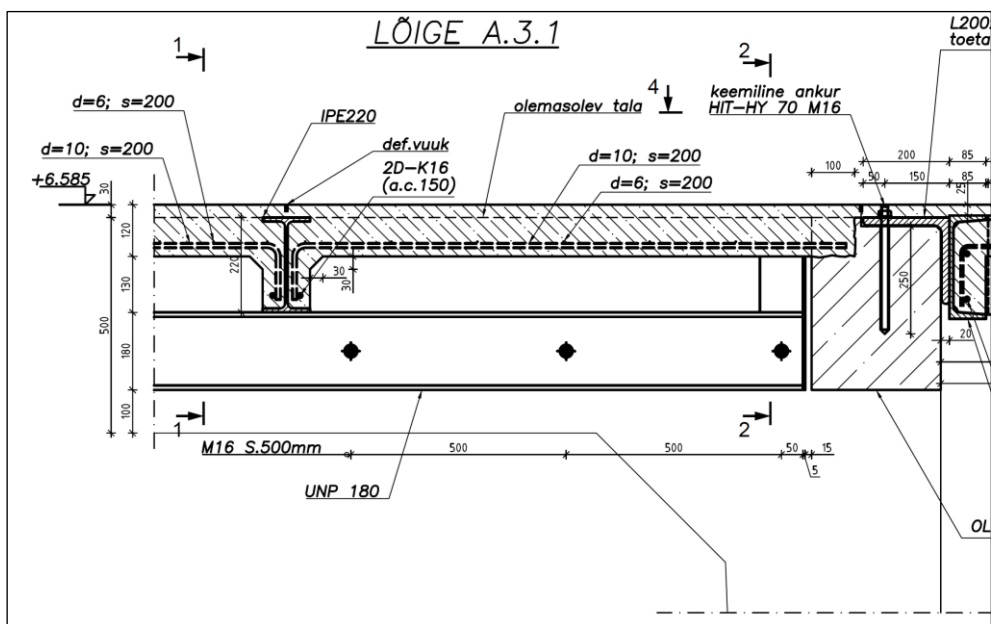
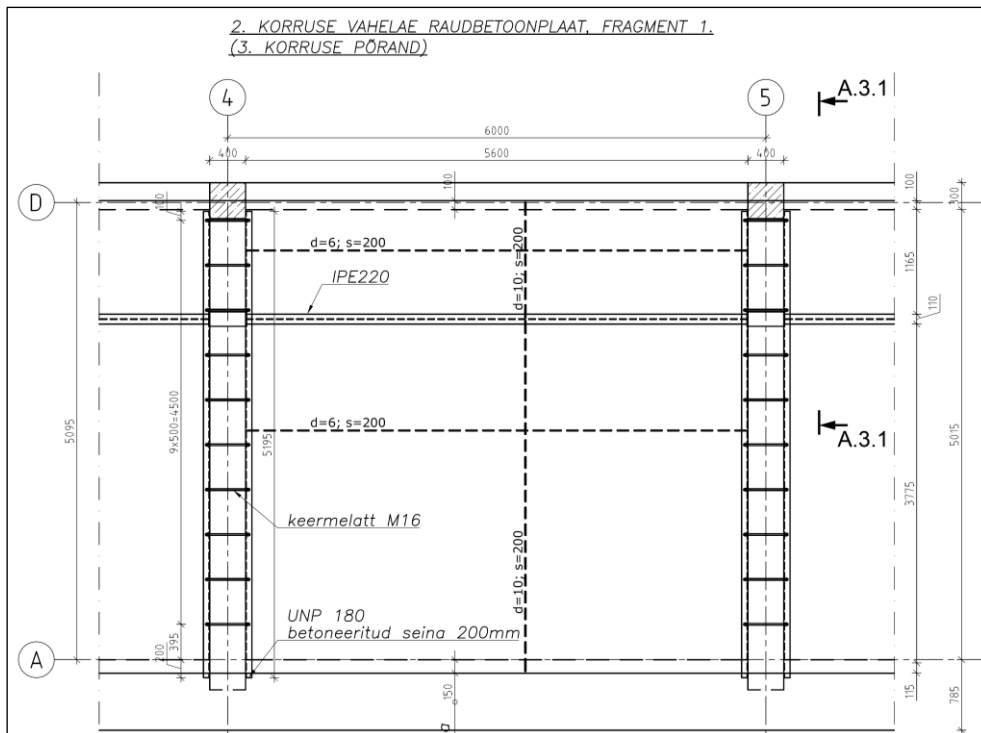


1. ALGANDMED

Teostada kandepiiriseisundite kontrollid joonistel näidatud büroohoone vahelae (betoonist plaat ja terasest tala).

