

**TAL  
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Tartu kolledž

**TERASKARKASSIL MOODULMAJA  
ARHITEKTUURNE KONTSEPTSIOON JA  
KONSTRUKTIIVNE PÕHIPROJEKT**

**Architectural conception and constructive principal  
building design documentation of a modular steel  
frame house**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Maare Kriisa

Üliõpilaskood: 153846EAEI

Juhendaja: Aarne Nirk

Lehar Leetsaar

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 2020

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 2020

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....2020

Kaitsmiskomisjoni esimees

.....

/ nimi ja allkiri /

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	6
<b>1. PROJEKTEERITAVA HOONE LÄHTEÜLESANNE.....</b>	<b>7</b>
1.1. Tulevikuperspektiiv.....	7
<b>2. ARHITEKTUURNE LAHENDUS.....</b>	<b>8</b>
2.1. Normdokumendid.....	8
2.2. Hoone paiknemine.....	8
2.3. Arhitektuuriline üldlahendus.....	8
2.2.1. Hoone tehnilised andmed.....	10
2.2.2. Vundament.....	10
2.2.3. Hoone konstruktsioon.....	10
2.2.4. Põrand.....	10
2.2.5. Välisseinad.....	11
2.2.6. Siseseinad ning siseviimistlus.....	11
2.2.7. Katus.....	11
2.2.8. Terrass ja varikatus.....	11
2.2.9. Terrassi piirded.....	12
2.2.10. Vihmavee äravool.....	12
2.2.11. Avatäited.....	12
2.2.12. Ruumilahendus.....	13
2.2.13. Küte, jahutus ja elekter.....	13
2.2.14. Vesi ja kanalisatsioon.....	13
2.2.15. Tuleohutus.....	13
2.2.16. Energiatõhusus.....	14
<b>3. KONSTRUKTIIVNE LAHENDUS.....</b>	<b>15</b>
3.1. Konstruktiivne üldlahendus hoonel.....	15
3.1.1. Hoone konstruktsioonikihid.....	15
3.2. Konstruktiivne üldlahendus varikatusel ja terrassil.....	17
3.3. Terasprofiilid.....	18
3.4. Teraskonstruktsiooni külmasildade oht ja katkestus.....	19
<b>4. KOORMUSED.....</b>	<b>21</b>
4.1. Koormuste arvestamise põhimõte.....	21
4.2. Koormuskombinatsioonid.....	21
4.3. Koormuste mõjumise arvestamine.....	22
4.4. Alaliskoormused.....	23

4.4.1.	<b>Konstruksioonikihtide omakaalud</b> .....	23
4.5.	<b>Muutuvkoormused</b> .....	25
4.5.1.	<b>Lumekoormus</b> .....	26
4.5.2.	<b>Tuulekoormus</b> .....	27
5.	<b>MOODULMAJA TÕSTMINE KRAANA ABIL</b> .....	33
5.1.	<b>Koormused ja sisejõuepüürid koos väärtustega hoone tõstmisel kraanaga</b> .....	34
6.	<b>TERASTALADE KANDEVÕIME KONTROLL</b> .....	37
6.1.	<b>Terasraami TR-3 alumise tala kandevõime kontroll</b> .....	37
6.1.1.	<b>Terasprofiili ristlõikeparameetrid</b> .....	37
6.1.2.	<b>Abisuurused</b> .....	38
6.1.3.	<b>Talale mõjuvad koormused</b> .....	38
6.1.4.	<b>Profiili ristlõikeklassi määramine</b> .....	40
6.1.5.	<b>Paindekandevõime kontroll</b> .....	41
6.1.6.	<b>Põikjõukandevõime kontroll</b> .....	41
6.1.7.	<b>Tala seina nihkestabiilsuse kontroll</b> .....	42
6.1.8.	<b>Läbipainded varrasskeemil</b> .....	42
6.2.	<b>Tala TT-2 kandevõimekontroll</b> .....	44
6.2.1.	<b>Terasprofiili ristlõikeparameetrid</b> .....	45
6.2.2.	<b>Talale TT-2 mõjuvad koormused</b> .....	45
6.2.3.	<b>Profiili ristlõikeklassi määramine</b> .....	48
6.2.4.	<b>Paindekandevõime kontroll</b> .....	49
6.2.5.	<b>Põikjõukandevõime kontroll</b> .....	49
6.2.6.	<b>Tala seina nihkestabiilsus</b> .....	49
6.3.	<b>Kiivekandevõime kontroll konsoolsele talale</b> .....	49
7.	<b>TERASPOSTI KANDEVÕIME KONTROLL</b> .....	52
7.1.	<b>Konstruksiooni kirjeldus</b> .....	52
7.2.	<b>Postile mõjuvad koormused, sisejõud</b> .....	52
7.3.	<b>Terasposti arvutus</b> .....	54
7.3.1.	<b>Terasprofiili ristlõikeparameetrid</b> .....	54
7.3.2.	<b>Profiili ristlõikeklassi määramine</b> .....	55
7.3.3.	<b>Surve ja paindega koormatud varda stabiilsus</b> .....	55
8.	<b>TÕMBELE TÖÖTAVA POLTLIITE ARVUTUS</b> .....	58
8.1.	<b>Lähteandmed</b> .....	58
8.2.	<b>Poldi kandevõime arvutus</b> .....	59

<b>8.3.</b>	<b>Terasplaadi kandevõime arvutus.....</b>	<b>60</b>
<b>8.3.1.</b>	<b>Liite kandevõime kolme mudeli põhjal.....</b>	<b>60</b>
<b>8.4.</b>	<b>Terasest plaadi ja posti keevisõmbuse kandevõime kontroll</b>	<b>62</b>
<b>8.4.1.</b>	<b>Keevisõmbuse töötav pikkus .....</b>	<b>62</b>
<b>8.4.2.</b>	<b>Keevisõmbuste kandevõime.....</b>	<b>62</b>
<b>9.</b>	<b>TERRASSI TERASTALA JA OTSALEHE POLTLIITE KONTROLL.....</b>	<b>63</b>
<b>9.1.</b>	<b>Lähteandmed .....</b>	<b>63</b>
<b>9.2.</b>	<b>Poldi kandevõime arvutus.....</b>	<b>64</b>
<b>9.3.</b>	<b>Tala ja otsaplaadi keevisõmbuse kontroll tõmbele .....</b>	<b>65</b>
<b>9.3.1.</b>	<b>Keevise kõrguse arvutus.....</b>	<b>65</b>
<b>9.4.</b>	<b>Tala ja otsaplaadi poltliite kontroll.....</b>	<b>66</b>
<b>9.4.1.</b>	<b>Tala ülemise vöö all paiknev poldirida .....</b>	<b>66</b>
<b>9.4.2.</b>	<b>Liite kandevõime kolme mudeli põhjal.....</b>	<b>68</b>
<b>9.4.3.</b>	<b>Liite kandevõime paindele .....</b>	<b>69</b>
<b>9.4.4.</b>	<b>Liite kandevõime lõikele .....</b>	<b>70</b>
<b>9.4.5.</b>	<b>Alumise poldirea lõikekandevõime.....</b>	<b>71</b>
	<b>KOKKUVÕTE .....</b>	<b>72</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>73</b>
	<b>KASUTATUD KIRJANDUS.....</b>	<b>74</b>
	<b>GRAAFILINE OSA.....</b>	<b>75</b>

# SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö eesmärk oli moodulmaja projekteerimine lähteülesande põhjal. Töö on koostatud välisjuhendaja Aarne Nirk ning TalTech Tartu kolledži poolse juhendaja Lehar Leetsaar juhendamisel.

Magistritöö põhiosa on jaotatud üheksaks põhiosaks. Töö esimene peatükk sisaldab lähteülesannet ehk kriteeriume, mis olid hoone projekteerimise aluseks.

Teises peatükis on lahendatud moodulmaja arhitektuurne väljanägemine ning hoone olemus konstruktiivsel tasandil.

Kolmandas peatükis kajastub hoone, varikatuse ning terrassi üldine konstruktiivne lahendus. Alapeatükkidena on toodud terasematerjali kulu ja valitud profiilid ning terase hea soojusjuhtivusega kaasnev külmasillaohhtlikkusega arvestamine koos pakutud lahendusega.

Neljas peatükk sisaldab koormuskombinatsioone, mida on esitatud seitse. Välja on arvatud konstruktsioonikihtide omakaalud ning lume- ja tuulekoormus.

Viies peatükk käsitleb hoone kraanaga tõstetavust – esitatud valitud tõsteaasad ning tõsteskeem koos karkassile mõjuvate sisejõududega.

Kuues kuni üheksas peatükk käsitleb kriitilisemate konstruktsiooniosade arvutusi.

Kuues peatükk sisaldab kolme tala kontrollarvutusi: esimene võetud töötavaks terasraamina, teine töötavaks lihttalana, kolmas tala konsoolsena. Esimesel kahel on kontrollitud paindekandevõimet, põikjõukandevõimet ning tala seina nihkestabiilsust. Konsoolsele talale on tehtud kiivekandevõime kontroll. Alapeatükina käsitletakse ka hoone ning terrassi ja varikatuse teraskarkassi läbipainet.

Seitsmes peatükk on terasposti kandevõime arvutust surve ja painde koosmõjul.

Kaheksas peatükk on tõmbele töötava poltliite kontroll teraspost ja -tala liitekohas.

Üheksas peatükk on terastala ja otsalehe liite kontroll paindele ja lõikele.

Kümnes peatükk on graafiline osa, kus on toodud asendiskeem, arhitektuursed ja konstruktiivsed joonised põhiprojekti mahus koos sõlmejoonistega ning kraanaga tõstmise skeem koos kinnitusdetaili joonisega.

Kasutatud arvutiprogrammid: ArchiCAD, SketchUP, Lumion, AutoCAD.

Staatika arvutusteks on töös kasutatud AutoCAD pealisehitust TariCAD.

Võtmesõnad: magistritöö, moodulmaja, teraskonstruktsioon, tugevusarvutused.

# 1. PROJEKTEERITAVA HOONE LÄHTEÜLESANNE

Moodulmaja projekteerimiseks oli ette antud teatav hulk kriteeriume, mis olid käesoleva magistritöö lähteülesandeks. Neist peamised on välja toodud järgnevas loetelus:

1. Hoone asukoht – Jõmmu kinnistu, Põlva maakond.
2. Ehitisealune pind alla 60 m<sup>2</sup>.
3. Hoone gabariidid – vastavalt transpordi võimalikkusest – pikkus 8 m., laius 4 m. ja kõrgus 3,5 m.
4. Terrassi ja varikatuse olemasolu.
5. Hoone kandekonstruktsioon – teraskarkass ja puit. Kasutatavad terasprofiilid on ette antud.
6. Tehases valmistatav hoone, mis viiakse objektile valmiskujul ning on kraanaga tõstetav. Sellest lähtudes pidi arvestama konstruktsiooni püsivuse ja kandevõimega nii riputusel koos omakaaluga kui hiljem tööolukorras koos alalis- ja muutuvkoormustega.
7. Pinnareljeefi tõttu terrassi ja varikatuse osaline konsoolne konstruktsioon.
8. Akende gabariitmõõdud ette antud.
9. Ette antud soovitud eluruumid hoones ning vajaliku sisustuse paigutamine kompaktselt ja süsteemselt.

## 1.1. Tulevikuperspektiiv

Projekt on koostatud arvestades lähteülesannet, lahendatud on hoone arhitektuurne olemus konstruktiivsel tasandil. Töös ei käsitleta energiatõhusust, joonkülmasildu, akustikale esitatavaid nõudeid ja muud sarnast, samuti pole koostatud asendiplaani geolusele. Magistritöös esitatud hoonet saab edasi arendada korduvtoodetavaks moodulmajaks, kuid sellisel juhul vajab projekt täiendava info käsitlemist ja lisamist, millele antud projektis rõhku ei pöörata.

## **2. ARHITEKTUURNE LAHENDUS**

### **2.1. Normdokumendid**

Hoone projekteerimisel kasutatud normid, standardid, määrused:

- Ehitusseadustik, vastu võetud 11.02.2015
- Majandus- ja taristuministri 17.07.2015 määrus nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“
- Majandus- ja taristuministri 02.07.2015 määrus nr 85 „Eluruumile esitatavad nõuded“
- Majandus- ja taristuministri 02.06.2015 määrus nr 51 „Ehitise kasutamise otstarvete loetelu“
- Majandus- ja taristuministri 01.10.2014 määrus nr 84 „Ehitise tehniliste andmete loetelu ja pindade arvestamise alused“
- EVS 932:2017 „Ehitusprojekt“
- EVS 812-7:2018 „Ehitiste tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatavad tuleohutusnõuded“

### **2.2. Hoone paiknemine**

Projekteeritud hoone hakkab paiknema Põlva maakonnas, Andre külas oleval Jõmmu kinnistul, krundi katastrikood 61903:001:0060. Hoone on orienteeritud vastavalt ilmakaartele pikuti kirde-edela suunaliselt nii, et kasutada ära loomuliku päikesevalgust.

### **2.3. Arhitektuuriline üldlahendus**

Hoone gabariidid, mis sõltuvalt transpordi võimalikkusest olid ette antud, on vastavalt laiuti ja pikuti kaheksa ning neli meetrit. Hoone kõrgus on 3,3m ning toa puhaskõrgus 2,5m. Tehnilised andmed on esitatud tabelis 2.1.

Hoone välisfassaad on kaetud puitlaudisega ning katus bituumenrullmaterjaliga. Hoone kahel küljel paikneb teras- ja puitkonstruktsioonil varikatus ning terrass.



Varikatus on kaetud pleksiklaasiga ning terrassi põrand puitlaudadega. Arhitektuurset omapära lisavad nurgaaknad, mis paiknevad elu- ning magamistoas. Arhitektuurset väljanägemist illustreerivad joonised 2.1 ja 2.2.



**Joonis 2.1** 3D visualiseering hoone arhitektuursest lahendusest



**Joonis 2.2** 3D visualiseering hoone arhitektuursest lahendusest

### 2.2.1. Hoone tehnilised andmed

Tabel 2.1 Hoone tehnilised andmed

Kasutusotstarve	11103 - Suvila
Ehitisealune pind	51,02 m <sup>2</sup>
Korruselisus	1
Kõrgus	3,31m
Hoone pikkus	8,0 m
Hoone laius	4,0 m
Hoone suletud brutopind	32,0 m <sup>2</sup>
Hoone suletud netopind	23,9 m <sup>2</sup>
Eluruumide köetav pind	23,9 m <sup>2</sup>
Terrassi pindala	17,7 m <sup>2</sup>
Maapealse osa maht	105,6 m <sup>3</sup>

### 2.2.2. Vundament

Projekteeritud hoone tuuakse objektile valmismajana ning monteeritakse platsil raudbetoonist vundamendipostidele ankrupoltide külge. Vundamendi betoon C25/30, vajadusel lisatakse vundamendi alla tihendatud killustikalus. Vundamendipostid on esimeses lähenduses mõõtudega 300x300mm ja taldmikud mõõtudega 600x600mm.

### 2.2.3. Hoone konstruktsioon

Hoone kandekonstruktsioon koosneb teraskarkassist ja puidust. Põranda- ja katusetasapinnas paiknevad terasraam-talad on ühendatud nelikanttoru postidega. Teraskarkassi vahel paikneb puitkonstruktsioon, mille vahel omakorda mineraalvillakiht.

### 2.2.4. Põrand

Hoone põranda kandekonstruktsioon koosneb terasraami vahel asetsevatest põrandataladest 45x195mm 400mm sammuga, mille vahel Isover KL37 mineraalvillakiht. Sisekarkassi moodustavad 45x45mm puitprussid. Põrandad on kaetud vastavalt ruumi otstarbele valge keraamilise plaadiga vannitoas või helehalli puitparketiga elu- ning magamistoas. Vannitoas on ette nähtud põranda kalle min 1:80-le.

### **2.2.5. Välistseinad**

Välistseinad moodustavad nelikanntoru teraspostid, mille vahel paiknevad puitprussid 600mm sammuga ning Isover KL37 mineraalvillakiht. Sisekarkassi moodustavad 45x45mm puitprussid.

Välisfassaad on kaetud termopuidust laudisega (kuusk), mille vastupidavust võrreldes tavalise laudisega on termotöötlemisega märgatavalt parendatud. Termotöödeldud puidu eelised on stabiilsus muutuvates ilmastikuoludes, parem bioloogiline vastupidavus ning suurem tulekindlus võrreldes tavapuiduga. Välisfassaadi puidu toon tekib aja jooksul, kus päikesekiirguse mõjul saavutab puit ilma regulaarse holduseta hõbehalli tooni. [1]

Seest on seinad kaetud vastavalt ruumi otstarbele valge mineraalkrohviga RAL 9010 või keraamilise valge plaadiga vannitoas.

### **2.2.6. Siseseinad ning siseviimistlus**

Siseseinad on metallkarkassil 66mm, soojustatud Isover KL 33 mineraalvillaga 70mm ning kaetud Fermacell kipskiudplaadiga 12,5mm. Siseseinad on viimistletud vastavalt ruumi otstarbele keraamilise valge plaadiga vannitoas või valge mineraalkrohviga RAL 9010 elu- ning magamistoas. Laed on viimistletud valge mineraalkrohviga RAL 9010.

### **2.2.7. Katus**

Hoone katuse kandekonstruktsiooni moodustavad terasraami vahel paiknevad puittalad 45x195...245mm 400mm sammuga. Varikatuse puitprussid paiknevad erinevalt katusest 300mm sammuga ning asetsevad osaliselt rist, osaliselt piki hoonet.

Hoone katus on kaetud kahekihilise bituumenrullmaterjalist kattega. Terrassi varikatus on kaetud pleksiklaasiga. Mõlemad katused töötavad ühtse tervikuna, katusekalle on  $1:80 = 1000\text{mm}/80 = 12,5\text{mm}$  1m kohta, mis on saavutatud kalde all lõigatud puittaladega.

