

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: Fine rešetke FR4 in FR5 STATIČNI IZRAČUN			
Vodja projekta: Martin Cmrekar u.d.i.g.		G-3884					
Pooblaščen inženir: Martin Cmrekar u.d.i.g.		G-3884					
Sodelavec - Pooblaščen inženir:				Vrsta projekta:		Št. proj.: P-GO-35/22	
Obdelal: Martin Cmrekar u.d.i.g.		G-3884		Klasifikacijska oznaka:		Stran/Št.strani: 1/11	
Datum izdelave: Februar 2022		Merilo:		Identifikacijska oznaka:		Rev.:	
				M P P V X - - 8 S 0 0 1 3			

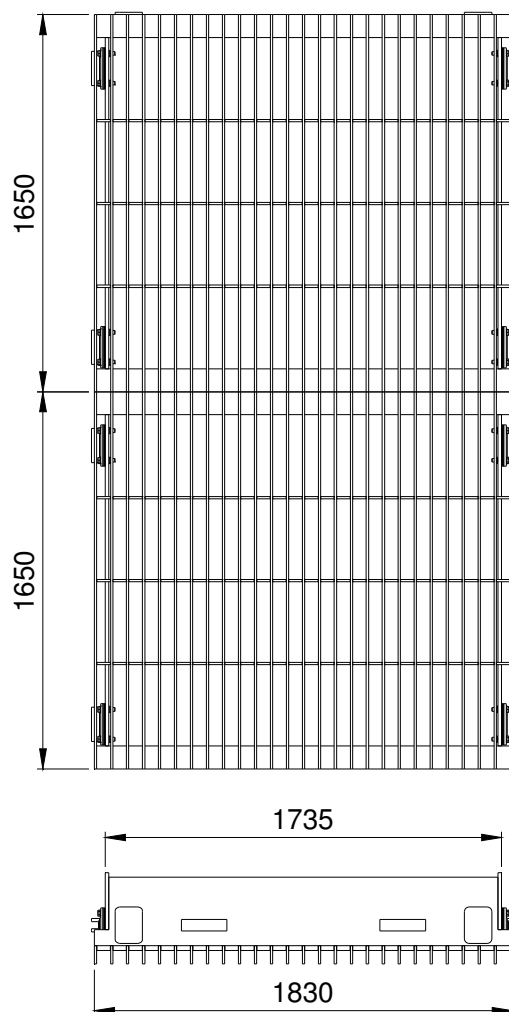
KAZALO

1.0	UVOD	3
2.0	MATERIAL IN DOPUSTNE NAPETOSTI	4
2.1	DOPUSTNE NAPETOSTE ZA JEKLENE DELE.....	4
2.2	DOPUSTNE NAPETOSTI ZA BETON	6
3.0	OBREMENITEV	8
4.0	LAMELE.....	8
4.1	NAPETOSTI.....	8
4.2	VARNOST PROTI VIBRACIJAM.....	9
5.0	GLAVNI HORIZONTALNI NOSILEC.....	10
6.0	DVIŽNA SILA ZA ENO SEKCIJO	10
7.0	LITERATURA.....	11

1.0 UVOD

Pred zapornico A₅ se nahaja izvlečna fina rešetka FR₄ svetlih dimenzij B x H= 1,5 m x 3,0 m. Izvlači in vstavlja se s pomočjo dvižnih klešč in konzolnega dvigala. Izdelana je iz jekla S235 J2 in sestoji iz 2 sekcij. Prikazana je na Slika 1.

Izvlečna fina rešetka FR₅ se nahaja pred kotalno zapornico B1 in je enakih dimenzij kot FR₄ le da je za 0,3 m nižja. Nahaja se na odprtini svetlih dimenzij B x H= 1,5 m x 2,7 m.