Vahelae konstruktsioon:

- töötav betoonplaat: $h = 120 \text{ mm}$
- plaadi peal olev viimistluskiht (tasandusvalu + keraamiline plaat): $h_{\text{viimistlus}} = 30 \text{ mm}$
- terastala: IPE220



2. KOORMUSED

Alaliskoormused:

Terastala normatiivne omakaal: $G = 26,2 \text{ kg/m} = 0,257 \text{ kN/m}$

Betooni mahukaal: $\gamma_{\text{betoon}} = 25 \text{ kN/m}^3$

Vahelae normatiivne omakaal (ilma terastalata): $g_{k,\text{plaat}} = \gamma_{\text{betoon}} (h + h_{\text{viimistlus}}) = 25 \times (0,12 + 0,03) = 3,75 \text{ kN/m}^2$

Vahelae arvutuslik omakaal (ilma terastalata): $g_{d,\text{plaat}} = g_{k,\text{plaat}} \gamma_g = 3,75 \times 1,2 = 4,50 \text{ kN/m}^2$

Terastalale mõjuv norm. omakaalu koormus: $g_{k,\text{tala}} = g_{k,\text{plaat}} (a / 2 + b / 2) + G =$
 $= 3,75 \times (3,80 / 2 + 1,20 / 2) + 0,26 = 9,64 \text{ kN/m}$

Terastalale mõjuv arvutuslik omakaalu koormus: $g_{d,\text{tala}} = g_{k,\text{tala}} \gamma_g = 9,64 \times 1,2 = 11,57 \text{ kN/m}$

Muutuvkoormused:

Normatiivne kasuskoormus plaadile (klass B): $q_{k,\text{plaat}} = 3,00 \text{ kN/m}^2$

Kasuskoormuse mõjupindala: $A = 5,6 \times 5,0 = 28,0 \text{ m}^2$

Kombinatsioonitegur: $\psi_0 = 0,7$

Pinna suurusest sõltuv vähendustegur: $\alpha_A = 5 \psi_0 / 7 + 10 / A = 5 \times 0,7 / 7 + 10 / 28,0 = 0,857 > \alpha_{A,\text{min}} = 0,60$

Arvutuslik kasuskoormus plaadile: $q_{d,\text{plaat}} = q_{k,\text{plaat}} \times \alpha_A \times \gamma_q = 3,00 \times 0,857 \times 1,5 = 3,86 \text{ kN/m}^2$

Arvutuslik kasuskoormus talale: $q_{d,\text{tala}} = q_{d,\text{plaat}} \times (a / 2 + b / 2) = 3,86 \times (3,80 / 2 + 1,20 / 2) = 9,65 \text{ kN/m}$

Osavarutegurid:

Alaliskoormuse osavarutegur: $\gamma_g = 1,20$

Muutuvkoormuse osavarutegur: $\gamma_q = 1,50$

3. ARVUTUSLIKUD SISEJÕUD

3.1 Betoonplaadi sisejõud

Plaadi arvutusskeem: lihttala (ühtlase jaotatud koormusega)

Plaadi puhas sildepikkus: $L = 3,80 \text{ m}$

Toereaktsiooni rakendumise kaugus servast: $t_1 = t_2 = 0,05 \text{ m}$

Plaadi arvutuslik sildepikkus: $L_{\text{eff}} = L + t_1 + t_2 = 3,80 + 0,05 + 0,05 = 3,90 \text{ m}$

Plaati arvutatakse 1 m laiuse ühikribana

Plaadi arvutuslik paindemoment: $M_{\text{Ed}} = (g_{d,\text{plaat}} + q_{d,\text{plaat}}) L_{\text{eff}}^2 / 8 = (4,50 + 3,86) \times 3,90^2 / 8 = \mathbf{15,9 \text{ kNm/m}}$