### **2.2.8. Terrass ja varikatus**

Hoone terrass paikneb mäenõlva suunas hoone kahel küljel ning on pindalalt 17,7 m<sup>2</sup>. Kogu terrassi kohal paikneb varikatus. Terrassi ja varikatuse teraskonstruktsioon koosneb UPE taladest ning nelikanntoru postidest, mis on kuumtsingitud ning värvitud

tumehalliks RAL 7021. Terrassi põrand on kaetud termotöödeldud puitlaudisega, puuliigiks saar ning toonilt tumepruun (Tikkurila 540X).

### **2.2.9. Terrassi piirded**

Terrassi piireteks on valitud trosspiire, mis on kinnitatud otstest teraspostide külge ning nende vahel paiknevad teraslehtedest vertikaalsed kinnitid. Trosside maksimaalne vahe on 110mm ning piirde kõrgus üks meeter. Terrassipiirded on kuumtsingitud ning värvitud tumehalliks RAL 7021.

### **2.2.10. Vihmavee äravool**

Hoone katus on ühekaldeline ning vihmavee valgumise suund on toodud katuse plaanil. Vihmavesi valgub hoone katuselt varikatusele ning sealt vihmaveerenni, mis on varikatuse terastala küljele ära peidetud. Vihmaveerennist juhitakse vesi varikatuse kaugeima nurga suunas, kust läbi nelikanntoru õõnt juhitakse vesi maapinnani.

### **2.2.11. Avatäited**

Hoone sissepääs toimub terrassilt. Välisuks on soojustatud tumepruun RAL 8014 „Diplomaat“ tüüpne välisuks keskmise klaasiavaga. Välisuks paigaldatakse soojustuskihti. Siseuks SU1 magamistoas on lükanduks ning SU2 vannitoas pöörduks. Siseuksed on projekteeritud tumehallid, mis loovad valgete siseseintega kontrasti.

Aknad paiknevad igas hoone küljes, vastavalt laiemad aknad kagu/ nõlva suunas ning kitsamad loode/metsa suunas. Hoonele loovad eripära nurgaaknad, mis paiknevad elu- ning magamistoas. Aknad paiknevad maast-laeni nii, et siseruumides olev põrandakate ulatuks kuni aknaklaasini.

Kõik aknad on 3x klaaspaketiga ning alumiiniumprofiilil, klaasiava kõrgus on 2,48 m. Aknad paigaldatakse soojuskihti. Nurgaaknad on mitteavatavad ning väiksemad aknad pöördavatavad või kald-pöördavatavad. Katteliist akendel on tumepruun tooniga RAL 8014. Lahenduselt on nurgaaknad ilma vahepostita klaas-klaasiga ühendatud. Klaaside liitumiskohad on tehtud õhu- ja veetihedaks silikooniga, nurgaava täidetud soojustuseks XPS või SPU-ga ning lõpuks kaetud visuaalse väljanägemise ja ilmastikukindluse eesmärgil plekiga.

### **2.2.12. Ruumilahendus**

Hoones paiknevad avatud elutuba koos köögiga, magamistuba ning vannituba. Mikromaja sisaldab kööginurka, vesiklosetti ning dušši. Hoone sisustuse paigutusel on arvestatud kompaktses ja süsteemse lahendusega, sest mikromaja suletud netopindala on väike.

### **2.2.13. Küte, jahutus ja elekter**

Hoonet köetakse kombineeritult õhk-õhk soojuspumba ning elektriradiaatoritega.

Jahutamiseks kasutatakse õhksoojuspumba jahutusrežiimi, mis tagab suveperioodil hea sisekliima. Hoone ventilatsioon on lahendatud soojustagastusega ventilatsiooniseadmega.

Elektri liitumine toimub naaberkinnistul asuvast liitumiskilbist.

### **2.2.14. Vesi ja kanalisatsioon**

Hoone veevarustus toimub naaberkinnistul asuvast puurkaevust. Sooja vee tootmiseks on köögi ja vannitoa vahelise seina sisse paigaldatud veeboiler.

Kanalisatsioon lahendatakse septiku ning imbväljaku süsteemil.

### **2.2.15. Tuleohutus**

Projekteeritav hoone peab vastama standardis EVS 812-7:2018 „Ehitiste tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatavad tuleohutusnõuded“ esitatud nõuetele ning selle põhjal on koostatud ka alljärgnev hoone tuleohutuse osa.

Projekteeritav ühekorruseline elamuhoone kasutusotstarbega 11103 – Suvila, kuulub TP-3 (tuldkartev) tuleohutusklassi ning on I kasutusviisiga. Hoone põlemiskoormus jääb alla 600 MJ/m<sup>2</sup>.

#### **Tuletundlikkus**

TP-3 klassi ehitise välisseinte välispind, õhutuspilu välispind, hoone seinad ja lagi peavad vastama tuletundlikkuse nõudele: D-s2,d2. Põrandatele ja õhutuspilu sisepinna nõudeid ei esitata. Katusekate peab vastama Broof (t2-t4) tulekindlusele ning terrass D-s2 tulekindlusele.

## **Tuletõkkeseptsioon ja evakuatsioon**

Üksikelamu loetakse omaette tuletõkkeseptsiooni. Tavapärase inimeste arv hoones on 2. Hoonest on üks väljapääs, lisaks võib kasutada avanevaid aknaid.

## **Tulekustutus ning suitsuärastus**

Elumajas võiks soovituslikult olla vähemalt üks 6kg tulekustuti. Suitsu eemaldamiseks hoonest kasutatakse avanevaid aknaid ja uksi. Projekteeritav hoone hakkab paiknema hajaasustusalal ning tulekustutusvesi on kättesaadav põhjasuunas paiknevast seisuveekogust.

### **2.2.16. Energiatõhusus**

Vastavalt majandus- ja kommunikatsiooniministri määrusele nr 107, vastu võetud 17.12.2008, energiamärgise vorm ja väljastamise kord, ei esitata energiamärgise nõuet hoonele, mille ruumide kasulik pind on kuni 50m<sup>2</sup>.

Hoone soojustamisel tuli leida optimaalne lahendus suurima võimaliku netopinna ja soojustusmaterjali kihi paksuse vahel, mis liiga paksu soojustuskihi puhul kaotaks hoone kasulikku põrandapinda.

Päikesekiirguse kaitseks on projekteeritud hoonele varikatus, mis oma ribilise lahendusega ei mõju tumma varikatusena, vaid õhulise ja omapärasena. Hommikune päike paistab esmalt hoones magamistuppa, kuid päevase päikese sissepaistmise eest kaitseb elutoa maast-laeni aknaid varikatus.

## **3. KONSTRUKTIIVNE LAHENDUS**

### **3.1. Konstruktiivne üldlahendus hoonel**

Hoone kandekonstruktsioon koosneb terasraamist: postidest ning taladest, mis on omakorda kombineeritud puiduga. Vetikaalsed kandekonstruktsioonid ehk teraspostid ei paikne igas hoone nurgas, vaid on nurgaakende olemasolu tõttu sealt eemale viidud. Ülemine ja alumine horisontaalne terastaladest koosnev raam on varem kokku keevitatud ning postid on ühendatud hiljem poltliitega, sest ruumilise karkassi komplekteerimine toimub terase valmistamisest erinevas asukohas.

Põranda ja lae puittalad ning välisseintes olevad puitprussid on tugevusklassiga C24. Põranda- ja laetalad asetsevad konstruktsioonis 400mm sammuga, välisseintes asetsevad puitprussid 600mm sammuga.

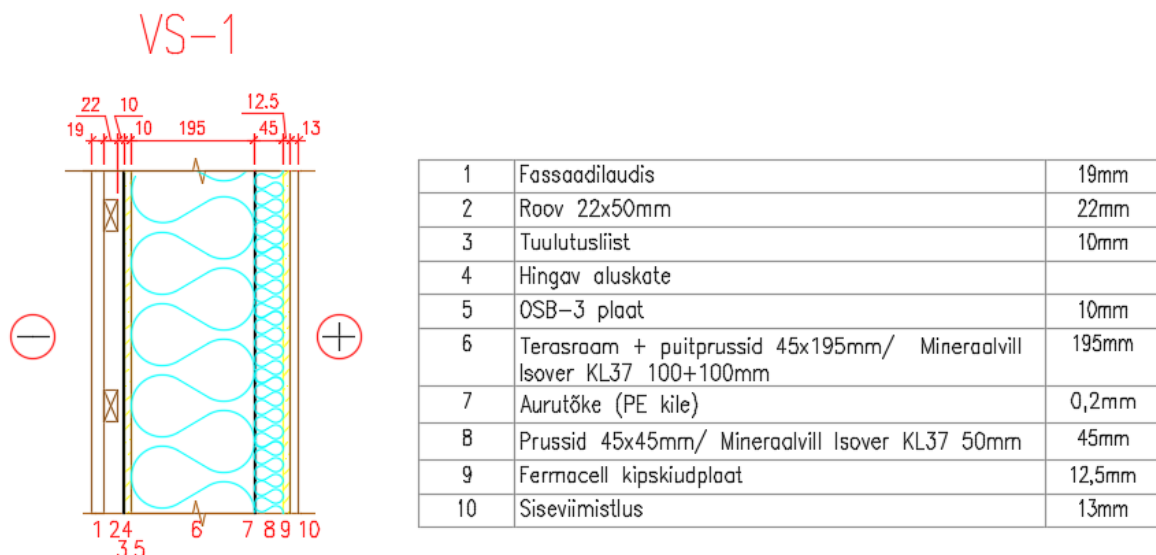
Hingav aluskate ümbritseb kogu hoone perimeetrit ja laseb vajadusel soojustuskihti tekkinud niiskusel välja kuivada. Tuule või lume sattumisel konstruktsioonikihtide vahele ei lase see aga veel soojuskihti imenduda. Samuti ei ole hingava aluskatte puhul vajalik eraldi tuuletõkkeplaat soojustuskihi peal.

Soojustuseks on kasutatud mineraalvilla Isover KL37 soojusjuhtivusega  $U=0,037$   $W/m^2K$ .

Hoone on täisperimeetril kaetud aurutõkkega, mis takistab siseruumides tekkival niiskusel välispiirde konstruktsiooni tungida.

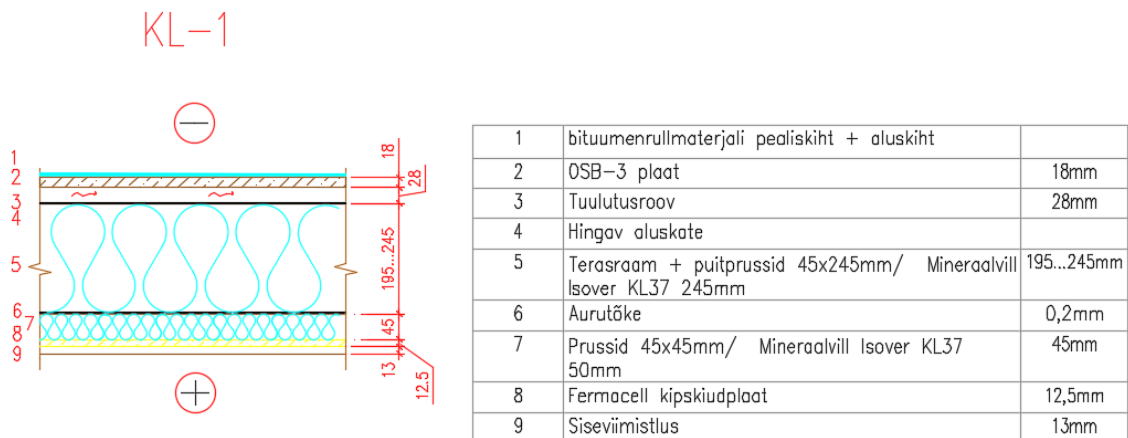
#### **3.1.1. Hoone konstruktsioonikihid**

Välisseina VS-1 konstruktsioonikihid on toodud joonisel 3.1. Välisseinad on kaetud termotöödeldud fassaadilaudisega, selle all paikneb roovitus ning tuulutusliist. Välisseinte kandekonstruktsiooni moodustavad nelikanttoru postid 100x50x4mm ning nende vahel paiknevad puitprussid 45x195mm. Sisekarkass on puitprussidest 45x45mm, selle peal paikneb Fermacell kipskiudplaat ning siseviimistluskiht.



**Joonis 3.1** Välisseina VS-1 konstruktsioonikihid

Katuslae KL-1 konstruktsioonikihid on toodud joonisel 3.2. Katus on kaetud kahes kihis bituumenrullmaterjaliga. Selle all paikneb 18mm OSB-3 puitlaasplaat ning tuulutusroov. Katusekandjateks olevald puitprussid 45x195mm paiknevad terasraami TR-2 HE 140A talade vahel ning on katusele kalde andmiseks kaldega lõigatud. Sisekarkass on 45x45mm prussidest, mille peal Fermacell kipskiudplaat ning siseviimistluskiht.

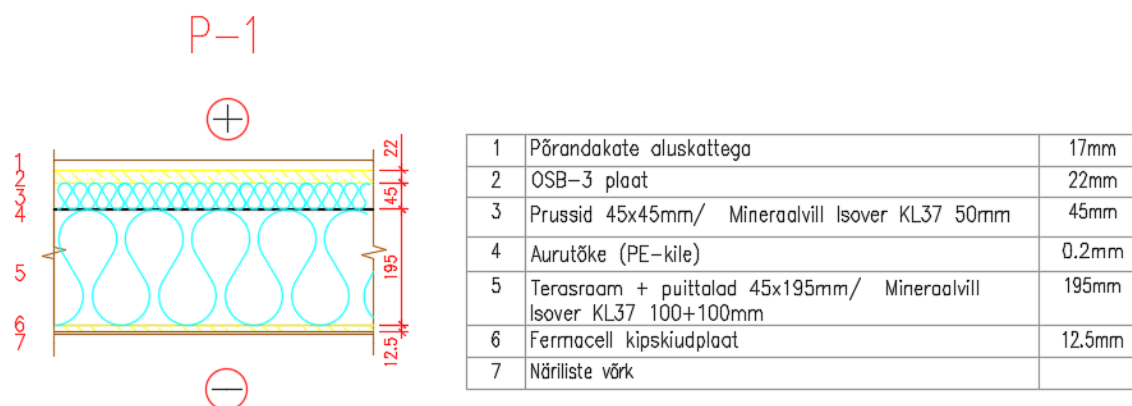


**Joonis 3.2** Katuslae KL-1 konstruktsioonikihid

Põranda P-1 konstruktsioonikihid on toodud joonisel 3.3. Põrandakate koos aluskattega on 17mm, selle all paikneb 22mm paksune OSB-3 puitlaastplaat. Sisemine konstruktsioon koosneb puitprussidest 45x45mm. Terasraami TR-1 IPE 200 talade



vahel paiknevad puitprussid 45x195mm, selle all Fermacell kipskiudplaat, mis on omakorda kaetud nÄriliste kaitseks vÅrguga.



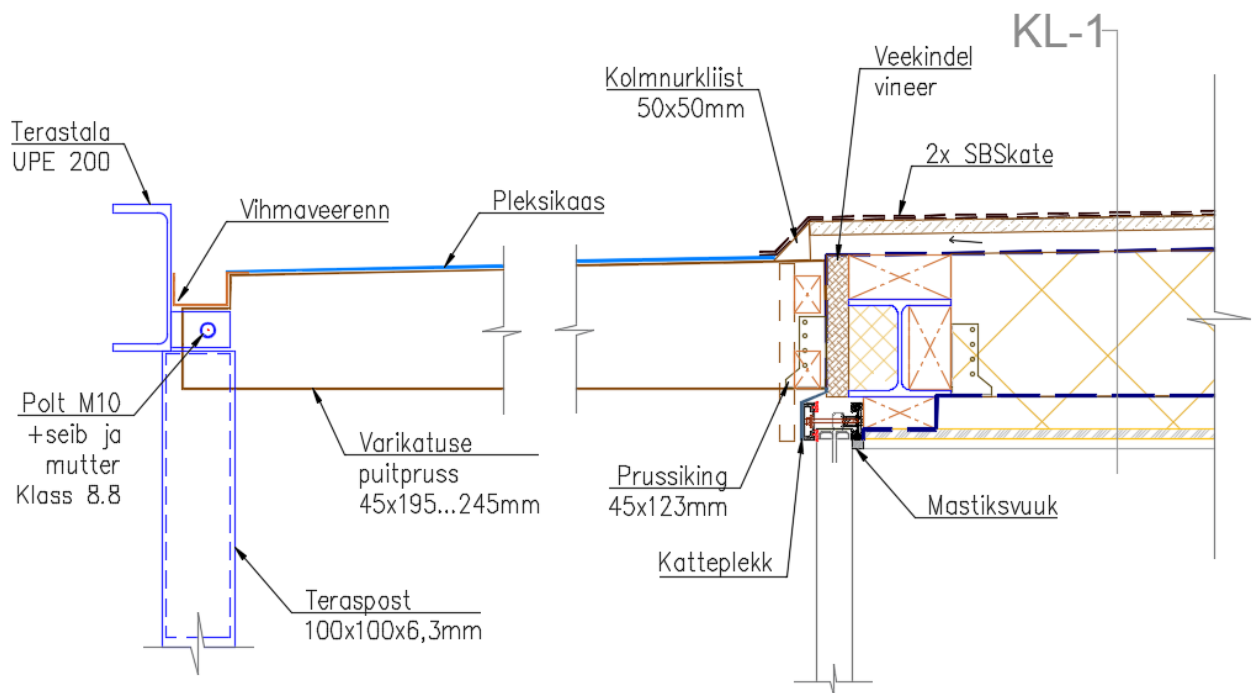
**Joonis 3.3** Põranda P-1 konstruktsioonikihid

## 3.2. Konstruktiivne üldlahendus varikatusel ja terrassil

Varikatuse ja terrassi teraskonstruktsioon koosneb UPE-taladest ning nelikanttoru postides. Hoonet pole võimalik koos terrassi ja varikatusega transportida. Selleks, et vähendada viimaste konstruktsiooni monteerimisaega objektil, on kaks terasraami TR-3 ja TR-4 tehases varem kokku keevitatud. Objektil monteeritakse juurde varikatuse ja terrassi pikmad talad TT-1 ja TT-2,

Terrassi põrand koosneb osaliselt piki, osalisest risti majaga paiknevatest sügavimmutatud puitprussidest, mis on paigutatud 400mm sammuga. Terrassi ääre poolt on prussid poltliite ning teraslehtühendusega kinnitatud terastala külge. Hoone poolt on prussid kinnitatud prussikingadega välisseina kandekonstruktsiooni külge. Põrand on kaetud termotöödeldud terrassilaudadega.

