

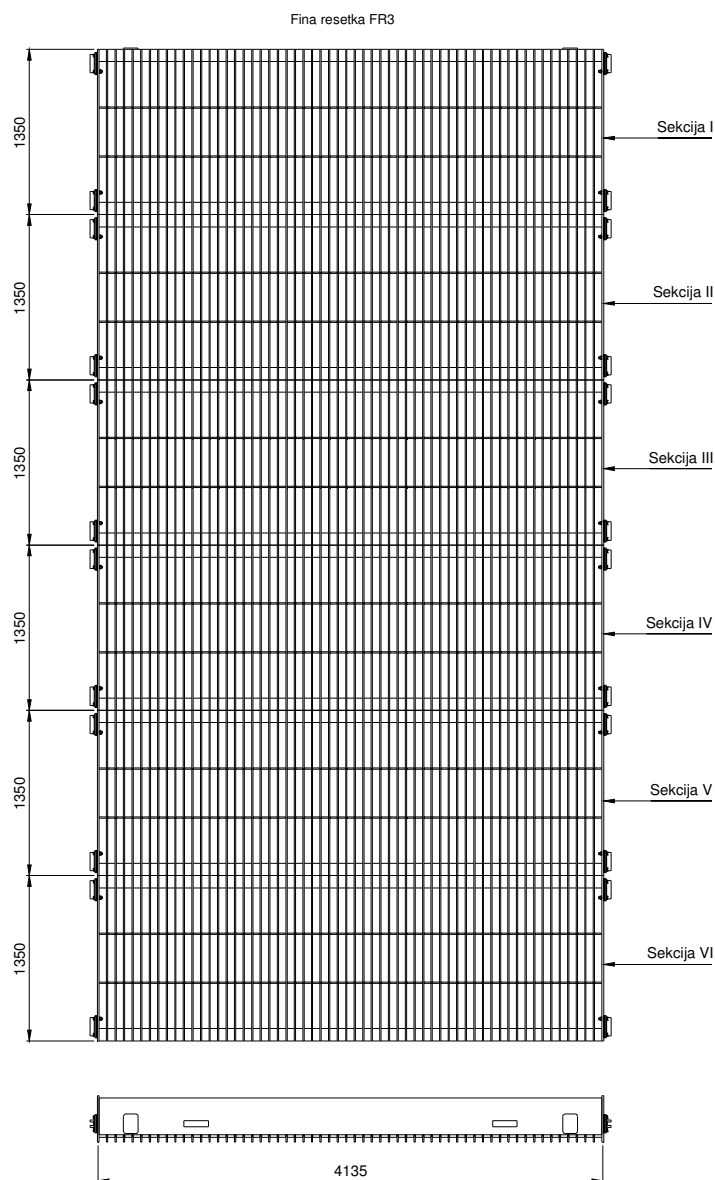
|                                                                                                                                           |  |                       |  |                                                                                            |  |                              |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|--|
| Sprememba:                                                                                                                                |  | Opis spremembe:       |  | Datum:                                                                                     |  | Podpis:                      |  |
| Investitor:<br><b>Republika Slovenija</b><br><b>Ministrstvo za okolje in prostor</b><br><b>Dunajska cesta 48</b><br><b>1000 Ljubljana</b> |  |                       |  | Objekt:<br><b>SANACIJA PREGRADE VOGRŠČEK</b><br><b>S PRIPADAJOČIMI OBJEKTI</b>             |  |                              |  |
| Proizvajalec:<br>                                      |  |                       |  | Del objekta:<br><b>OBSTOJEČI ODVZEMNI OBJEKT</b>                                           |  |                              |  |
| Projektant:<br>                                        |  |                       |  | Vrsta načrta/prikaza:<br><b>4. NAČRT S PODROČJA STROJNIŠTVA</b>                            |  |                              |  |
| Ime in priimek: (Podpis)                                                                                                                  |  | Identifikacijska št.: |  | Vsebina dokumenta/risbe:<br><b>Fine rešetke FR1, FR2 in FR3</b><br><b>STATIČNI IZRAČUN</b> |  |                              |  |
| Vodja projekta: <b>Martin Cmrekar u.d.i.g.</b>                                                                                            |  | <b>G-3884</b>         |  |                                                                                            |  |                              |  |
| Pooblaščen inženir: <b>Martin Cmrekar u.d.i.g.</b>                                                                                        |  | <b>G-3884</b>         |  |                                                                                            |  |                              |  |
| Sodelavec - Pooblaščen inženir:                                                                                                           |  |                       |  | Vrsta projekta:                                                                            |  | Št. proj.: <b>P-GO-35/22</b> |  |
| Obdelal: <b>Martin Cmrekar u.d.i.g.</b>                                                                                                   |  | <b>G-3884</b>         |  | Klasifikacijska oznaka:                                                                    |  | Stran/Št.strani: <b>1/11</b> |  |
| Datum izdelave: <b>Februar 2022</b>                                                                                                       |  | Merilo:               |  | Identifikacijska oznaka:                                                                   |  | Rev.:                        |  |
|                                                                                                                                           |  |                       |  | <b>M P P V X - - 8 S 0 0 1 2</b>                                                           |  |                              |  |