Plaadi arvutuslik pöikjõud: $V_{\text{Ed}} = (g_{d,\text{plaat}} + q_{d,\text{plaat}})(L_{\text{eff}} - 2d) / 2 = (4,50 + 3,86) \times (3,90 - 2 \times 0,095) / 2 = \mathbf{15,5 \text{ kN/m}}$

(V_{Ed} arvutamisel võetakse arvesse, et toelähedases piirkonnas rakendub koormus ristlõike kasuskõrguse d ulatuses otse toele)

3.2 Terastala sisejõud

Tala arvutuskeem: lihttala (ühtlase jaotatud koormusega)

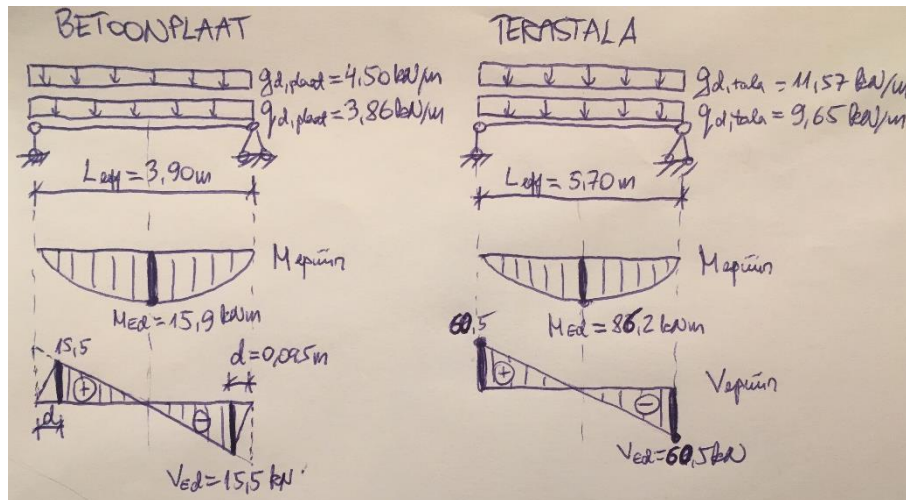
Tala puhas sildepikkus: $L = 5,60 \text{ m}$

Toereaktsiooni rakendumise kaugus servast: $t_1 = t_2 = 0,05 \text{ m}$

Tala arvutuslik sildepikkus: $L_{\text{eff}} = L + t_1 + t_2 = 5,60 + 0,05 + 0,05 = 5,70 \text{ m}$

Tala arvutuslik paindemoment: $M_{\text{Ed}} = (g_{d,\text{tala}} + q_{d,\text{tala}}) L_{\text{eff}}^2 / 8 = (11,57 + 9,65) \times 5,70^2 / 8 = 86,2 \text{ kNm}$

Tala arvutuslik põikjõud: $V_{\text{Ed}} = (g_{d,\text{tala}} + q_{d,\text{tala}}) L_{\text{eff}} / 2 = (11,57 + 9,65) \times 5,70 / 2 = 60,5 \text{ kN}$



4. BETOONPLAADI RISTLÕIKE KANDEVÕIME

4.1 Kontrollarvutuste üldandmed

Plaadi ristlõige:

Ristlõike kogulaius (arvutatakse 1 m laiuse ühikribana): $b = 1000 \text{ mm}$

Ristlõike minimaalne laius tõmbetsoonis (ühikribal): $b_w = b = 1000 \text{ mm}$

Ristlõike töötav kogukõrgus (plaadi paksus): $h = 120 \text{ mm}$

Tasanduskihi paksus koos pörandaplaadiga (mittetöötav osa): $h_{\text{viimistlus}} = 30 \text{ mm}$

Betoonristlõike kogupindala: $A_c = bh = 1000 \times 120 = 120000 \text{ mm}^2$

Betoon:

Betooni survetugevusklass: C20/25

Betooni normatiivne survetugevus: $f_{ck} = 20,0 \text{ N/mm}^2$

Betooni osavarutegur: $\gamma_c = 1,50$

Betooni tugevusele ebasoodsaid mõjusid arvestav tegur: $\alpha_{cc} = 1,00$

Betooni arvutuslik survetugevus: $f_{cd} = f_{ck} / (\alpha_{cc} \gamma_c) = 20 / (1,00 \times 1,50) = 13,33 \text{ N/mm}^2$