Varikatuse puitprussid kinnituvad samuti varikatuse ääre poolt poltliite ja teraslehtühendusel terastala ning hoone poolt prussikingadega välisseina kandekonstruktsiooni külge. Prussid paiknevad 300mm sammuga. Varikatuse ääre pool paiknevate puittalade ülemisse nurka on sisse lõigatud hammas, et paigutada sinna peite-efektiga vihmaveerenn (vt. joonis 3.4).



**Joonis 3.4** Varikatuse konstruktsioon ja puitprussi liitumine mõlemast otsast

### 3.3. Terasprofiilid

Terase valmistamisel tuleb lähtuda standardis EVS-EN 1090-2:2018 "Teras- ja alumiiniumkonstruktsioonide valmistamine. Osa 2: Tehnilised nõuded teraskonstruktsioonidele" esitatud nõuetest. Korrosioonikaitse tagatakse terase eeltötluse (puhastamise) ja sobiva värvimise või tsinkimisega. [2]

Kogu projektis on kasutatud terast tugevusklassiga S355. Keskkonna saasteklass on sisemistel teraskonstruktsioonidel C1 ning välimistel C2. Ilmastiku käes olev teraskarkass on kuumtsingitud ning värvitud tumehalliks RAL 7021.

Töös kasutatud teraskonstruktsiooni tähised ning neile vastavad profiilid, kogus, pikkus ning kogumass on toodud järgnevas tabelis 3.1. Nimetus TR tähistab varem kokku keevitatud terasraami, TT tähistab terastala ning TP terasposti.

**Tabel 3.1** Tabel terase tähiste, koguste ja massi kohta

Nimetus	Profiil	Kogus	Pikkus (m)	Omakaal (kg/m)	Mass kokku (kg)
TR-1	IPE 200	1	22,70	22,8	569,32
TR-2	HE 140A	1	22,70	24,7	616,76
TR-3	UPE 200+UPE 220+100x100x6,3mm	1	18,57	22,8/26,6/18,4	468,10
TR-4	UPE 200+UPE 220+100x100x6,3mm	1	5,13	22,8/26,6/18,4	121,16
TT-1	UPE 220	1	7,88	26,6	230,57
TT-2	UPE 200	1	8,09	22,8	202,90
TT-3	IPE 200	1	1,90	22,8	47,65
TT-4	IPE 200	1	2,39	22,8	59,94
TT-5	UPE 220	1	1,40	26,6	40,96
TT-6	UPE 200	1	1,45	22,8	36,37
TP-1	100x50x4mm	4	2,63	8,78	25,40
TP-2	100x50x4mm	4	2,63	8,78	25,40
TD-1	100x50x4mm	5			5,49
TD-2	100x50x4mm	2			5,58
TD-3	100x50x4mm	2			5,58
					<b>2450,01</b>

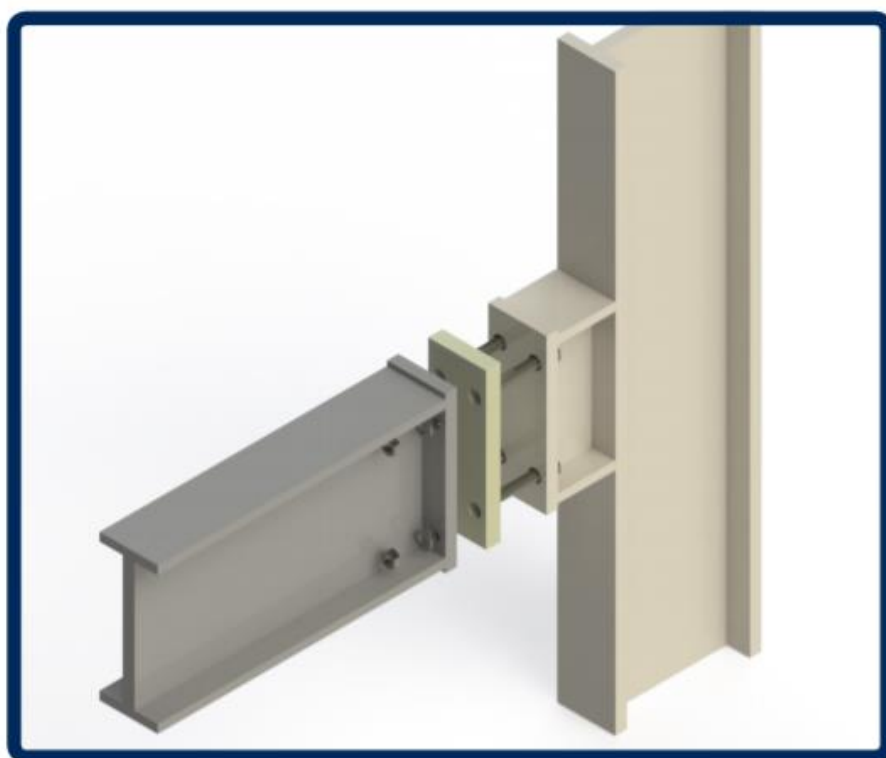
Tabelis 3.1 on profiili omakaalust tulenevale koormusele lisatud 10%, mis arvestab seeläbi kinnituslehtede ja otsaplaatide kaalu.

### 3.4. Teraskonstruktsiooni külmasildade oht ja katkestus

Valmiskujul terasjalgadel hoone tõstetakse objektile betoonpostidele ning monteeritakse varikatus ja terrass. Liidetel teras-terasega, kus üks osa asetseb välisõhu käes, tuleb arvestada terasematerjali hea soojusjuhtivusega, mistõttu on probleemiks külmasilla tekkimise oht. Probleemi vältimiseks on kasutatud 20mm paksuseid külmasillakatkestusplaate. Valitud on Farrat TBK toode, mis hoiab ära külmasilla teket sise- ja välisõhu käes oleva teraskonstruktsiooni vahel (tootefoto on esitatud joonisel 3.5). Toote valikul mängis rolli arvutuslik survetugevus  $f_{cd} = 250$  MPa ning soojusjuhtivus  $U = 0,187$  W/(m<sup>2</sup>K), mis võrreldes terasega soojusjuhtivusega  $U = 45...55$  W/(m<sup>2</sup>K) on märkimisväärselt väiksem. Eelmainitud väärtused kajastuvad tabelis 3.2.

**Tabel 3.2** Külmasillakatkestusplaadi Farrat TBK materjaliomadused

PROPERTIES	FARAT TBK		NOTES
Compressive strength	Characteristic $f_{ck}$	312 MPa	BS EN 1990 Equation (D.1)
	Design, $f_{cd}$	250 MPa	BS EN 1993-1-8 ( $\gamma_{M2} = 1.25$ ) (UK NA)
Elastic modulus		4100 MPa	
Thermal conductivity / Resistance		0.187 W/mK	
Density		1465 kg/m <sup>3</sup>	
Water Absorption		0.14%	
Long term creep		20%	% Increase of initial strain (Serviceability Limit State)



**Joonis 3.5** Farrat TBK külmasillakatkestusplaadi joonis tootelehel.

## 4. KOORMUSED

### 4.1. Koormuste arvestamise põhimõte

Konstruksiooniarvutuste eesmärk on kontrollida, et piirseisundi tingimused ei oleks ületatud. Eristatakse kahte piirseisundit: kande- ning kasutuspiirseisund. Esimese piirseisundi ületamine tähendab konstruktsiooni kandevõime kaotust, mis lähtuvad kahjustustest nii konstruktsiooni purunemise kui stabiilsuse ja tasakaalu kaotuse näol. Kasutuspiirseisund on seotud normaalse kasutusmugavuse ning ehitise välimuse nõuetest. Piirseisundi ületamise tagajärjed võivad olla taastuvad või taasutumatud, sõltuvalt, kas koormuse eemaldamisel koormuse põhjustatud tagajärjed on jäävad või mitte. [2]

Käesolevas töös tehtud kontrollarvutustes liigitatakse koormused alaliskoormuseks (G) ehk konstruktsiooni omakaal ning muutuvkoormusteks (Q) ehk lume-, tuule- ja kasuskoormus. Konstruktsiooniarvutustel on kasutatud arvutusväärtusi, mis on saadud normväärtuste läbikorrutamisel osavaruteguritega, arvestades koormuse võimalikku hälvet normväärtusest ebasoodsamas suunas. Kande- ja kasutuspiirseisundi kontrollarvutustel on lähtutud alalisest arvutusolukorrast. Osavarutegur arvutusolukorras alalise koormuse ebasoodsa mõju korral on  $\gamma_G = 1,2$  ning muutuvkoormuse ebasoodsa mõju korral  $\gamma_Q = 1,5$ . [2]

### 4.2. Koormuskombinatsioonid

Koormuskombinatsioonid on tehtud vastavalt tõenäoliste või suurimat mõju avaldavate koormusolukordade põhjal. Koormuskombinatsioonid on esitatud tabelis 4.2. Koormuskombinatsioonid on valitud kande- ja kasutuspiirseisundi alaliste või ajutiste arvutusolukordade ja kasutuspiirseisundi tavakombinatsioonina. Muutuvkoormustena on arvestatud lume- ja tuulekoormust ning kasuskoormust.

Koormuskombinatsioonides kasutatud kombinatsioonitegurid on esitatud tabelis 4.1.

**Tabel 4.1** Kombinatsioonitegurid kasuskoormusele ning lume- ja tuulekoormusele vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu tabelile 8.4

Koormuse liik	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Kasuskoormus (klass A)	0,7	0,5	0,3
Lumekoormus	0,5	0,2	0
Tuulekoormus	0,6	0,2	0

**Tabel 4.2** Koormuskombinatsioonid

Tähis	Kombinatsiooni kirjeldus		Koormuskombinatsioon
KK1	Omakaal + dom. kasuskoormus + lumi	Kandepiirseisund	1,2Gk+1,5Qk,k+1,5*0,5Qk,s
KK2	Omakaal + dom.lumi + kasuskoormus	Kandepiirseisund	1,2Gk+1,5*0,7Qk,k+1,5Qk,s
KK3	Omakaal + dom.lumi + kasuskoormus	Kasutuspiirseisund, tavakombinatsioon	1,0Gk+0,2Qk,s+0,3Qk,k
KK4	Omakaal + dom.kasuskoormus + lumi	Kasutuspiirseisund, tavakombinatsioon	1,0Gk+0,5Qk,k + 0
KK5	Omakaal	Kandepiirseisund	1,3Gk
KK6	Omakaal + dom. suruv tuul + lumi	Kandepiirseisund	1,2Gk+1,5Qk,w+1,5*0,5Qk,s
KK7	Omakaal + dom. lumi + suruv tuul	Kandepiirseisund	1,2Gk+1,5*0,6Qk,w+1,5Qk,s

### 4.3. Koormuste mõjumise arvestamine

Koormuste mõju arvestamise tegi keerukaks varikatuse ja terrassi ebasümmeetriline kuju, kus tuli arvestada trapetsiaalselt mõjuvate koormustega. Samuti erineb puitprusside asetus vastavalt risti ja piki hoonet.

Hoone katuslae ja põranda omakaal on arvestatud mõjuvaks vastavalt hoone gabariitidele 4 ja 8 meetrit. Välisseinte koormusel on võetud sein kõrguseks toa puhaskõrgus 2,51 meetrit ning arvestatud seda täisperimeetril. Akende omakaal on võrdsustatud sein omakaaluga ja arvestatud seeläbi tagavara kasuks.

## 4.4. Alaliskoormused

Hoone konstruktsiooniarvutustes kasutatud materjalide omakaalud on võetud Ehituskonstruktori käsiraamatust, materjalitootjate kodulehelt ja vastavalt standardile EVS-EN-1991-1-1:2002+NA:2002 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused.

Alalis- ehk püsikoormuste hulka loetakse konstruktsioonide omakaalukoormust, mis arvutatakse materjalide ning projektmõõtmete mahukaalu põhjal. Konstruktsioonis kasutatud terasprofiilide andmed on võetud Ehituskonstruktori Käsiraamatus toodud tabelitest või Euroopa standardile vastavate veebilehekülgedelt.

### 4.4.1. Konstruktsioonikihtide omakaalud

Tabelites 4.3 - 4-5 on esitatud hoone konstruktsioonikihtide mõõtmed, paksused ning materjali mahukaalu põhjal arvutatud normatiivne pinnakoormus (kN/m<sup>2</sup>).

**Tabel 4.3** Välisseina VS-1 omakaal

VS-1						
Materjal	Kõrgus mm	Laius mm	Kihi paksus mm	Samm mm	Mahukaal kg/m <sup>3</sup>	Normatiivne pinnakoormus kN/m <sup>2</sup>
Laudis 19x118mm			19		460	0,087
Roov	22	50		600	600	0,011
Tuulutusliist	10	50		600	600	0,005
Hingav aluskate						0,001
OSB-3			10		700	0,070
Puitprussid	195	45		400	600	0,132
Soojustus			200		30	0,060
Aurutõke (PE-kile)			0,2			0,001
Sisekarkass	45	45		400	600	0,030
Soojustus			50		30	0,015
Fermacell			12,5		1200	0,150
Viimistlus			13		1000	0,130
						<b>0,69</b>

**Tabel 4.4** Katuslae KL-1 omakaal

<b>KL-1</b>						
	<b>Kõrgus</b>	<b>Laius</b>	<b>Kihi paksus</b>	<b>Samm</b>	<b>Mahukaal</b>	<b>Normatiivne pinnakoormus</b>
<b>Materjal</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>kg/m3</b>	<b>kN/m2</b>
2x bituumenrullmaterjal			4		1400	0,056
OSB-3			18		700	0,126
Tuulutusroov	28	50		600	600	0,014
Hingav aluskate						0,001
Puitprussid	245	45		400	600	0,165
Terasraam TR-2 HE 140A						0,176
Soojustus			245		30	0,074
Aurutõke (PE-kile)			0,2			0,001
Roov	45	45		400	600	0,030
Soojustus			50		30	0,015
Fermacell			12,5		1200	0,150
Viimistlus			13		1000	0,130
						<b>0,94</b>

**Tabel 4.5** Põranda P-1 omakaal

<b>P-1</b>						
	<b>Kõrgus</b>	<b>Laius</b>	<b>Kihi paksus</b>	<b>Samm</b>	<b>Mahukaal</b>	<b>Normatiivne pinnakoormus</b>
<b>Materjal</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>kg/m3</b>	<b>kN/m2</b>
Põrand aluskattega			17			0,100
OSB-3			22		700	0,154
Roov	45	45		400	600	0,030
Soojustus			50		30	0,015
Aurutõke (PE-kile)			0,2			0,001
Puitprussid	195	45		400	600	0,132
Terasraam TR-1 IPE 200						0,162
Soojustus			200		30	0,060
Fermacell			12,5		1200	0,150
						<b>0,80</b>

Kokkukeevitatud terasraamide TR-1 ja TR-2 normatiivsed pinnakoormused nii põranda P-1 kui katuslae KL-1 tasapinnas on leitud vastavalt terase pikkusest täisperimeetris, selle läbikorrutamisel terase omakaaluga ning jagatuna katuslae/põranda pindalaga, vastavalt 32 m<sup>2</sup>.



**Tabel 4.6** Varikatuse VK omakaal

VK						
	Kõrgus	Laius	Kihi paksus	Samm	Mahukaal	Normatiivne pinnakoormus
Materjal	mm	mm	mm	mm	kg/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Pleksiklaas			5		1190	0,060
Puitprussid	245	45		300	600	0,221
Terastala TT-2 UPE 200						
						<b>0,28</b>

**Tabel 4.7** Terrassi TR omakaal

TR						
	Kõrgus	Laius	Kihi paksus	Samm	Mahukaal	Normatiivne pinnakoormus
Materjal	mm	mm	mm	mm	kg/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Terrassilaud 21x118mm			21		700	0,147
Sügavimmutatud puitpruss	195	45		400	600	0,132
Terastala TT-1 UPE 220						
						<b>0,28</b>

Terrassi ja varikatuse omakaalu hulka pole tabelites 4.6 ja 4.7 arvestatud terastalade TT-1 ja TT-2 omakaalu, vaid lihtsuse mõttes hilisemates arvutustes eraldi juurde arvestatud.