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. Dopusne napetosti v N/mm² za spojna sredstva

DIN 19704 Tb 4

Spojno sredstvo		Vrsta napetosti		Konstrukcijski deli iz St 37 in St 42			Konstrukcijski deli iz St 52			Merodajni premer		
				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 dvojnimi kotnim varom (2) HV var s kotnim varom (3 in 4)	Vse kvalitete varov	Tlak 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	
	K in HV var stojine z dvojnimi kotnim varom (5 in 6)	Vse kvalitete varov		Tlak in upogibni tlak	160	180	210	240	270		315	
Nateg in upogibni nateg				135	150	175	150	170	197			
HV var stojine s kotnim varom (7) Kotni vari (8-11)	Vse kvalitete varov	Tlak 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.

8) Trdnostni razred vijakov v skladu z DIN 267, Part 3
9) Vz dolžno obremenjene zakovice samo v izjemnem slučaju

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 žlindre in por.

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.

8) Trdnostni razred vijakov v skladu z DIN 267, Part 3
9) Vzdržljiva obremenjena zakovica samo v izjemnem slučaju

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 žlindre in por.

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 Dopustne napetosti za beton

Vbetonirani deli se vgradijo v sekundarni beton C20/25 z računsko tlačno trdnostjo:

$$f_{ck} = 20 \text{ N / mm}^2 \text{ po EN 1992-1.}$$

Normalni obremenitveni primer (NB):

$$\sigma_{dop,NB} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{F,NB} \cdot \gamma_{c,NB}} = \frac{20}{1,5 \cdot 1,5} = 9 \text{ N / mm}^2$$

$\gamma_{F,NB} = 1,5$ varnostni faktor za NB primer

$\gamma_{c,NB} = 1,5$ varnostni faktor za material za NB primer

Izredni obremenitveni primer (AL):

$$\sigma_{dop,AL} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{F,AL}} = \frac{20}{1,1} = 18 \text{ N / mm}^2$$

$\gamma_{F,AL} = 1,1$ varnostni faktor za AL primer

$\gamma_{c,AL} = 1,2$ varnostni faktor za material za AL primer

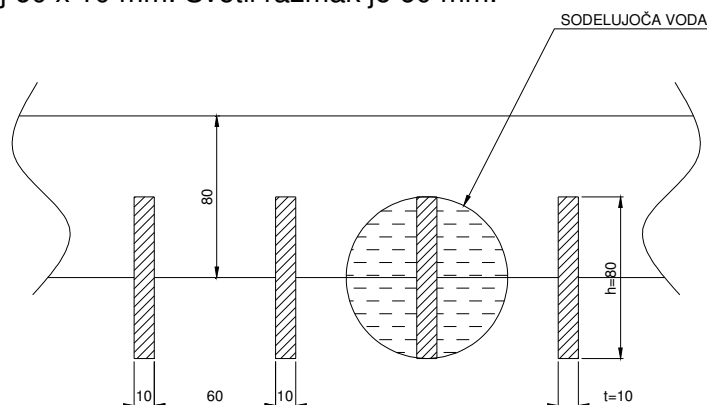
3.0 OBREMENITEV

Grobe rešetke dimenzioniramo na diferenčni pritisk $\Delta p = 3,0 \text{ m v.s.}$

4.0 LAMELE

4.1 Napetosti

Lamele so dimenzij 60 x 10 mm. Svetli razmak je 60 mm.



Slika 2

$$\sigma = \pm \frac{M}{W} = \pm \frac{7,147 \cdot 10^5}{1,067 \cdot 10^4} = \pm 67,0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{2,1 \cdot 1650^2}{8} = 7,147 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$q = \Delta p \cdot s = 0,03 \cdot 70 = 2,1 \text{ N/mm}$$

$$W = \frac{10 \cdot 80^2}{6} = 1,067 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

- dopustne napetosti

$$\sigma_{dop} = \frac{f_y}{\gamma_F \cdot \gamma_M} = \frac{235}{1,35 \cdot 1,1} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dop} = \frac{\sigma_{dop}}{\sqrt{3}} = \frac{158}{\sqrt{3}} = 91 \text{ N/mm}^2$$