Tõmbesarrus:

Tõmbesarruse tugevusklass: 500A

Tõmbesarruse normatiivne voolupiir: $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$

Tõmbesarruse osavarutegur: $\gamma_s = 1,15$

Tõmbesarruse arvutuslik voolupiir: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$

Tõmbesarruse läbimõõt: $\varnothing = 10 \text{ mm}$

Tõmbesarruse samm: $s = 200 \text{ mm}$

Tõmbesarruse nimikaitsekiht: $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Tõmbevarraste arv 1 m laiusel ühikribal: $n = b / s = 1000 / 200 = 5 \text{ tk}$

Tõmbesarruse pindala 1 m laiusel ühikribal: $A_{s1} = n \pi (\varnothing / 2)^2 = 5 \times 3,142 \times (10 / 2)^2 = 393 \text{ mm}^2$

Põikjõusarrus:

Arvutuslik põikjõusarrus puudub

4.2 Plaadi paindek kontroll (1 m laiusele ühikribale)

Survetsooni kõrgus: $x = f_{yd} A_{s1} / (0,8 f_{cd} b) = 435 \times 393 / (0,8 \times 13,33 \times 1000) = 16,03 \text{ mm}$

Survetsooni suhteline piirkõrgus: $\xi_c = 0,617$

Ristlõike kasuskõrgus paindekandevõime määramisel: $d_1 = h - c_{nom} - \varnothing / 2 = 120 - 20 - 10 / 2 = 95 \text{ mm}$

Survetsooni kõrguse kontroll: $x = 16,03 \text{ mm} < \xi_c d_1 = 0,617 \times 95 = 58,62 \text{ mm}$

Survetsooni arvutuskõrgus: $y = 0,8 x = 0,8 \times 16,03 = 12,82 \text{ mm}$

Arvutuslik paindekandevõime: $M_{Rd} = f_{cd} b y (d_1 - 0,5 y) =$

$$= 13,33 \times 1000 \times 12,82 \times (95 - 0,5 \times 12,82) = 15139198 \text{ Nmm} = \mathbf{15,1 \text{ kNm}}$$

Paindek kontroll: $M_{Rd} = 15,1 \text{ kNm/m} < M_{Ed} = 15,9 \text{ kNm/m} \Rightarrow$ plaadi paindekandevõime ei ole tagatud!

4.3 Plaadi põikjõuk kontroll (1 m laiusele ühikribale)

Ristlõike kasuskõrgus põikjõukandevõime määramisel: $d = h - c_{nom} - \varnothing / 2 = 120 - 20 - 10 / 2 = 95 \text{ mm}$

Abitegurid:

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,50 = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d)^{0,5} = 1 + (200 / 95)^{0,5} = 2,45 > 2,00 \Rightarrow k = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 k^{1,5} f_{ck}^{0,5} = 0,035 \times 2,00^{1,5} \times 20^{0,5} = 0,443 \text{ N/mm}^2$$

Pikiarmeermise tegur: $\rho_1 = A_{s1} / (b_w d) = 393 / (1000 \times 95) = 0,004137 < 0,02$

Arvutuslik koormuse põhjustatud pikijõud lõikes: $N_{Ed} = 0$

Arvutuslik eelpingestusjõud lõikes: $P_d = 0$

Keskmine normaalpinge: $\sigma_{cp} = (N_{Ed} + P_d) / A_c = (0 + 0) / 120000 = 0$

Põiksarruseta elemendi arvutuslik põikjõukandevõime (rakendub juhul, kui pikisarrus on toel piisavalt ankurdatud):

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,12 \times 2,00 \times (100 \times 0,004137 \times 20)^{1/3} + 0,15 \times 0] \times 1000 \times 95 = 46115 \text{ N} = \mathbf{46,1 \text{ kN}}$$

Põikjõukandevõime miinimumväärtus (rakendub juhul, kui pikisarrus toel ei ole piisavalt ankurdatud):

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d = (0,443 + 0) \times 1000 \times 95 = 42085 \text{ N} = 42,0 \text{ kN}$$

Põikjõuk kontroll: $V_{Rd,c,min} = 46,1 \text{ kN/m} > V_{Ed} = 15,5 \text{ kN/m} \Rightarrow$ plaadi põikjõukandevõime on tagatud!