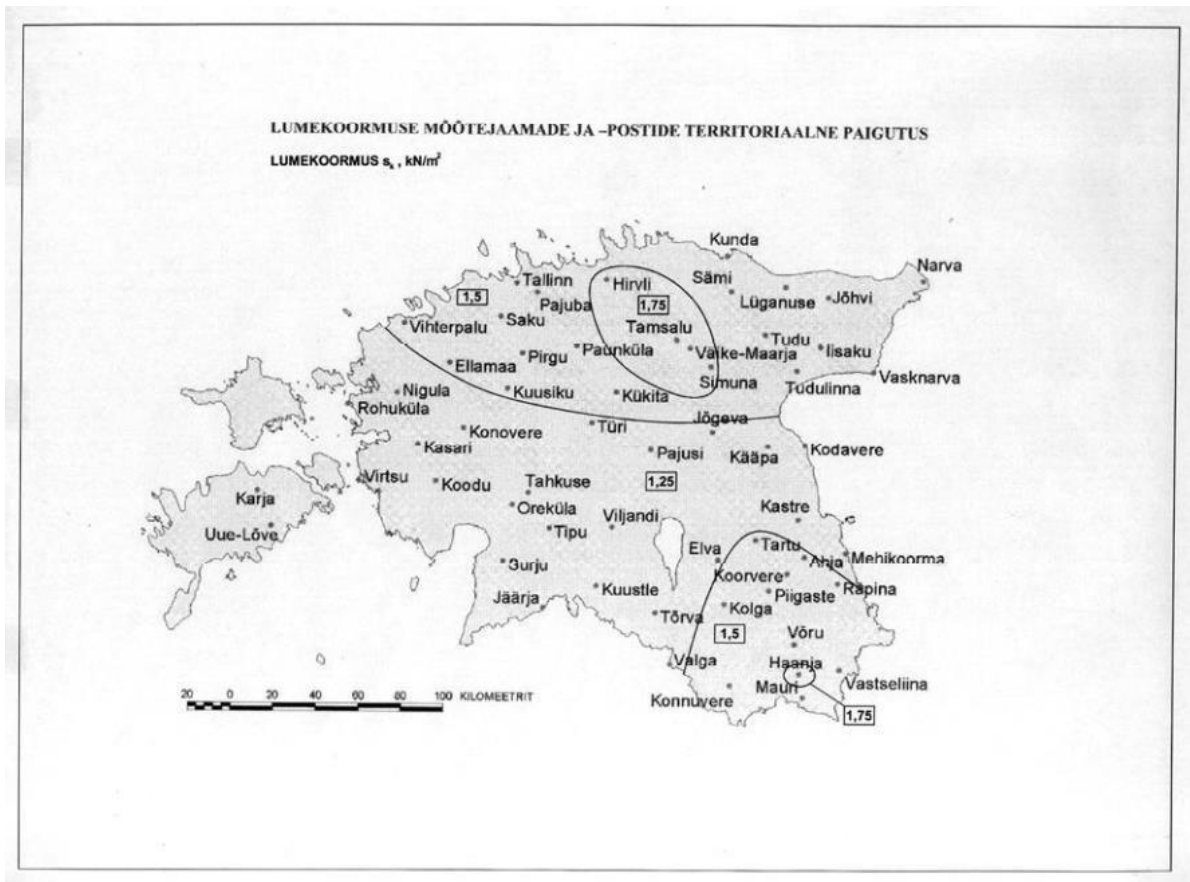
## 4.5. Muutuvkoormused

Konstruksiooniarvutuses on muutuvkoormustena arvestatud tuule- ning lumekoormust ja kasuskoormust. Projekteeritav hoone hakkab paiknema Lõuna-Eestis Põlva vallas. Lume- ja tuulekoormuse leidmisel kasutatud standardid on EVS-EN 1991-1-3:2006 ning EVS-EN 1991-1-4:2007.

### 4.5.1. Lumekoormus

Lumekoormuse arvutustel kasutatud standard: EVS-EN 1991-1-3:2006 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus.

Lumekoormus loetakse katusepiirkonna horisontaalprojektsiooni suhtes vertikaalselt mõjuvaks. Lumekoormusel arvestatakse katuse kuju ja kallet ning lume võimalikku paiknemist. Eesti ehituslike lumekoormuste kaarti andmetel (joonis 4.1) on Põlva vallas maapinnale mõjuv normatiivne lumekoormus:  $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$



**Joonis 4.1** Eesti ehituslik lumekoormuste kaart (EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 Joonis NA.4.1)

Katusele mõjuva lumekoormuse normatiivne väärtus arvutatakse:

$$q_{k,lumi} = \mu_1 * S_k \quad 4.1$$

Kus:  $\mu_1$ - lumekoormuse kujutegur, mille väärtus võetakse tabelist 4.8

**Tabel 4.8** Ühekaldelise katuse lumekoormuse kujutegurid. (EVS-EN 1991-1-2:2006)

Katuse kaldenurk $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8\alpha/30$	1,6	--

Katuse kaldenurk projekteeritaval hoonel ja varikatusel on  $\alpha = 1^\circ$  ning vastav kujutegur sellele on  $\mu_1 = 0,8$ .

Vastavalt valemile 4.1 on katusele mõjuv lumekoormuse normatiivne väärtus:

$$q_{k,lumi} = 0,8 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

## 4.5.2. Tuulekoormus

Tuulekoormuse arvutamisel kasutatud standard: EVS-EN 1991-1-4:2007 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus.

Tuulekoormus on ajas muutuv koormus, mis esitatakse enamjaolt risti konstruktsiooni pinnaga mõjuva tuulerõhuna. [2] Tuulekoormuse mõju sõltub konstruktsiooni suurusest, kujust ja dünaamilistest omadustest ning esitatakse lihtsustatult rõhkude või jõudude kombinatsioonina. [3]

Konstruktsiooni välispindadele mõjuv tuulerõhk arvutatakse vastavalt:

$$w_e = q_p(z_e)c_{pe} \quad 4.2$$

Kus:

$q_p(z_e)$  on tippkiirusrõhk ja  $z_e$  vastavalt välisrõhu arvutuskõrgus

$c_{pe}$  on välisrõhu rõhutegur

Tippkiirusrõhk arvutatakse vastavalt:

$$q_p(z) = c_e(z) * q_p \quad 4.3$$

Kus:

$c_e$  on ekspositsioonitegur

$q_p$  on keskmine tuule baaskiirusrõhk

Keskmine tuule baaskiirusrõhk arvutatakse vastavalt:

$$q_p = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 \quad 4.4$$

Kus vastavalt standardi rahvuslikus lisas toodud juhistele valitakse Eestis õhu tiheduse väärtuseks  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  ning tuule baaskiiruse väärtuseks  $v_b = 21 \text{ m/s}$ .

Ekspositsioonitegur arvutatakse vastavalt:

$$c_e(z) = c_r^2(z) * c_0^2(z) * [1 + 7 * I_v(z)] \quad 4.5$$

Kus:

$c_r$  maapinna karedustegur

$c_0$  pinnavormitegur = 1,0

$I_v$  turbulentsi intensiivsus

Karedustegur arvutatakse vastavalt:

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad 4.6$$

Kus:

$k_r$  on maastikutüübitegur sõltuvalt karedusmõõdust  $z_0$

$z$  on hoone kõrgus mapinnast, mis on 3,3m

$z_0$  on karedusmõõt sõltuvalt maastikutüübist, mille suurus leitakse tabelist 3.2.

Turbulentsi intensiivsus arvutatakse vastavalt:

$$I_v = \frac{k_1}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad 4.7$$

Kus vastavalt standardi rahvuslikus lisas toodud juhistele valitakse Eestis tuule turbulentsi teguri väärtuseks vastavalt  $k_1 = 1,0$  ja pinnavormiteguri väärtuseks vastavalt  $c_0 = 1,0$ .

Maastikutüübi tegur  $k_r$  arvutatakse vastavalt:

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad 4.8$$

Kus:

$z_{0,II}$  on vastavalt tabelist 3.2 väärtusega 0,05

**Tabel 4.9** Maastikutüübid ja maastiku parameetrid (EVS-EN 1991-1-4:2007+NA: 2007)

	<b>Maastikutüüp</b>	$z_0$ m	$z_{min}$ m
0	Meri või kaldapiirkond, mis on avatud merele	0,003	1
I	Järved või tasane horisontaalne maastik ilma olulise taimkatteta ja ilma takistusteta	0,01	1
II	Maastik madala taimkattega (nagu rohi) ja üksikute takistustega (puud, hooned), mille vaheline kaugus võrdub vähemalt 20-kordse kõrgusega	0,05	2
III	Maastik, mis on kaetud ühtlase taimkatte või ehitistega või üksikute takistustega, mille vaheline kaugus ei ole suurem 20-kordsest kõrgusest (nagu maa-asulad, äärelinnapiirkond, ühtlaselt metsaga kaetud alad)	0,3	5
IV	Maastik, kus vähemalt 15 % pinnast on kaetud hoonetega, mille keskmine kõrgus ületab 15 m	1,0	10

Projekteeritav hoone hakkab paiknema mäenõlval, kus oru poolne ala on avatud tuulele, kuid kõikjal mujal ümbritseb hoonet okasmets. Lähtuvalt sellest valin tabelist 4.9 III maastikutüübi, millele vastab  $z_{0,III} = 0,3\text{m}$  ja  $z_{min} = 5\text{m}$ .

#### **Vastavalt eeltoodud valemitele leian vajalikud suurused.**

Baaskiirusrõhu väärtus vastavalt valemile 4.4:

$$q_p = \frac{1}{2} * 1,25 * 21^2 = 0,276 \text{ kN/m}^2$$

Maapinna karedustegur vastavalt valemile 4.6:

$$c_r(z) = 0,215 * \ln\left(\frac{3,3}{0,3}\right) = 0,515$$

Maastikutüübi väärtus vastavalt valemile 4.8:

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

Turbulentsi intensiivsus vastavalt valemile 4.7:

$$I_v = \frac{1}{1 * \ln\left(\frac{3,3}{0,3}\right)} = 0,417$$

Ekspositsioonitegur vastavalt valemile 4.5:

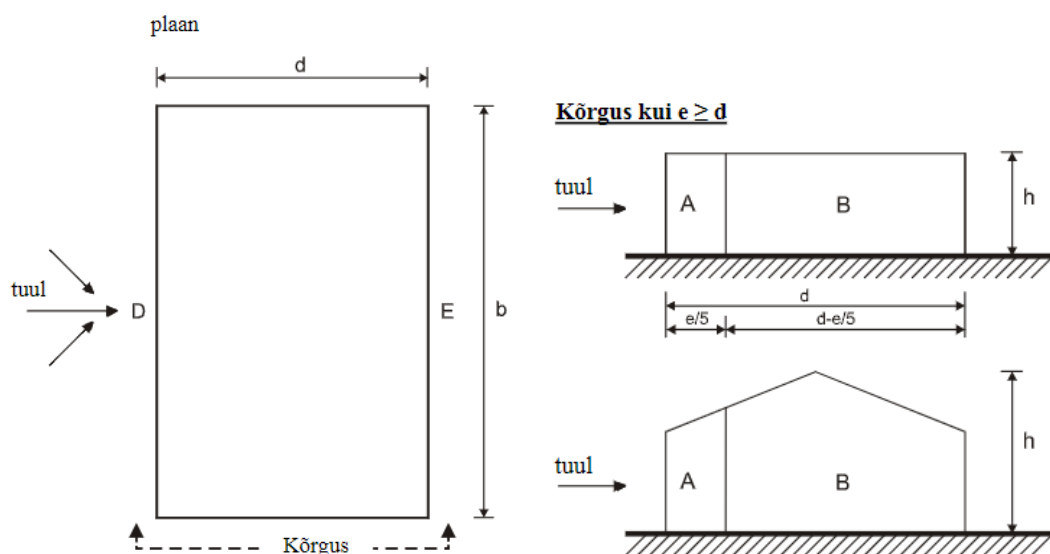
$$c_e(z) = 0,515^2 * 1,0^2 * (1 + 7 * 0,417) = 1,039$$

Tippkiirusrõhk vastavalt valemile 4.3:

$$q_p(z) = 1,039 * 0,276 = 0,287 \text{ kN/m}^2$$

#### 4.5.2.1. Tuulekoormus seintele

Joonisel 4.2 on välja toodud vertikaalsete seinte koormustsoonid. Projekteeritud hoone puhul on kõrgus  $h$  väikem laiusel  $b$ , seega vaadeldakse hoonet üheosalisena ning kuna  $h/d \leq 1$ , korrutatakse resultantkoormus teguriga 0,85. Välisrõhutegurid  $c_{pe,10}$  ja  $c_{pe,1}$  tsoonidele A, B, C, D ja E määratakse jooniselt 4.2. Projekteeritava hoone puhul on kõik tuulele avatud pinnad suuremad kui  $10 \text{ m}^2$ , mistõttu kasutatakse tuulekoormuse arvutamisel välisrõhutegurit  $c_{pe,10}$ . [3]



**Joonis 4.2** Vertikaalsete seinte koormustsoonid vastavalt tuule suunale (EVS-EN 1991-1-4:2007+NA: 2007)

**Tabel 4.10** Välisrõhutegurid riskülikulise põhiplaani hoone vertikaalsetele seintele (EVS-EN 1991-1-4:2007+NA: 2007)

Tsoon	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

$$b = 8 \text{ m}$$

$$e = b \text{ või } 2h, \text{ olenevalt kumb on väiksem [3]} \rightarrow e = 2 \cdot h = 2 \cdot 3,3 = 6,6 \text{ m}$$

$$d = 4 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{3,3}{4} = 0,825 \text{ m}$$

Normatiivsed koormused erinevatele välisseinte tsoonidele vastavalt tuulerõhu arvutamise valemile 4.2, kasutades tabelis 4.10 toodud väärtusi ja vähendustegurit

0,85 on koostatud tabelid 4.11 ja 4.12. Tsoonide D ja E puhul on kasutatud interpoleerimist.

$$w_e = q_p(z_i)c_{pe,10} \cdot 0,85$$

**Tabel 4.11** Välisrõhutegurid ja välispinnale mõjuv tuulerõhk kui tuul mõjub pikemale hoone küljele

Tsoon	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,78	-0,45
$w_e \left(\frac{kN}{m^2}\right)$	-0,29	-0,2	-0,12	+0,19	-0,11

**Tabel 4.12** Välisrõhutegurid ja välispinnale mõjuv tuulerõhk kui tuul mõjub lühemale hoone küljele

Tsoon	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,72	-0,34
$w_e \left(\frac{kN}{m^2}\right)$	-0,29	-0,2	-0,12	+0,18	-0,08

Suurima väärtusega normatiivne suruv tuulerõhk seintele mõjub D tsoonis ning suurima väärtusega imev tuulerõhk seintele A tsoonis.

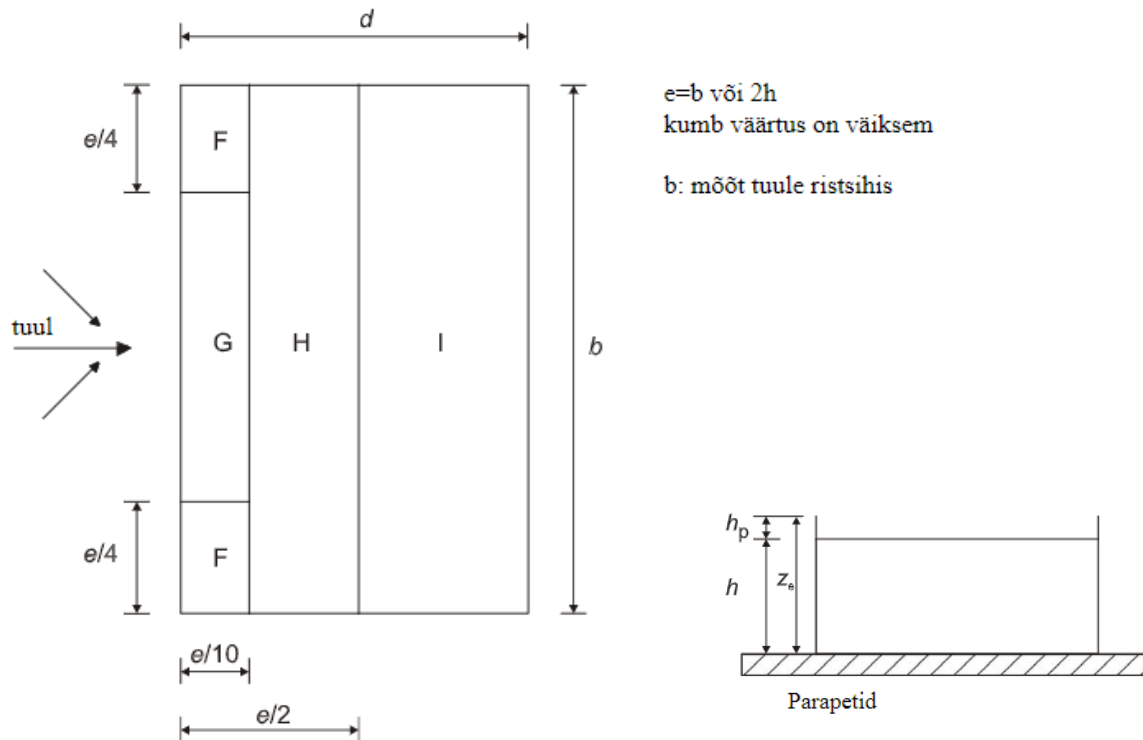
#### 4.5.2.2. Tuulekoormus katusele

Lamekatusteks loetakse katuseid kaldega  $-5 < \alpha < +5^\circ$  [3]

Katus tuleks jaotada tsoonideks vastavalt joonisele 4.3. Parapetiga lamekatuse puhul võetakse arvutuskõrguseks  $h + h_p$ . Välisrõhutegurid lamekatuse tsoonidele on toodud tabelis 4.13 ning interpoleerimise käigus on saadud väärtused tabelisse 4.14. [3]

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,064}{3,24} = 0,020$$

4.9



**Joonis 4.3** Lamekatuse koormustsoonid ja parapetiga räästa kõrgused (EVS-EN 1991-1-4:2007+NA: 2007)

**Tabel 4.13** Välisrõhutegurid lamekatustele (EVS-EN 1991-1-4:2007+NA: 2007)

Katusetüüp		Tsoon							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Teravate servadega räästad		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Parapettidega räästad	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2

