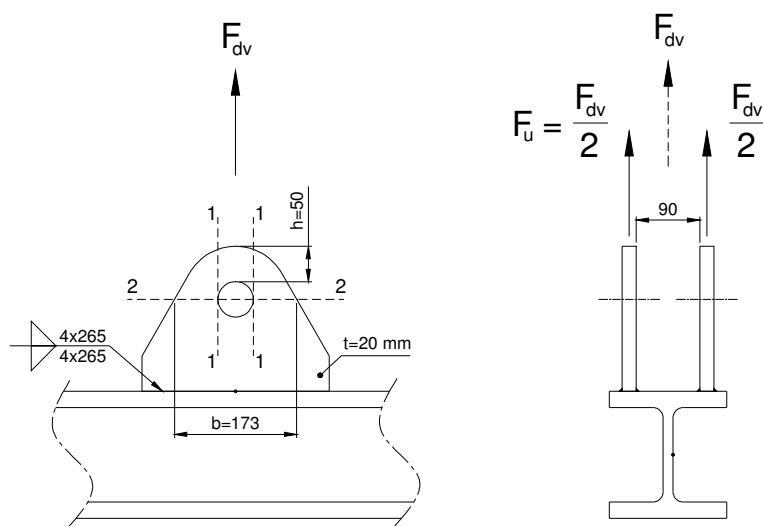
Napetosti v nosilcu:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{2,4255 \cdot 10^7}{3,11 \cdot 10^5} = 78 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 116 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 1,5 \cdot \frac{Q_{max}}{A} = 1,5 \cdot \frac{31500}{5430} = 8,7 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop} = 67 \text{ N/mm}^2$$

6.5.2 Poz. 2 – Dvižno uho

Uho je narejeno iz materiala S355J2 in je prikazano na **Slika 12**.



Slika 12

Sila na uho:

$$F_u = \frac{F_{dv}}{2} = \frac{63000}{2} = 31500 \text{ N}$$

Prerez 1-1

$$\sigma_{1-1} = \frac{F_{du}}{(2 \cdot h \cdot t)} = \frac{31500}{2 \cdot 60 \cdot 20} = 13,1 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 175 \text{ N/mm}^2$$

Prerez 2-2

$$\sigma_{2-2} = \frac{F_{du}}{(b - d) \cdot t} = \frac{31500}{(217 - 51) \cdot 20} = 9,5 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 175 \text{ N/mm}^2$$

Napetost v zvaru (uho – nosilec):

$$\tau_{zv} = \frac{F_{du}}{2 \cdot a_{zv} \cdot I'_{zv,1}} = \frac{31500}{2 \cdot 4,0 \cdot 257} = 15,3 \text{ N/mm}^2 < \tau_{zv,dop} = 101 \text{ N/mm}^2$$

$$I'_{zv} = I_{zv} - 2a_{zv} = 265 - 2 \cdot 4,0 = 257 \text{ mm}$$

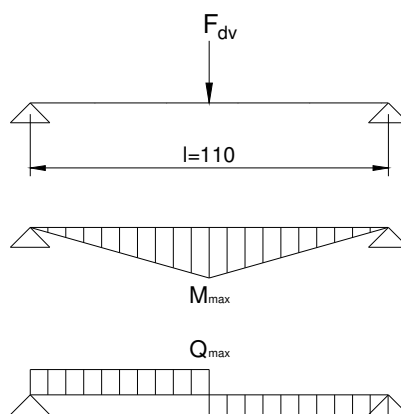
Kontaktni pritisk sornik – uho

$$\sigma_k = \frac{F_{du}}{d \cdot t} = \frac{31500}{51 \cdot 20} = 30,9 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 175 \text{ N/mm}^2$$

6.5.3 Poz. 3 – Sornik $\phi 50$

Sornik je narejen iz materiala X17CrNi16-2

Statična shema:



Slika 13

$$M_{max} = \frac{F_{dv} \cdot L}{4} = \frac{63000 \cdot 110}{4} = 1,7325 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Q_{max} = \frac{F_{dv}}{2} = \frac{63000}{2} = 31500 \text{ N}$$

Napetosti v nosilcu:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{1,7325 \cdot 10^6}{1,226 \cdot 10^4} = 141,3 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 272 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 1,33 \cdot \frac{Q_{max}}{A_{str}} = 1,33 \cdot \frac{31500}{1962} = 21,4 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop} = 91 \text{ N/mm}^2$$

$$W = \frac{d^3 \cdot \pi}{32} = \frac{50^3 \cdot \pi}{32} = 1,226 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$A_{str} = \frac{d^3 \cdot \pi}{4} = \frac{50^3 \cdot \pi}{4} = 1962 \text{ mm}^2$$

7.0 LITERATURA

- (1) Strojniški priročnik, B. Kraut, Ljubljana 1987
- (2) It-priručnik, otpornost materiala, Beograd 1970
- (3) DIN 19704-1, 19704-2, 19704-3; Maj 1998



MONTAVAR PROJEKT LJ d.o.o.,

Družba za projektiranje, inženiring in svetovanje

SI-1000 LJUBLJANA, Valjahunova ulica 11

Tel.: 01-4345672, Tel. 01-4345673, Tel.: 01-4345674, Tel. 01-4345675, Fax.: 01-4345621

Izdelal: Martin Cmrekar, univ.dipl.inž.grad.

Čistopis: Martin Cmrekar, univ.dipl.inž.grad.

Ljubljana, februar 2022