## **KAZALO**

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

## 1.0 UVOD

Pred zapornicami  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  in  $A_4$  se nahajajo izvlečne fine rešetke. Pred zapornicama  $A_1$  in  $A_2$  so male rešetke  $FR_1$  in  $FR_2$  svetlih dimenzij  $B \times H = 2,7 \text{ m} \times 3,95 \text{ m}$ , pred zapornicama  $A_3$  in  $A_4$  pa večje rešetke  $FR_3$  svetlih dimenzij  $B \times H = 4,0 \text{ m} \times 7,9 \text{ m}$ . Izvlačijo in vstavljajo se s pomočjo dvižnih klešč in konzolnega dvigala. Večje rešetke sestojijo iz 6 sekcij, male rešetke pa iz 3 sekcij. Vse so izdelane iz jekla S235J2+N. Za dimenzioniranje je merodajna večja rešetka  $FR_3$ , ki je prikazana na Slika 1.



**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/mm<sup>2</sup> ter velja:

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

**Tabela 1 Dopustne napetosti v N/mm<sup>2</sup> za osnovni material**

**DIN 19704 TB-3**

| Vrsta napetosti                                                                                      | Konstrukcija iz 7) izdelana iz materiala |     |     |                            |     |     |                            |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|
|                                                                                                      | St 37<br>N/mm <sup>2</sup>               |     |     | St 42<br>N/mm <sup>2</sup> |     |     | St 52<br>N/mm <sup>2</sup> |     |     |
|                                                                                                      | 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/mm<sup>2</sup> za spojna sredstva**

DIN 19704 Tb 4

| Spojno sredstvo                                                                                                                                                                              |                       | Vrsta napetosti                        |                                                                                                                                      | Konstrukcijski deli iz<br>St 37 in St 42 |     |     | Konstrukcijski deli iz<br>St 52 |     |     | Merodajni<br>premer |     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----|-----|---------------------------------|-----|-----|---------------------|-----|--------|
|                                                                                                                                                                                              |                       |                                        |                                                                                                                                      | Obtežbeni primer                         |     |     | Obtežbeni primer                |     |     |                     |     |        |
|                                                                                                                                                                                              |                       |                                        |                                                                                                                                      | NB                                       | BB  | AL  | NB                              | BB  | AL  |                     |     |        |
| Kovice po DIN 124 iz jekla St 36– 2 oziroma St 44 in<br>prilagodni vijaki po DIN 7969, trdnostni razred 4.6 odn. 5.6 <sup>8)</sup><br>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 <sup>9)</sup>  |                                                                                                                                      |                                          |     | 48  | 54                              | 63  | 72  | 81                  | 94  | Luknja |
|                                                                                                                                                                                              |                       | Vzdolžni nateg - -vijak                |                                                                                                                                      |                                          |     | 100 | 114                             | 133 | 150 | 171                 | 200 | Jedro  |
| Sidra z navojem <sup>10)</sup> , sidrni vijaki, vijaki po DIN 7990, trdnostni razred 4.6<br>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 <sup>11)</sup>                                                                                                                                                                   |                       | Kvaliteta vara                         |                                                                                                                                      |                                          |     |     |                                 |     |     |                     |     |        |
| Čelni var (1)<br>Var z dvojnimi kotnim varom (2)<br>HV var s kotnim varo (3 in 4)                                                                                                            | Vse kvalitete varov   | Tlak in upogibni tlak                  | N<br>n<br>a<br>a<br><br>p<br>e<br>s<br>t<br>m<br>o<br>e<br>s<br>r<br><br>š<br>p<br>i<br>r<br>v<br>e<br>a<br><br>č<br>n<br>o<br><br>. | 160                                      | 180 | 210 | 240                             | 270 | 315 |                     |     |        |
|                                                                                                                                                                                              |                       |                                        |                                                                                                                                      | 160                                      | 180 | 210 | 240                             | 270 | 315 |                     |     |        |
|                                                                                                                                                                                              |                       | Dokazana kvaliteta vara <sup>12)</sup> |                                                                                                                                      | Nateg in upogibni<br>nateg               |     | 135 | 150                             | 175 | 170 |                     | 190 | 220    |
|                                                                                                                                                                                              | 160                   |                                        |                                                                                                                                      |                                          |     | 180 | 210                             | 240 | 270 |                     | 315 |        |
| Nedokazana kvaliteta vara                                                                                                                                                                    | Tlak in upogibni tlak |                                        |                                                                                                                                      | 135                                      | 150 | 175 | 150                             | 170 | 197 |                     |     |        |
|                                                                                                                                                                                              |                       |                                        |                                                                                                                                      | 160                                      | 180 | 210 | 240                             | 270 | 315 |                     |     |        |
| K in HV var stojine z dvojnimi<br>kotnim varom (5 in 6)                                                                                                                                      | Vse kvalitete varov   | Nateg in upogibni nateg                |                                                                                                                                      | 135                                      | 150 | 175 | 150                             | 170 | 197 |                     |     |        |
|                                                                                                                                                                                              |                       | 160                                    |                                                                                                                                      | 180                                      | 210 | 240 | 270                             | 315 |     |                     |     |        |
| HV var stojine s kotnim varom (7)<br>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)<br>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) Vzdolžno 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.