**Tabel 4.14** Välisrõhutegurid lamekatusele tsoonide kaupa

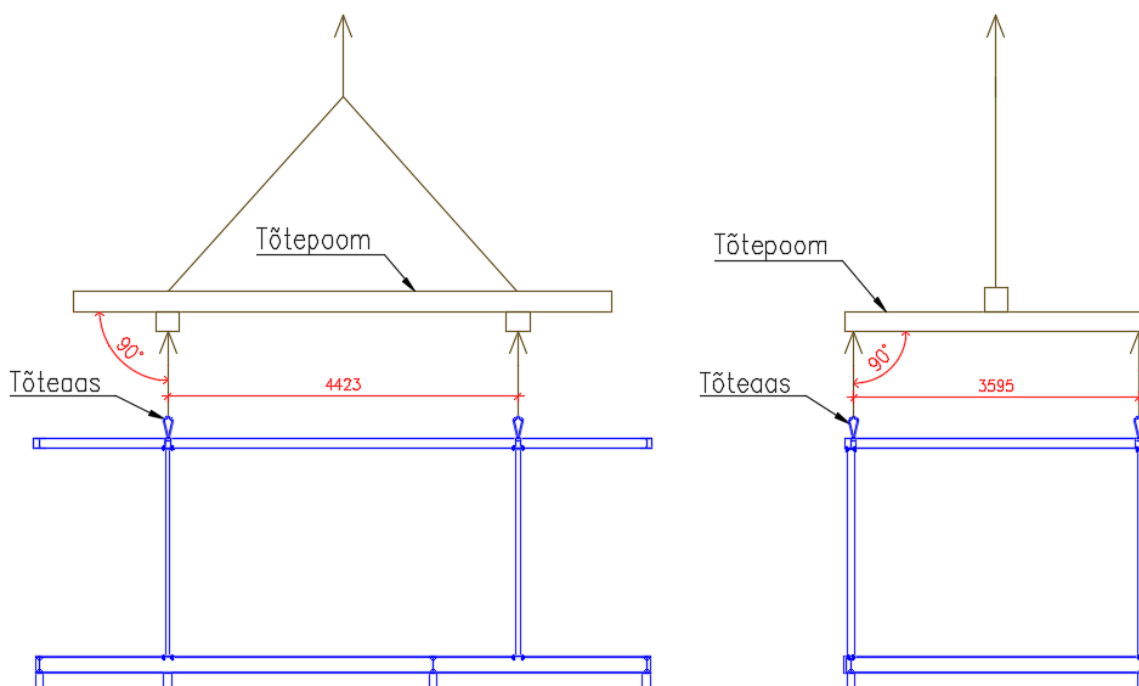
Tsoon	F	G	H	I
$c_{pe,10}$	1,92	1,32	0,84	+0,2
				-0,2
$w_e \left( \frac{kN}{m^2} \right)$	0,551	0,379	0,241	+0,057
				-0,057



## 5. MOODULMAJA TÕSTMINE KRAANA ABIL

Hoone tõstmiseks tuli leida optimaalseim võimalik lahendus. Hoone tõstmisel talade otstest on terastalade sille kõige suurem ning kuna nurgaakende tõttu puuduvad kahes hoone nurgas postid, oleks antud lahendus kõige ebasoodsam variant hoone tõstmiseks. Moodulmaja tõstmine toimub sümmeetriliselt neljast kohast hoone pikematest külgedest postide kohalt.

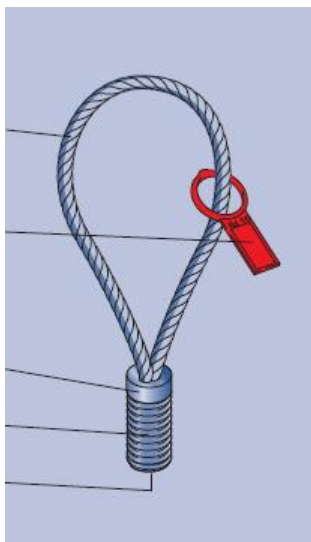
Hoone kaal on ligikaudu 9,3 - 9,4 tonni. Hoone tõstmiseks on valitud PFEIFER tootja terasest tõsteasad ning kinnitused. Tõsteasad on valitud selliselt, et need ei jääks hiljem konstruktsioonist nähtavale ning trossaasad saab soovi korral hiljem hoone tõstmisel taas terase sisse keerata (vt tõsteaasa joonist 5.2). Tõstmine toimub postide kohalt, et vältida kogu hoone koormuse rippumist ülemiste talade külge. Põrandast tulev omakaal on riputatud postide külge ning läbi postide suundub koormus otse läbi ülemiste talade tõsteasadele. Postid paiknevad üksteise suhtes sümmeetriliselt, et vältida koormuse ebaühtlast jaotust. Sõltuvalt akende, siseseinte ja muu sisustuse asukohast hoones võib koormuse jaotus olla tõstmisel veidi ebaühtlane. Koormuse ebaühtlase jaotuse võimalikkuse tõttu on tõsteasade valikul arvestatud aasa kandevõime varuga ning arvestatud asjaoluga, et vannituba ning kööginurk asetsevad hoone keskel. Hoonet tõstetakse 90° nurga all otse üles, selleks kasutatakse kraana konksu külge kinnitatud vahepoomi (vt. joonis 5.1).



**Joonis 5.1** Tõsteskeem külg- ja otsevaates

Tõstmisel mõjuv omakaalukoormus on läbi korrutatud dünaamilise koormuse osavaruteguriga 1,3, mis on tootja lehel välja toodud mobiilse kraanaga tõstmisel.

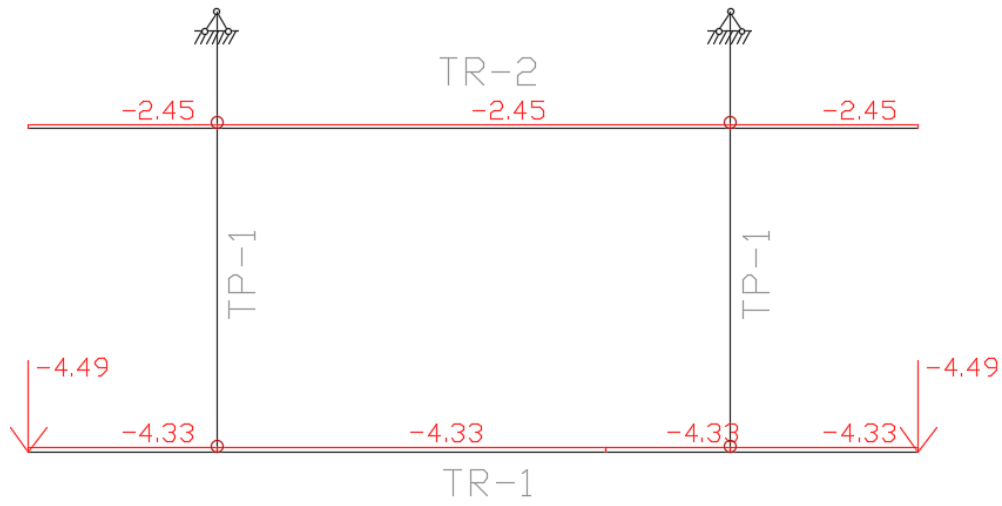
Ühele tõsteaasale mõjuv koormus on 30,5 kN, mis kajastub joonisel 5.6. Tõsteaasade valikul on lähtutud tõsteaasa kandevõimest, mis valitud tõsteaasa R30 tüübi puhul on  $N_{R,adm} = 40$  kN.



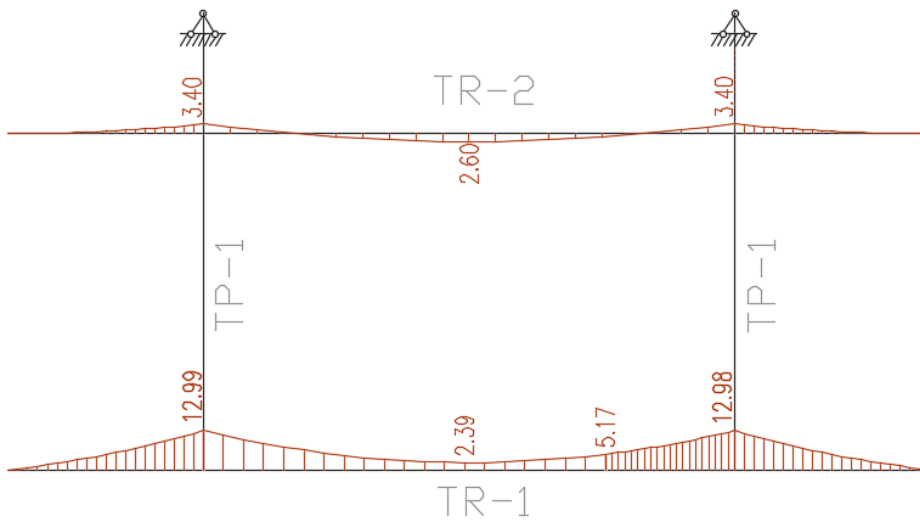
**Joonis 5.2** Tõsteaasa illustreeriv pilt PFEIFER tootelehel

## **5.1. Koormused ja sisejõuepüürid koos väärtustega hoone tõstmisel kraanaga**

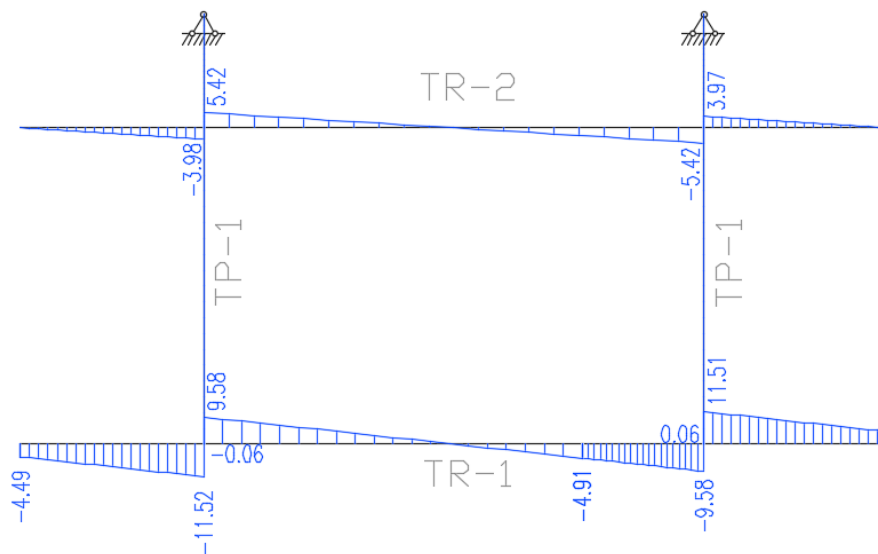
Järgnevalt on esitatud hoone kraanaga tõstmisel mõjuvad arvutuslikud koormused hoone omakaalust ning tekkivad sisejõud koos epüüride ja väärtustega joonistel 5.3-5-6. Koormused on võetud mõjuvaks poole hoone omakaalust ning esitatud joonisel 5.3. Ülemisele talale mõjub katuslae KL-1 omakaal, alumisele talale mõjub põranda P-1 omakaal ning välisseina VS-1 omakaal. Alumise tala otstes kujutatud punktikoormus tuleneb hoone külgmistest välisseintest VS-1, mis on võetud mõjuvaks poole hoone laiuse ulatuses.



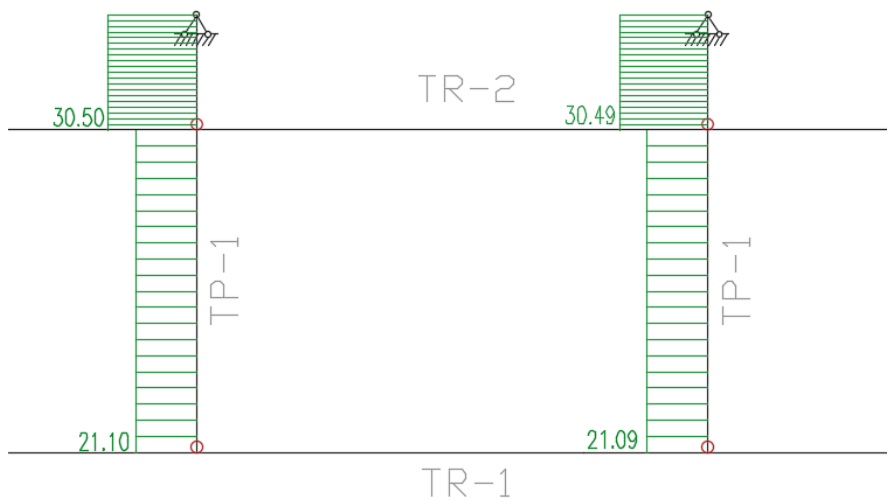
**Joonis 5.3** Arvutuslik poole hoone omakaalukoormus kraanaga tõstmisel (kN)



**Joonis 5.4** Paindemomendi epüürid ja suurused (kNm)

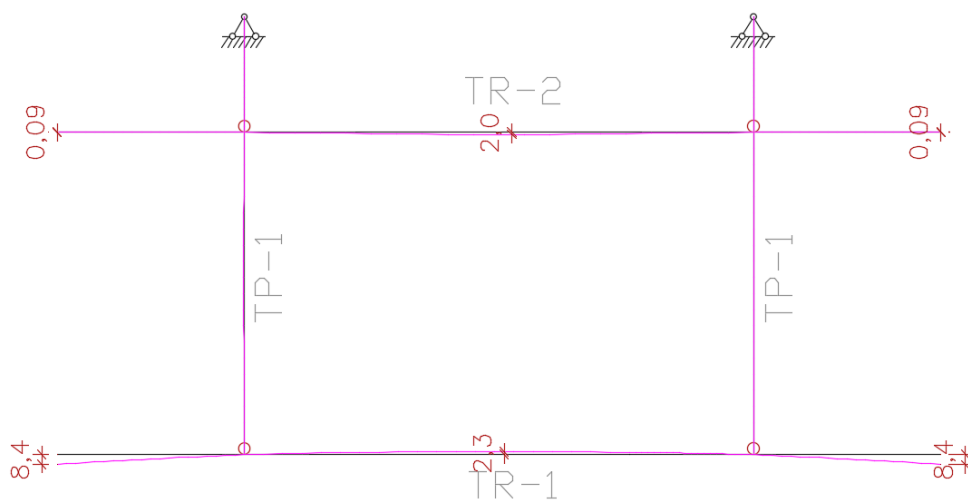


**Joonis 5.5** Põikjõu epüürid ja suurused (kN)



**Joonis 5.6** Pikijõu epüürid ja suurused (kN)

Läbipainded tala otstes ja keskel on kujutatud joonisel 5.7, kus maksimaalne läbipaine on alumise tala otstes 8,4mm.



**Joonis 5.7** Läbipainde illustreeriv varraskeem (mm)

## 6. TERASTALADE KANDEVÕIME KONTROLL

Moodulmaja ülemise terasraami TR-2 terasprofiiliks on valitud HE 140A ning alumise terasraami TR-1 terasprofiiliks IPE 200 talad. Terrassi ja varikatuse talad on vastavalt ülemised UPE 200 ja alumised UPE 220 profiilid.

Tala kandevõimet on kontrollitud esmalt terasraami TR-3 alumisel talal ehk terrassi lühemal talal ning teisalt talal TT-2 ehk varikatuse pikemal talal. Kiivekandevõimet on kontrollitud terrassi all oleval pikemal konsoolsel IPE 200 talal.

Arvutustes kasutatud standard on EVS-EN 1993-1-1:2005:2005+A1:2014+NA:2015 „Teraskonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks.“

### 6.1. Terasraami TR-3 alumise tala kandevõime kontroll

Talast mõjuvad maksimaalsed arvutuslik põikjõud ja paindemoment on toodud joonistel 6.2 ja 6.3.

Talast mõjuv maksimaalne arvutuslik põikjõud  $V_{Ed} = 20,68 \text{ kN}$

Talast mõjuv maksimaalne arvutuslik paindemoment  $M_{Ed} = 23,14 \text{ kN} \cdot \text{m}$

#### 6.1.1. Terasprofiili ristlõikeparameetrid

Profiil **UPE 220** andmed vastavalt Eurostandardile [4]:

$G = 26,6 \text{ kg/m}$  Kaal jooksva meetri kohta

$A = 3390 \text{ mm}^2$  Ristlõike pindala

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

$b = 85 \text{ mm}$  Ristlõike laius

$t_w = 6,5 \text{ mm}$  Ristlõike sein laius

$t_f = 12 \text{ mm}$	Ristlõike vöö laius
$r = 13 \text{ mm}$	Ümardusraadius
$I_y = 2682 \text{ cm}^4$	Inertsimoment
$W_{pl,y} = 281,5 \text{ cm}^3$	Plastne vastupanumoment

### 6.1.2. Abisuurused

Võetud vastavalt standardile EVS-EN 1993-1-1.