5. TERASTALA RISTLÕIKE KANDEVÕIME

5.1 Kontrollarvutuste üldandmed

Tala ristlõige:

Profiil: IPE220

Jooksva meetri kaal: $G = 26,2 \text{ kg/m}$

Ristlõike kõrgus: $h = 220 \text{ mm}$

Ristlõike laius: $b = 110 \text{ mm}$

Vöö paksus: $t_f = 9,2 \text{ mm}$

Seina paksus: $t_w = 5,9 \text{ mm}$

Seina ja vöö üleminekuraadius: $r = 12,0 \text{ mm}$

Ristlõike pindala: $A = 33,4 \text{ cm}^2$

Ristlõike plastne vastupanumoment: $W_{pl,y} = 285 \text{ cm}^3$

Ristlõike elastne vastupanumoment: $W_y = 252 \text{ cm}^3$

Ristlõike telginertsimoment: $I_y = 2772 \text{ cm}^4$

Teras:

Tugevusklass: S355

Normatiivne voolupiir: $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$

Materjali osavarutegur: $\gamma_{M0} = 1,00$

5.2 Tala paindekontroll

Kiiveohtu ei ole, kuna ülemine surutud vöö on külgsuunas toetatud

Põikjõu mõju ei ole vaja arvesse võtta, kuna maksimaalse paindemomendiga ristlõikes põikjõud puudub

Abitegur: $\varepsilon = (235 / f_y)^{0,5} = (235 / 355)^{0,5} = 0,81$

Seina ristlõikeklass: $c / t = [h - 2(t_f + r)] / t_w = [220 - 2 \times (9,2 + 12,0)] / 5,9 = 30,1 < 72 \times 0,81 = 58,3 \Rightarrow 1. \text{ r/k}$

Vöö ristlõikeklass: $c / t = (b / 2 - t_w / 2 - r) / t_f = (110 / 2 - 5,9 / 2 - 12,0) / 9,2 = 4,4 < 9 \times 0,81 = 7,3 \Rightarrow 1. \text{ r/k}$

Ristlõige kuulub tervikuna 1. ristlõikeklassi

Arvutuslik paindekandevõime: $M_{c,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 285 \times 10^3 \times 355 / 1,00 = 101175000 \text{ Nmm} = \mathbf{101,1 \text{ kNm}}$

Paindekontroll: $M_{c,Rd} = 101,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 86,2 \text{ kNm} \Rightarrow$ tala paindekandevõime on tagatud!

5.3 Tala lõikekontroll

Ristlõike lõikepindala: $A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 33,4 \times 10^2 - 2 \times 110 \times 9,2 + (5,9 + 2 \times 12,0) \times 9,2 = 1591 \text{ mm}^2 >$

$> \eta h_w t_w = 1,2 \times (220 - 2 \times 9,2) \times 5,9 = 1427 \text{ mm}^2 \Rightarrow$ järelikult tuleb lõikepindalaks võtta $A_v = 1591 \text{ mm}^2$

Lõikepindalaga seotud tegur: $\eta = 1,2$, kuna $f_y < 460 \text{ N/mm}^2$

Seina nihkestabiilsuse kontrolli vajadus: $h_w^* / t_w = [220 - 2 \times (9,2 + 12,0)] / 5,9 = 30,1 <$

$< 72 \varepsilon / \eta = 72 \times 0,81 / 1,2 = 48,6 \Rightarrow$ seina nihkestabiilsus on tagatud

Ristlõike arvutuslik lõikekandevõime: $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v f_y / (3^{0,5} \gamma_{M0}) = 1591 \times 355 / (3^{0,5} \times 1,00) = 326090 \text{ N} = \mathbf{326,0 \text{ kN}}$

Põikjõukontroll: $V_{c,Rd} = 326,0 \text{ kN} > V_{Ed} = 60,5 \text{ kN} \Rightarrow$ tala põikjõukandevõime on tagatud!