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

$\gamma_F = 1,35$ faktor obremenitve

$\gamma_M = 1,1$ faktor materiala

4.2 Varnost proti vibracijam

Varnost proti vibracijam je definirana kot razmerje med lastno frekvenco (φ_0) in vzbujevalno frekvenco (φ_{vzb}), pri čemer mora biti izpolnjen pogoj:

$$\frac{\varphi_0}{\varphi_{vzb}} \geq 2,5$$

Lastna frekvenca (φ_0):

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_s}{m}} = \frac{\pi}{2 \cdot 0,36^2} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 6,667 \cdot 10^{-9}}{11,31}} = 135 s^{-1}$$

$l = 360 mm$ razdalja med horizontalnimi pločevinami

$$I_s = \frac{h \cdot t^3}{12} = \frac{80 \cdot 10^3}{12} = 6667 mm^4 = 6,667 \cdot 10^{-9} m^4$$

$$E = 2,1 \cdot 10^{-5} N/mm^2 = 2,1 \cdot 10^{11} N/m^2$$

$$m_j = h \cdot t \cdot \rho_j = 80 \cdot 10 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,00628 kg/mm = 6,28 kg/m$$

$$m_v = \frac{\pi \cdot h^2}{4} \cdot \rho_v = \frac{\pi \cdot 80^2}{4} \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,005027 kg/mm = 5,03 kg/m$$

$$m = m_j + m_v = 6,28 + 5,03 = 11,31 kg/m$$

Vzbujevalna frekvenca (φ_{vzb}):

$$\varphi_{vzb} = \frac{S_t \cdot v_{\max}}{t} = \frac{0,22 \cdot 1,73}{0,01} = 38,1 s^{-1}$$

$$S_t = 0,14 + 0,01 \cdot \frac{h}{t} = 0,14 + 0,01 \cdot \frac{80}{10} = 0,22$$
Strouhalovo število

- hitrost skozi rešetko FR4

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,1} = 1,4 m/s$$
hitrost vodnega toka skozi rešetko

$$\Delta h = 0,1 m$$
razlika vodnih gladin pred in za rešetko

- hitrost skozi rešetko FR5

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{7}{4,05} = 1,73 m/s = v_{\max}$$
hitrost vodnega toka skozi rešetko

$$Q = 7,0 m^3/s$$
pretok skozi rešetko FR5

$$S = 1,5 \cdot 2,7 = 4,05 m^2$$
površina rešetke

$$\frac{\varphi_0}{\varphi_{vzb}} = \frac{135}{38,1} = 3,5 \geq 2,5$$
pogoj je izpolnjen

5.0 GLAVNI HORIZONTALNI NOSILEC

Glavni horizontalni nosilec je valjan profil UNP300 izdelan iz materiala S235J2+N.

Napetost v nosilcu:

$$\sigma = \pm \frac{M}{W} = \pm \frac{8,959 \cdot 10^6}{5,35 \cdot 10^5} = \pm 16,7 \text{ N/mm}^2 \quad \langle \sigma_{dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{24,8 \cdot 1700^2}{8} = 8,959 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$q = \Delta p \cdot \frac{h}{2} = 0,03 \cdot \frac{1650}{2} = 24,8 \text{ N/mm}$$

$$W = 535 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots \text{odpornostni moment za UNP300}$$

6.0 DVIŽNA SILA ZA ENO SEKCIJO

$$F_{dv} = f \cdot (G_{1s} + G_{dk}) = 1,25 \cdot (6,0 + 3) \cong 12 \text{ kN}$$

$$f = 1,25 \dots\dots\dots \text{varnostni faktor}$$

$$G_{1s} \cong 6,0 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{teža ene sekcije rešetke}$$

$$G_{dk} \cong 3,0 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{teža dviznih klešč}$$

7.0 LITERATURA

- (1) Strojniški priročnik, B. Kraut, Ljubljana 1987
- (2) DIN 19704, 19705, September 1976
DIN 19704-1, DIN 19704-2, DIN 19704-3, Avgust 1996
- (3) SIST EN 10025, SIST EN 10088, SIST EN 10083



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: Cmrekar Martin univ.dipl.inž.grad.

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

Ljubljana, februar 2022