$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$  Terase voolavuspiir vastavalt terase klassile S355

$\gamma_{M0} = 1,0$  Kandepiiriseisundi osavarutegur, plastne kandevõime

$\eta = 1,2$  Kui  $f_y \leq 460 \text{ N/mm}^2$

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$  Terase elastsusmoodul

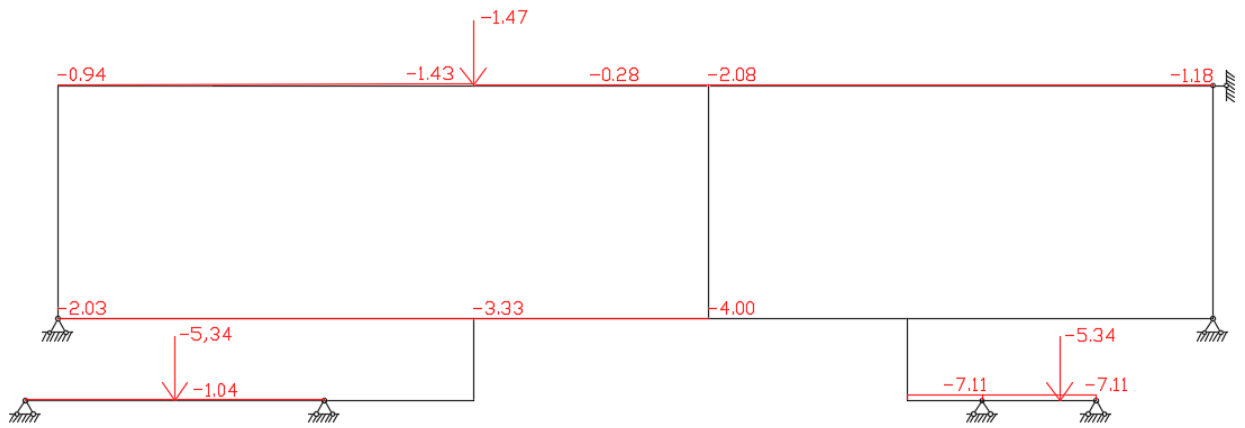
### 6.1.3. Talale mõjuvad koormused

Terasraami TR-3 alumise tala kandevõime kontrollil on kasutatud kriitiliseimat koormuskombinatsiooni KK1, kus kandepiiriseisundis mõjuvad domineeriv kasuskoormus ning lumi:

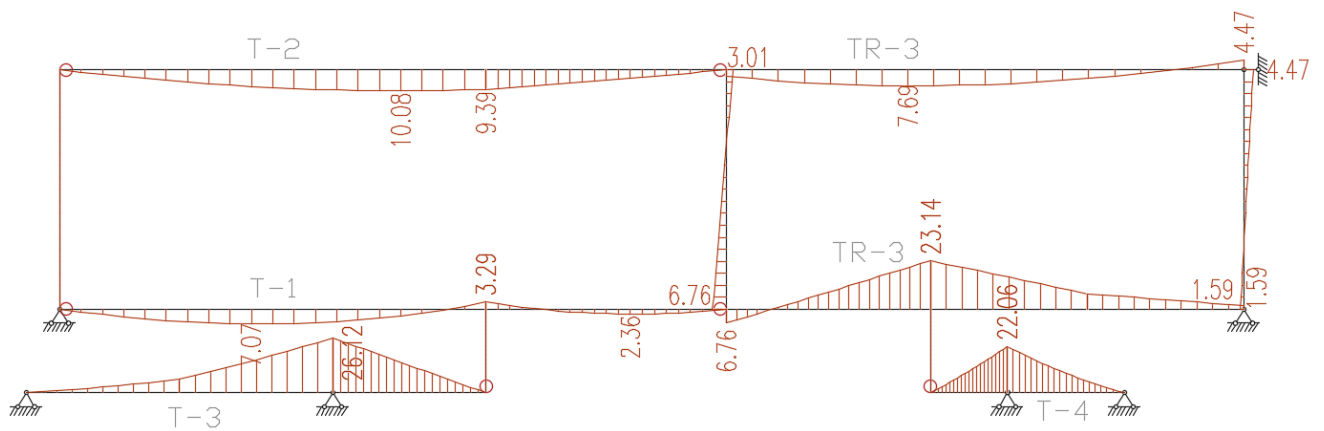
$$g_d = \gamma_G \cdot g_{k,T} + (\gamma_G \cdot g_{k,TR} + \gamma_Q \cdot q_{k,kasus} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{k,lumi}) \quad 6.1$$

Varikatuse ja terrassi teraskonstruktsioon töötab tervikuna, mis tähendab, et terrassil mõjuv kasuskoormus mõjutab varikatuse talasid ning lumekoormus varikatusel mõjutab ka terrassitalasid. Konstruktsioonis tekkivaid sisejõude mõjutavad ka terrassi all olevad konsoolsed talad, mis painduvad kogu konstruktsiooni koormamisel kaasa, mitte ei mõju jäikade tagedena. Selleks, et saada võimalikult täpseid sisejõudude väärtusi, on varikatuse ja terrassi teraskonstruktsioon koos konsoolsete taladega terrassi all pandud ühe arvutusskeemi peale koos töötama. Skeemil kujutatud vertikaalne sidevarras, mis seob raami ja konsooltala otsa, on valitud piisavalt jäigaks, et ei tekiks pikisuunalist deformatsiooni ning kaasneks arvutusviga.

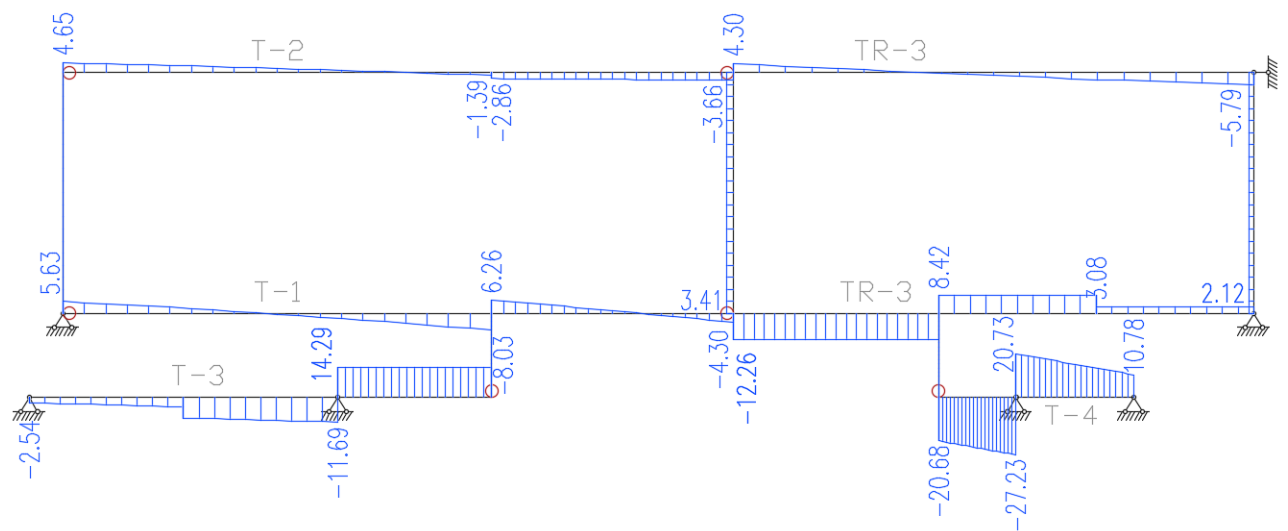
Järgnevalt on esitatud koormuskombinatsiooniga KK1 saadud arvutuslikud koormused joonisel 6.1 ning nendest tulenevalt sisejõuepüürid koos väärtustega joonistel 6.2-6-4.



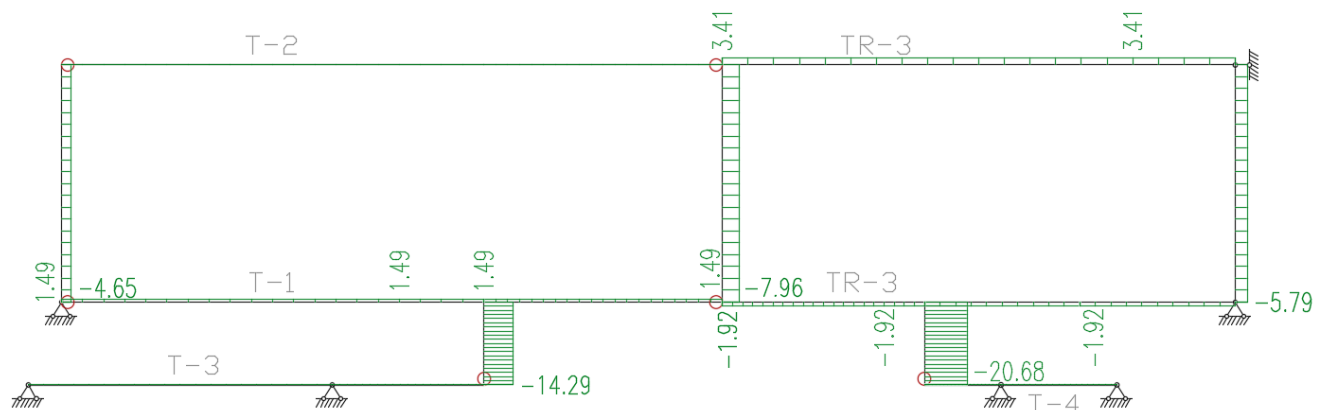
**Joonis 6.1** Arvutuslikud koormused omakaalust ning kasu- ja lumekoormusest (kN)



**Joonis 6.2** Paindemomendi sisejõuepüürid ja väärtused (kNm)



**Joonis 6.3** Põikjõu sisejõuepüürid ja väärtused (kN)



**Joonis 6.4** Pikijõu sisejõuepüürid ja väärtused (kN)

### 6.1.4. Profiili ristlõikeklassi määramine

Ristlõikeklass määratakse vastavalt terase tugevusklassi ning ristlõike surutud osade mõõtmete suhte põhjal. Ristlõike surutud osade eri klassi kuulumisel loetakse ristlõige tervikuna suurima (ebasoodsaima) numbriga samasse klassi kuuluvaks. [5]

Terase tugevusklassi mõju arvestav tegur:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad 6.2$$

Terrassitala T-2 – painutatud sein:

$$c = h - 2(t_f + r) = 220 - 2(12 + 13) = 170 \quad 6.3$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{170}{6,5} = 26,15 < 72\varepsilon = 58,32 \rightarrow RK1 \quad 6.4$$

Terrassitala T-2 – surutud vöö:

$$c = \frac{b - t_w - 2r}{2} = \frac{85 - 6,5 - (2 \cdot 13)}{2} = 26,25 \quad 6.5$$



$$\frac{c}{t_f} = \frac{26,25}{12} = 2,19 < 9\varepsilon = 7,29 \rightarrow RK1 \quad 6.6$$

Profili ristlõikeklass on 1.

### 6.1.5. Paindekandevõime kontroll

Paindega koormatud varda igas ristlõikes peab olema rahuldatud tingimus [5]:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \quad 6.7$$

Kus:

$M_{Ed}$  – arvutuslik paindemoment, kNm

$M_{c,Rd}$  – arvutuslik paindekandevõime, kNm

Ristlõike arvutuslik paindekandevõime ühe peatelje suhtes toimuva painde korral vastavalt ristlõikeklassile 1 leitakse standardi EVS-EN 1993-1-1 jaotisele 6.2.5:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{281,5 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 99,93 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 23,14 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 6.8$$

### 6.1.6. Põikjõukandevõime kontroll

Arvutuslik põikjõud peab varda igas ristlõikes rahuldama tingimust [5]:

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd} \quad 6.9$$

Kus:

$V_{Ed}$  – arvutuslik põikjõud, kN

$V_{pl,Rd}$  – ristlõike plastne põikjõukandevõime, kN

Ristlõike plastne põikjõukandevõime, kui puudub väändemoment, leitakse vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 jaotisele 6.2.6:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad 6.10$$

Lõikepindala valtsitud U-profiilidel, mis on koormatud seina sihis, leitakse vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 jaotisele 6.2.6:

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + r) \cdot t_f \quad 6.11$$

$$A_v = 3390 - (2 \cdot 85 \cdot 12) + (6,5 + 13) \cdot 12 = 1584 \text{ mm}^2$$

Vastavalt valemile 6.10 saab arvutada plastse põikjõukandevõime:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1584 \cdot (355 / \sqrt{3})}{1,0} \cdot 10^{-3} = 324,66 \text{ kN} > V_{Ed} = 20,68 \text{ kN}$$

### 6.1.7. Tala seina nihkestabiilsuse kontroll

Õhuke sein võib põikjõu mõjul välja mõlkuda. Tala seina nihkestabiilsus on tagatud, kui seina kõrguse ja paksuse suhe rahuldab tingimust [5]:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72}{\eta} \varepsilon \quad 6.12$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{170}{6,5} = 26,15 < \frac{72}{\eta} \varepsilon = \frac{72}{1,2} \cdot 0,81 = 48,6$$

Tingimus on rahuldatud ehk tala seina nihkestabiilsus on tagatud ning sein ei mõlku välja.

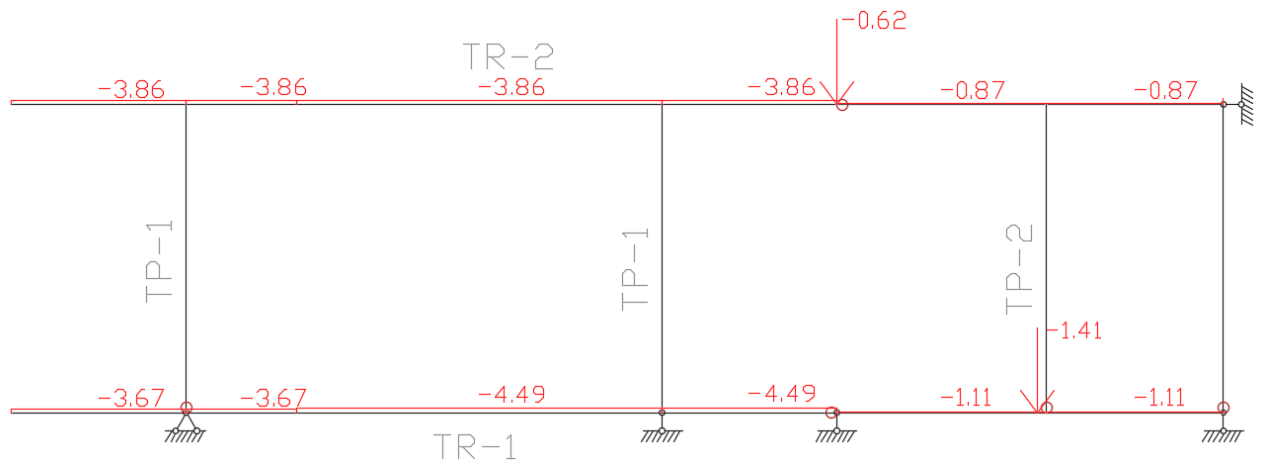
### 6.1.8. Läbipained varrasskeemil

Läbipainde arvutusel on kasutatud kasutuspiirseisundi tavakombinatsiooni KK3, kus mõjub omakaal, domineeriv lumi ning kasuskoormus. Võrreldud sai koormuskombinatsioone KK3 ja KK4, kus esimese tekitab ebasoodsama olukorra. Koormused on arvestatud tagavara kasuks, ehk arvesse pole võetud trapetsiaalselt mõjuvaid koormusi terrassi ja varikatuse puhul, kasutatud on suurimat väärtust.

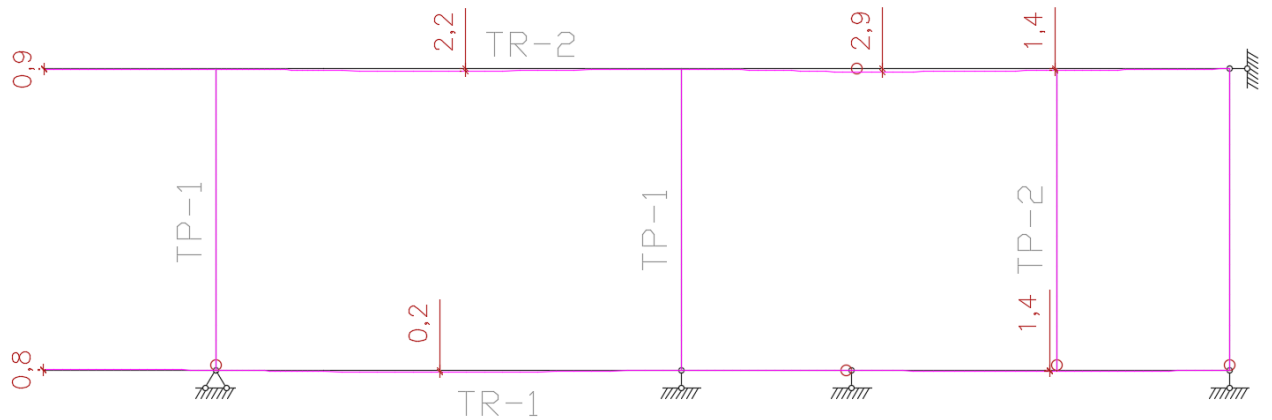
Kogu teraskarkass nii hoone kui terrassi ja varikatuse puhul töötavad ühtse tervikuna, mistõttu pole tehtud läbipainde arvutust üksikule terasprofiilile.