**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<br>KONSTRUKCIJSKA<br>JEKLA<br>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

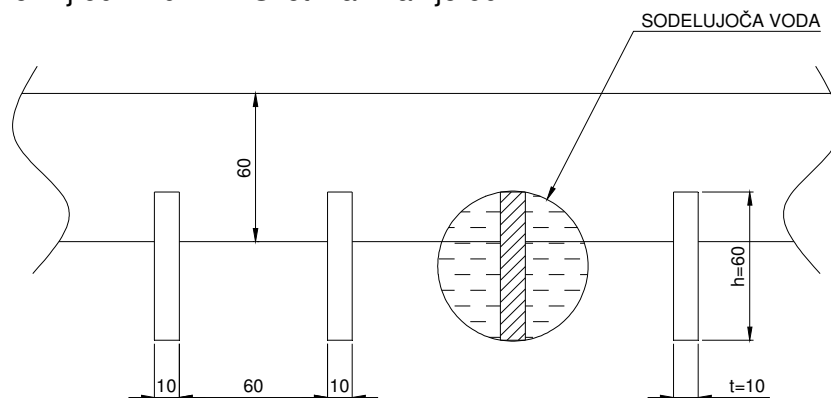
### 3.0 OBREMENITEV

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**

$$\sigma = \pm \frac{M}{W} = \pm \frac{4,784 \cdot 10^5}{6000} = \pm 79,7 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{2,1 \cdot 1350^2}{8} = 4,784 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

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

$$W = \frac{10 \cdot 60^2}{6} = 6000 \text{ mm}^3$$

- 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 ( $\varphi_0$ ) in vzbujevalno frekvenco ( $\varphi_{vzb}$ ), pri čemer mora biti izpolnjen pogoj:

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

Lastna frekvenca ( $\varphi_0$ ):

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_s}{m}} = \frac{\pi}{2 \cdot 0,38^2} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 5,00 \cdot 10^{-9}}{7,54}} = 128 s^{-1}$$

$l = 380 mm$  .....razdalja med horizontalnimi palicami

$$I_s = \frac{h \cdot t^3}{12} = \frac{60 \cdot 10^3}{12} = 5000 mm^4 = 5,00 \cdot 10^{-9} m^4$$

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

$$m_j = h \cdot t \cdot \rho_j = 60 \cdot 10 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,00471 kg/mm = 4,71 kg/m$$

$$m_v = \frac{\pi \cdot h^2}{4} \cdot \rho_v = \frac{\pi \cdot 60^2}{4} \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,00283 kg/mm = 2,83 kg/m$$

$$m = m_j + m_v = 4,71 + 2,83 = 7,54 kg/m$$

Vzbujevalna frekvenca ( $\varphi_{vzb}$ ):

$$\varphi_{vzb} = \frac{S_t \cdot v}{t} = \frac{0,2 \cdot 1,4}{0,01} = 28 s^{-1}$$

$$S_t = 0,14 + 0,01 \cdot \frac{h}{t} = 0,14 + 0,01 \cdot \frac{60}{10} = 0,2$$
 .....Strouhalovo število

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

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

$$\frac{\varphi_0}{\varphi_{vzb}} = \frac{128}{28} = 4,6 \geq 2,5$$
 .....pogoj je izpolnjen!

## 5.0 GLAVNI HORIZONTALNI NOSILEC

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

Napetost v nosilcu:

$$\sigma = \pm \frac{M}{W} = \pm \frac{4,339 \cdot 10^7}{5,35 \cdot 10^5} = \pm 81,1 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{20,3 \cdot 4135^2}{8} = 4,339 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$q = \Delta p \cdot \frac{h}{2} = 0,03 \cdot \frac{1350}{2} = 20,3 \text{ N/mm}$$

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

## 6.0 DVIŽNA SILA ZA ENO SEKCIJO

$$F_{dv} = f \cdot (G_{1s} + G_{dk}) = 1,25 \cdot (9,2 + 6) = 19 \text{ kN}$$

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

$$G_{1s} \cong 9,2 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{teža ene sekcije rešetke}$$

$$G_{dk} \cong 6 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{teža dvižnih klešč}$$

## 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