Koormuskombinatsiooniga KK3 saadud arvutuslikud koormused on lisatud terasraami varrasskeemile ning leitud seeläbi läbipained. Läbipainet illustreerivad joonised 6.6 ja 6.8, mis on tekkinud arvutuslike koormuste mõjumisel koormuskombinatsiooniga KK3

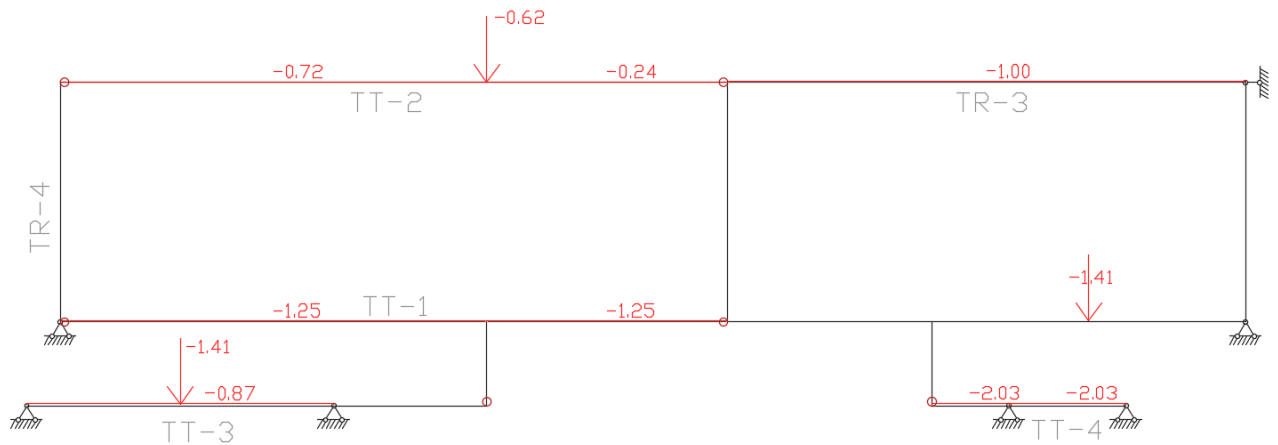
(esitatud joonistel 6.5 ja 6.7). Esimesena kajastub hoone teraskonstruktsiooni varrasskeem ning teisena terrassi ja varikatuse teraskonstruktsiooni varrasskeem. Hoone puhul läbipainde seisukohalt tähtsamad kohad nagu ilma postita nurgaakende liitumise kohal on läbipainded vastavalt 0,9mm ja 2,9mm, mis kajastuvad joonisel 6.6. Sellise suurusega läbipainded ei põhjusta ohtu antud asukohas paiknevatele aknaklaasidele. Joonisel 6.8 terrassi ja varikatuse konstruktsiooni kriitiline teravnurk, kus läbipaine on 11,9mm ei põhjusta samuti kriitilist olukorda.



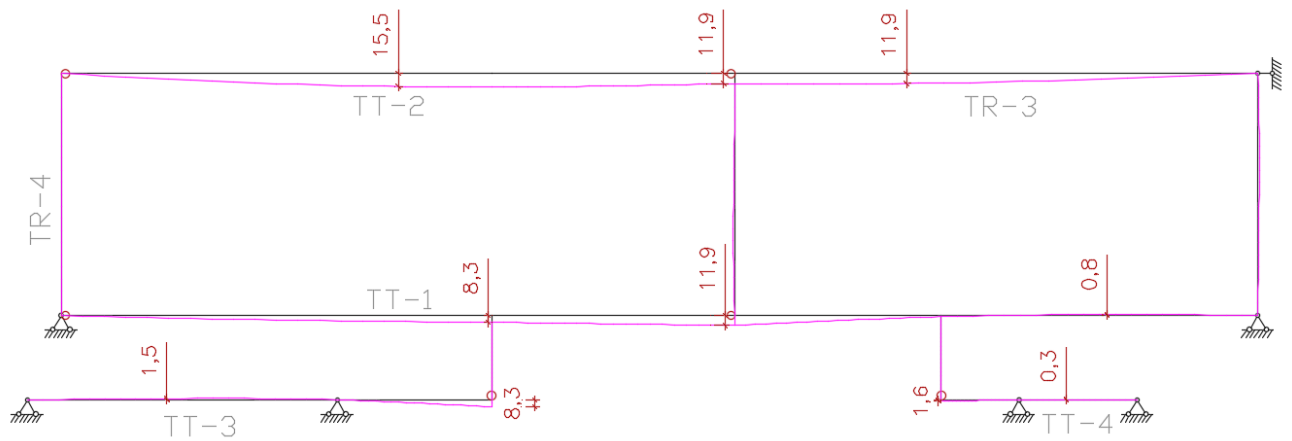
**Joonis 6.5** Arvutuslikud koormused hoone teraskonstruktsioonile koormuskombinatsiooniga KK3 (kN)



**Joonis 6.6** Hoone teraskonstruktsiooni läbipainded koormuskombinatsioonist KK3 (mm)



**Joonis 6.7** Arvutuslikud koormused varikatuse ja terrassi teraskonstruktsioonile koormuskombinatsiooniga KK3 (kN)



**Joonis 6.8** Terrassi ja varikatuse teraskonstruktsiooni läbipainded koormuskombinatsioonist KK3 (mm)

## 6.2. Tala TT-2 kandevõimekontroll

Talast TT-2 mõjuv maksimaalne paindemoment

$$M_{Ed} = 15,79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Talast TT-2 mõjuv maksimaalne põikjõud

$$V_{Ed} = 7,23 \text{ Kn}$$

### 6.2.1. Terasprofili ristlõikeparameetrid

Profili **UPE 200** andmed vastavalt Eurostandardile [4]:

$G = 22,8 \text{ kg/m}$	Kaal jooksva meetri kohta
$A = 2900 \text{ mm}^2$	Ristlõike pindala
$h = 200 \text{ mm}$	Ristlõike kõrgus
$b = 80 \text{ mm}$	Ristlõike laius
$t_w = 6,0 \text{ mm}$	Ristlõike seina laius
$t_f = 11,0 \text{ mm}$	Ristlõike vöö laius
$r = 13 \text{ mm}$	Ümardusraadius
$I_y = 1909 \text{ cm}^4$	Inertsimoment
$W_{pl,y} = 220,1 \text{ cm}^3$	Plastne vastupanumoment

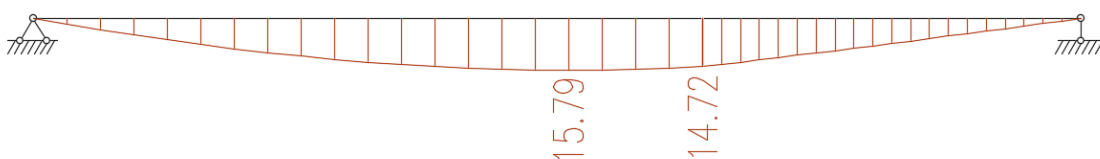
Abisuurused vastavalt punktile 6.1.2.

### 6.2.2. Talale TT-2 mõjuvad koormused

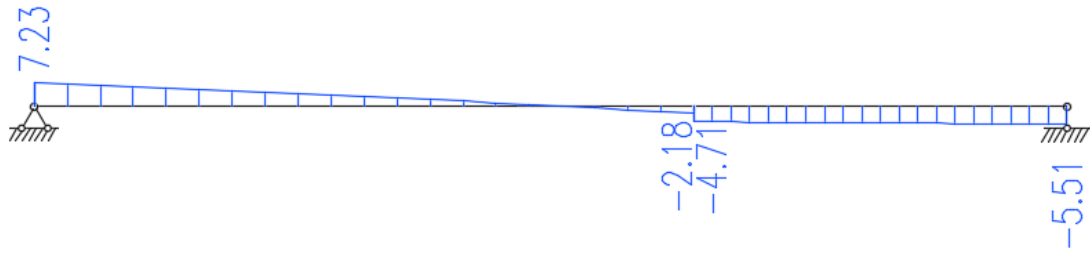
Tala TT-2 kandevõime kontroll on tehtud koormuskombinatsiooniga KK2, kus kandepiir seisundis mõjuvad kasuskoormus ning domineeriv lumi. Kandevõime kontrollil on võetud tala töötavaks lihttalana. Joonisel 6.9 on esitatud arvutuslikud mõjuvad koormused lihttalale ning joonistel 6.10 ja 6.11 koormustest põhjustatud sisejõud koos epüüride ja väärtustega.



**Joonis 6.9** Arvutuslikud koormused lume- ja omakaalukoormusest (kN)



**Joonis 6.10** Tala TT-2 paindemomendiepüür ning väärtused (kNm)



**Joonis 6.11** Tala TT-2 põikjõuepüür ning väärtused (kN)

Talale TT-2 mõjuv arvutuslik kandepiiriseisundi koormuskombinatsioon KK2:

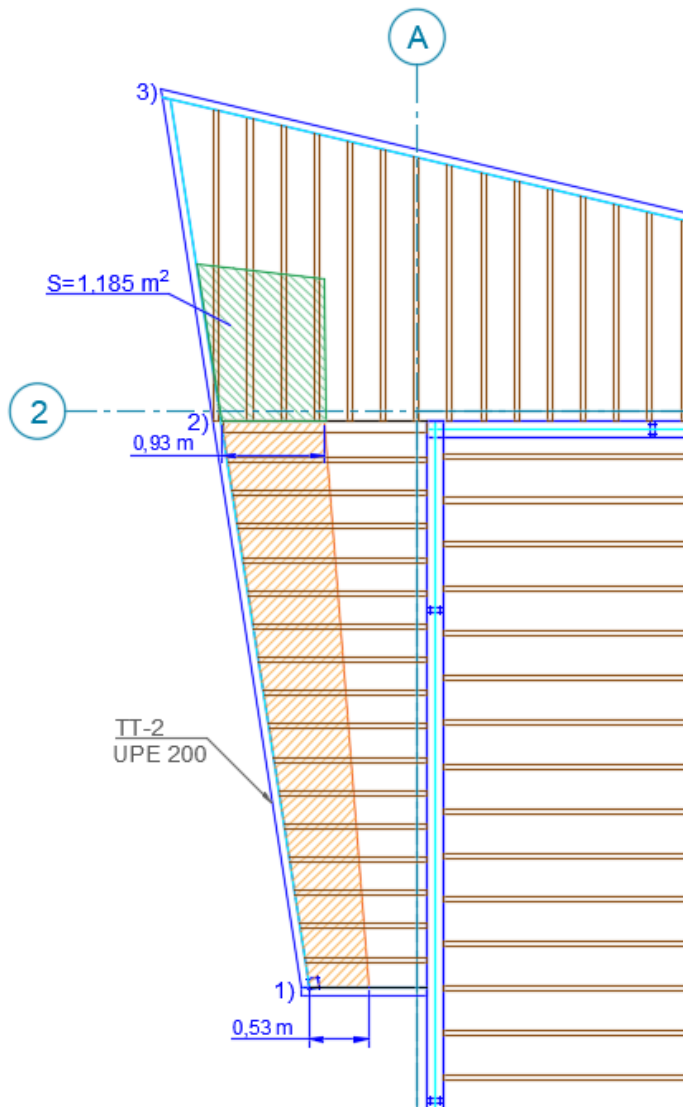
$$g_d = \gamma_G \cdot g_{k,TT-2} + (\gamma_G \cdot g_{k,VK} + \gamma_Q \cdot q_{k,lumi} + \Psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{k,kasus})$$

Koormuste kokku võtmise tegi keerukaks koormuste trapetsiaalse mõjuga arvestamine. Lisaks paiknevad varikatuse puitprussid tala ulatuses erinevalt.

Varikatuse omakaal on arvestatud ilma terastala kaaluta (tabel 4.6) ning lisatud koormuste kokkuvõtmisel eraldi juurde.

Tala arvutuslik omakaal  $g_{d,TT-2} = \gamma_G \cdot g_{k,T-2} = 1,2 \cdot 0,23 = 0,28$  kN/m.

Koormuste mõju arvestamiseks on illustreeriv joonis 6.12 ning järgnevalt on välja arvatud koormused kolmes eri punktis.



**Joonis 6.12** Koormuste arvestamine talale TT-2

- 1) Koormuse mõjumispikkus  $L = 0,53$  m. Mõjub tala omakaal + varikatuse omakaal + domineeriv lumi (vt. Joonis 6.12 ning tabel 4.6):

$$g_d = g_{d,TT-2} + (\gamma_G \cdot L \cdot g_{k,VK} + \gamma_Q \cdot L \cdot q_{k,lumi})$$

$$= 0,28 + (1,2 \cdot 0,53 \cdot 0,28 + 1,5 \cdot 0,53 \cdot 1,2) = 1,42 \text{ kN/m}$$

- 2) Koormuse mõjumispikkus  $L = 0,93$  m. Mõjub tala omakaal + varikatuse omakaal + domineeriv lumi.

$$g_d = g_{d,TT-2} + (\gamma_G \cdot L \cdot g_{k,VK} + \gamma_Q \cdot L \cdot q_{k,lumi})$$

$$= 0,28 + (1,2 \cdot 0,93 \cdot 0,28 + 1,5 \cdot 0,93 \cdot 1,2) = 2,27 \text{ kN/m}$$

Lisaks mõjub punktis 2 talale TT-2 punktkoormus varikatuse puitprussidest (viirutatud joonisel 6.12 rohelisega). Prussid on toetatud piki teljega 2 jooksva puittala peale ning

sealt mõjub koormus omakorda punktkoormusena terastalale TT-2. Mõjumispindala on vastavalt joonisele 6.12:  $S = 1,185 \text{ m}^2$ .

$$g_d = \gamma_G \cdot S \cdot g_{k,VR} + \gamma_Q \cdot S \cdot g_{k,lumi} = 1,2 \cdot 1,185 \cdot 0,28 + 1,5 \cdot 1,185 \cdot 1,2 = 2,53 \text{ kN}$$

3) Punktide 2 ja 3 vahel mõjub vaid terastala T-2 omakaal.

$$g_{d,T-2} = \gamma_G \cdot g_{k,T-2} = 1,2 \cdot 0,23 = 0,28 \text{ kN/m}$$

### 6.2.3. Profiili ristlõikeklassi määramine

Terase tugevusklassi mõju arvestav tegur:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad 6.13$$

Varikatusetala TT-3 – painutatud sein:

$$c = h - 2(t_f + r) = 200 - 2(11 + 13) = 152 \quad 6.14$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{152}{6} = 25,33 < 72\varepsilon = 58,32 \rightarrow RK1 \quad 6.15$$

Varikatusetala TT-3 – surutud vöö:

$$c = \frac{b - t_w - 2r}{2} = \frac{80 - 6 - (2 \cdot 13)}{2} = 24 \quad 6.16$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{24}{11} = 2,18 < 9\varepsilon = 7,29 \rightarrow RK1 \quad 6.17$$

Profiili ristlõikeklass on 1.



#### 6.2.4. Paindekandevõime kontroll

Vastavalt alapunktis 6.1.5 toodud valemile 6.8 leitakse arvutuslik paindekandevõime:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,1 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 78,136 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 15,79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### 6.2.5. Põikjõukandevõime kontroll

Lõikepindala valtsitud U-profiilidel, mis on seina sihis koormatud, leitakse sarnaselt valemile 6.11:

$$\begin{aligned} A_v &= A - 2bt_f + (t_w + r) \cdot t_f = 2900 - (2 \cdot 80 \cdot 11) + (6 + 13) \cdot 11 \\ &= 1349 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Vastavalt valemile 6.10 saab arvutada plastse põikjõukandevõime:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1349 \cdot (355 / \sqrt{3})}{1,0} \cdot 10^{-3} = 276,49 \text{ kN} > V_{Ed} = 7,23 \text{ kN}$$

#### 6.2.6. Tala seina nihkestabiilsus

Tala seina nihkestabiilsuse kontroll vastavalt valemile 6.12:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{152}{6,0} = 25,33 < \frac{72}{\eta} \varepsilon = \frac{72}{1,2} \cdot 0,81 = 48,6$$

Tingimus on rahuldatud, tala seina nihkestabiilsus on tagatud.

### 6.3. Kiivekandevõime kontroll konsoolsele talale

Kiivekandevõime kontroll on tehtud pikimale konsoolsele talale TT-3 (IPE 200), mis paikneb teljel 2 terrassipõranda all. Konsoolse osa pikkus on  $L = 1,83$  m. Talast TT-3 mõjuv maksimaalne arvutuslik paindemoment on  $M_{Ed} = M_F = 26,12 \text{ kN} \cdot \text{m}$ .

Kiivearvutuseks vajalikud **IPE 200** profiili andmed vastavalt ehituskonstruktori käsiraamatu tabelile 12.8:

$h = 200 \text{ mm}$	Ristlõike kõrgus
$b = 100 \text{ mm}$	Ristlõike laius
$t_f = 8,5 \text{ mm}$	Ristlõike vöö laius
$W_y = W_{pl,y} = 221 \text{ cm}^3$	Plastne vastupanumoment vastavalt ristlõikeklassile 1

Terase tugevusklass S355. Konsooli kinnituskohas on deplaneerumine takistatud. Kõik koormused rakenduvad profiili tsentrisse ning jagunevad vööde vahel võrdselt, seega  $\eta = 0$ .

Järgnevat arvutustes on kasutatud K.Looritsa raamatust „Teraskonstruksioonide arvutus eurokoodeks 3 järgi“ saadud valemeid. Abisuurused  $M^*$  ja  $k^*$  on saadud raamatu tabelist 5.21, kus  $M^* = 129,3$  ja  $k^* = 0,696$ .

Vastavalt abisuurustele leitakse kriitiline paindemoment ja lõigu pikkuse tegur:

$$M_{cr,0} = \frac{M^*}{L} = \frac{129,3}{1,83} = 70,66 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 6.18$$

$$k_{wt} = \frac{k^*}{L} = \frac{0,696}{1,83} = 0,38 \quad 6.19$$

Eelmainitud raamatu tabelist 5.19 interpoleerides väärtuste  $k_w = 0,3$  ja  $k_w = 0,4$  vahel ning  $\eta = 0$ , saame:

$$C_F = 2,646.$$

Koondatud koormus mõjumisel leiame konstandi C väärtuse vastavalt eelmainitud raamatu tabelile 5.18:

$$C = \frac{M_F}{\frac{M_F}{C_F}} = \frac{26,12}{\frac{26,12}{2,646}} = 2,646 \quad 6.20$$

Konsooli kinnitusemomendi elastseks kriitiliseks väärtuseks saame:

$$M_{cr} = C \cdot M_{cr,0} = 2,646 \cdot 70,66 = 186,97 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 6.21$$

Painutatud varda tingsaledus vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 jaotisele 6.3.2.2:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{221 \cdot 10^3 \cdot 355}{186,97 \cdot 10^6}} = 0,648 \quad 6.22$$

Vastavalt EVS-EN 1993-1-1 tabelile 6.4 saame valtsitud I-profiilidel:

$$\frac{h}{b} \leq 2 \rightarrow \frac{200}{100} = 2 \quad 6.23$$

Sellest tulenevalt on kiivekõvera a hälbetegur  $\alpha_{LT} = 0,21$ .

Eestis kasutatavad soovitatud piirsuurused  $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$  ja  $\beta = 0,75$  on võetud EVS-EN 1993-1-1 rahvuslikust lisast.

Abisuuruse  $\Phi_{LT}$  ja kiiveteguri  $\chi_{LT}$  leiame vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 jaotisele 6.3.2.3:

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^{-2} \right] \\ &= 0,5 [1 + 0,21(0,648 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,648^2] = 0,684 \end{aligned} \quad 6.24$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^{-2}}} = \frac{1}{0,684 + \sqrt{0,684^2 - 0,75 \cdot 0,648^2}} = 0,930 \quad 6.25$$

Külgsuunas toetamata tala arvutuslik kiivekandevõime leitakse vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 jaotisele 6.3.2.1:

$$\begin{aligned} M_{b,Rd} &= \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,930 \cdot 221 \cdot 10^3 \cdot \frac{355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 72,96 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} \\ &= 26,12 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{OK} \end{aligned} \quad 6.26$$

## 7. TERASPOSTI KANDEVÕIME KONTROLL

### 7.1. Konstruksiooni kirjeldus

Projektis on kasutatud ruut- või ristkülikristlõikega nelikanttoru poste.

Kontrollarvutustel on kasutatud standardit EVS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014 +NA:2015 ning K.Looritsa raamatut „Teraskonstruksioonide arvutus Eurokoodeks 3 järgi“.

Terasposti kandevõime kontroll on tehtud hoonesisesele postile TP-1, mõõtmetega 100x50x4mm. Arvutustel on käsitletud posti eraldiseisvana, mitte töötavana raamina koos ülemiste ja alumiste taladega. Hoone jäikus on tagatud hoone otsaseintega, mis mõjuvad külgsurve korral jäikusseintena ning hoiavad konstruktsiooni paigal.

Käesolevas peatükis on teostatud teljel A paikneva suure akna keskel oleva posti TP-1 kandevõime arvutus.

### 7.2. Postile mõjuvad koormused, sisejõud

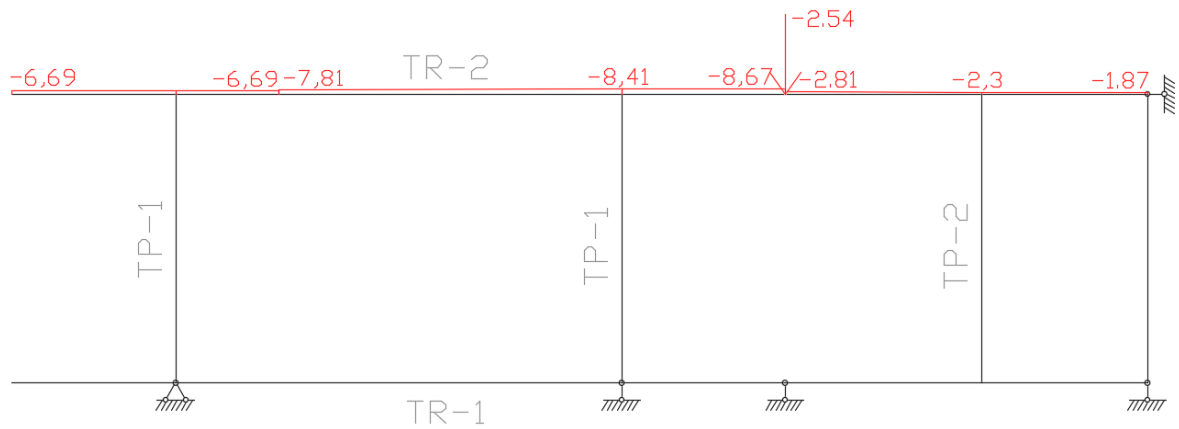
Posti kandevõime arvutusel on kasutatud kandepiirseisundi koormuskombinatsiooni KK7, kus mõjub domineeriv lumi ning suruv tuul.

$$g_{d,KK-7} = \gamma_G \cdot g_{k,KL-1} + \gamma_G \cdot g_{k,VK} + \gamma_Q \cdot q_{k,lumi} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{k,tuul}$$

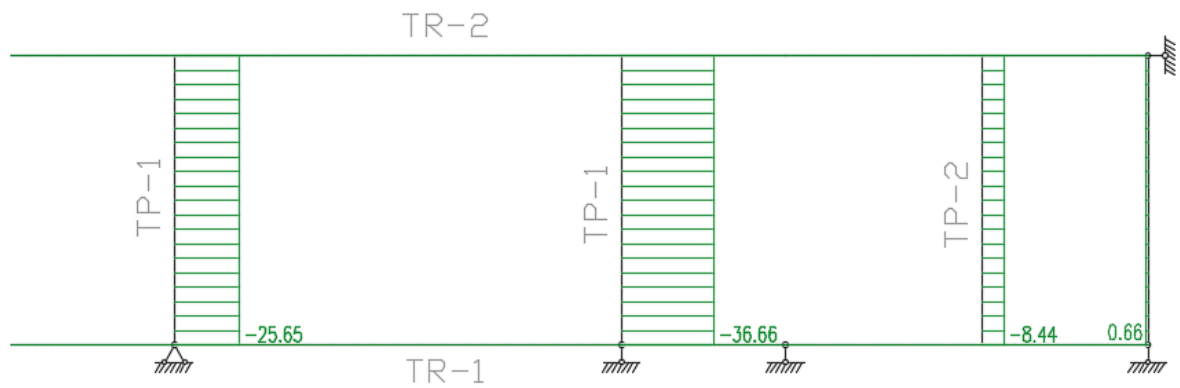
Posti stabiilsust on kontrollitud nii y-y kui z-z telje sihis, kuid paindemoment suruvast tuulest mõjub vaid y-telje sihis (vt joonis 7.1). Mõlema telje sihis on saadud postile mõjuv pikijõud arvutuslikust koormusest koormuskombinatsiooniga KK-7. Pikijõuepüür koos epüüride ja väärtustega on joonisel 7.2.

Tuulekoormus hoone pikemale küljele on toodud tabelis 4.11, ning sellele vastavalt leitud postile mõjuv normatiivne tuulekoormus:

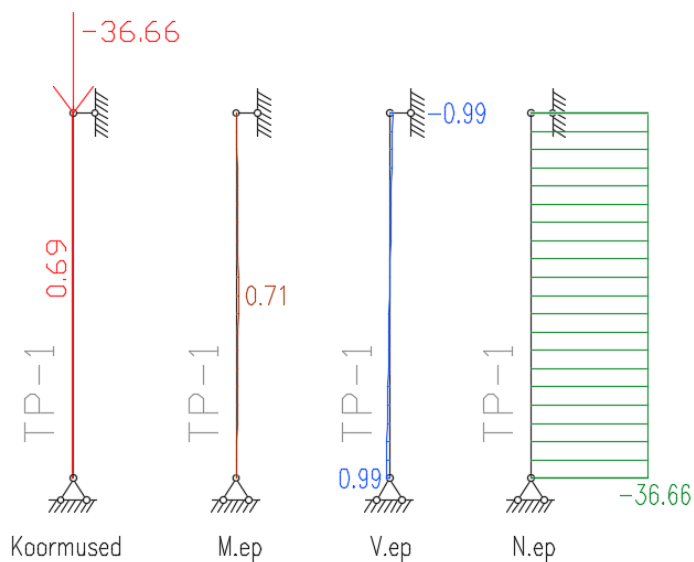
$$q_{d,tuul} = w_{e,D} \cdot S = 0,19 \cdot 4 = 0,76 \text{ kN/m} \quad 7.1$$



**Joonis 7.1** Arvutuslikud koormused domineerivast lumekoormusest ning omakaalu koormus. (kN)



**Joonis 7.2** Pikijõuepüürid ja väärtused vastavalt joonisel 7.1 toodud koormustele (kN)



**Joonis 7.3** Postile TP-1 mõjuv arvutuslik punktikoormus koos suruva tuulekoormusega ning sisejõuepüürid koos väärtustega

## 7.3. Terasposti arvutus

Posti ristlõikes mõjuv arvutuslik pikijõud on  $N_{Ed} = 36,66$  kN ning maksimaalne arvutuslik paindemoment tingitud suruvast tuulest on  $M_{Ed,keskel} = 0,71$  kN · m (vt joonis 7.3). Posti pikkus on  $L = 2,63$  m.

### 7.3.1. Terasprofili ristlõikeparameetrid

TP-1 nelikanttoru **100x50x4 mm** andmed vastavalt TataSteel veebilehel välja toodud terasprofili suurustele [6]:

$G = 8,78$  kN/m      Kaal jooksva meetri kohta

$A = 1120$  mm<sup>2</sup>      Ristlõike pindala

$h = 100$  mm      Ristlõike kõrgus

$b = 50$  mm      Ristlõike laius

$t = 4,0$  mm      Ristlõike seina laius

$r = 8$  mm      Ümardusraadius

$I_z = 46,2$  cm<sup>4</sup>      Inertsimoment z-telje suhtes

$I_y = 140$  cm<sup>4</sup>      Inertsimoment y-telje suhtes

$I_t = 113$  cm<sup>4</sup>      Vabaväände inertsimoment

$i_z = 20,3$  mm      Inertisraadius z-telje sihis

$i_y = 35,3$  mm      Inertisraadius y-telje sihis

$W_{pl,y} = 35,2$  cm<sup>3</sup>      Plastne vastupanumoment

Vastavalt standardile EVS-EN 1993-1-1:

$f_y = 355$  N/mm<sup>2</sup>      Terasse voolavuspiir vastavalt terase klassile S355

$\gamma_{M1} = 1,0$       Varda kandevõime osavarutegur stabiilsusarvutusel

$E = 210000$  N/mm<sup>2</sup>      Terasse elastsusmoodul

Nõtkekõvera valik nelikanttoru profiilil külmpainutatud tingimusel ja terase tugevusklassil S355 on vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 tabelilie 6.2 „c“. Tabeli 6.1 väärtus „c“ hälbetegur on  $\alpha = 0,49$ .

Posti nõtkepikkus  $L_{cr}$  on leitud Ehituskonstruktori käsiraamatu joonise 12.3 abil, kus sõltuvalt otste kinnitusest on nõtkepikkuse tegur  $\mu = 1,0$  ning:

$$L_{cr} = \mu \cdot L = 1,0 \cdot 2,63 = 2,63 \text{ m.} \quad 7.2$$

### 7.3.2. Profiili ristlõikeklassi määramine

Ristlõikeklass määratakse vastavalt terase tugevusklassi ning ristlõike surutud osade mõõtmete suhte põhjal. Ristlõike surutud osade eri klassi kuulumisel loetakse ristlõige tervikuna suurima (ebasoodsaima) numbriga samasse klassi kuuluvaks. [5]

Terase tugevusklaasi mõju arvestav tegur:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Posti TP-1 ristlõikeklassi määramine tsentrilisel surveel:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2 \cdot (t + r)}{t} = \frac{100 - 2 \cdot (4 + 8)}{4} = 19 < 33\varepsilon = 26,73 \rightarrow RK1 \quad 7.3$$

Profiil kuulub ristlõikeklassi 1.

### 7.3.3. Surve ja paindega koormatud varda stabiilsus

Posti TP-1 kandevõimet on kontrollitud paindemomendi ja pikijõu üheaegsel mõjumisel. Arvutuste eelduseks on, et paindemoment mõjub ristlõike tugevamas tasandis ehk ümber y-telje ning toruprofiilidele rakendatavate lihtsustuste kohaselt on  $k_{zy} = 0$ , mistõttu ainsaks koosmõjuteguriks jääb  $k_{yy}$  (toodud EVS-EN 1993-1-1 tabelist B.1). Toruprofiilidel võetakse kiivetegur väärtusega  $\chi_{LT} = 1,0$ .

Stabiilsuskontrollil peavad olema rahuldatud järgnevad tingimused: [7]

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0 \quad 7.4$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} \leq 1,0 \quad 7.5$$

Järgnevat es arvutustes kasutatud valeimid on võetud standardi EVS-EN 1993-1-1 alapeatükist 6.3.1:

Tsentriselt surutud varda tingsaledus vastavalt ristlõikeklassile 1:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{\pi \cdot i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2630}{\pi \cdot 35,3} \cdot \sqrt{\frac{355}{210000}} = 0,975 \quad 7.6$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{\pi \cdot i_z} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2630}{\pi \cdot 20,3} \cdot \sqrt{\frac{355}{210000}} = 1,70 \quad 7.7$$

Abisuurus  $\Phi$  :

$$\begin{aligned} \Phi_y &= 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \frac{-2}{\bar{\lambda}_y} \right] \quad 7.8 \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,975 - 0,2) + 0,975^2] = 1,165 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_z &= 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \frac{-2}{\bar{\lambda}_z} \right] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,7 - 0,2) + 1,7^2] \quad 7.9 \\ &= 2,313 \end{aligned}$$

Tsentriselt surutud varda tingsaledusele vastav nõtketegur leitakse:

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \frac{-2}{\bar{\lambda}_y}}} = \frac{1}{1,165 + \sqrt{1,165^2 - 0,975^2}} = 0,555 \quad 7.10$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \frac{-2}{\bar{\lambda}_z}}} = \frac{1}{2,313 + \sqrt{2,313^2 - 1,7^2}} = 0,258 \quad 7.11$$

Koosmõjuteguri  $k_{yy}$  väärtus, arvestades, et tegu ei ole vändetundliku vardaga, leitakse:

$$k_{yy} = C_{my} \left[ 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} \right] \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} \right) \quad 7.12$$



Ekvivalentse paindemomendi teguri väärtus vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 tabelile B.3 on:

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = 0,95 \quad 7.13$$

Kus abisuurus  $\alpha_h$  väärtus on leitud vastavalt:

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{M_{Ed,0}}{M_{Ed,keskel}} = \frac{0}{0,71} = 0 \quad 7.14$$

Posti arvutuslik survekandevõime standardi alapeatükist 6.2.4 [5]:

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1120 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-3} = 397,6 \text{ kN} \quad 7.15$$

Ristlõike arvutuslik paindekandevõime standardi alapeatükist 6.2.5 [5]:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{35,2 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 12,50 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 7.16$$

Koosmõjuteguri väärtus vastavalt valemile 7.12:

$$\begin{aligned} k_{yy} &= 0,95 \left[ 1 + (0,975 - 0,2) \cdot \frac{36,66}{0,555 \cdot 397,6} \right] = 1,072 < 0,95 \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{36,66}{0,555 \cdot 397,6} \right) \\ &= 1,076 \rightarrow k_{yy} = 1,072 \end{aligned}$$

Posti stabiilsuskontroll vastavalt tingimustele 7.4 ja 7.5:

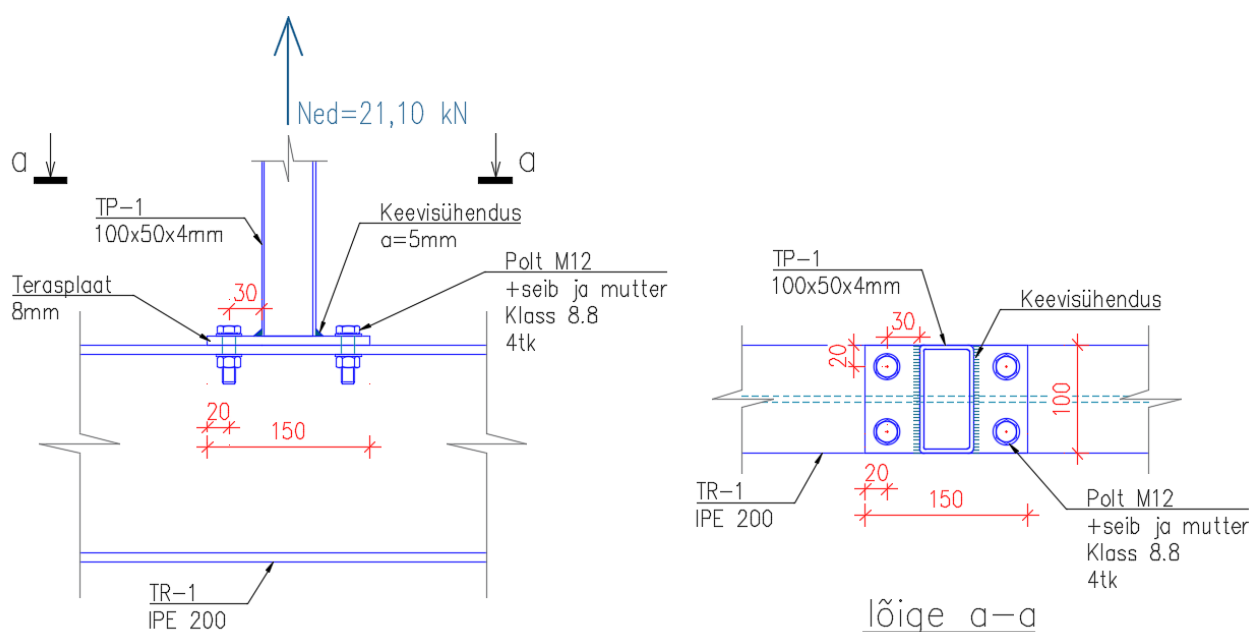
$$\frac{36,66}{0,555 \cdot 397,6} + 1,072 \cdot \frac{0,71}{12,5} = 0,227 < 1,0 \rightarrow OK$$

$$\frac{36,66}{0,258 \cdot 397,6} = 0,357 < 1,0 \rightarrow OK$$

## 8. TÕMBELE TÖÖTAVA POLTLIITE ARVUTUS

Tõmbele töötava poltliite kontroll on tehtud hoone posti ja tala liitumiskohas. Posti otstesse on keevitatud terasplaadid, mis on ühendatud poltliitega ülemise ja alumise terastala külge. Arvutuses on kajastatud terasraami TR-1 IPE 200 tala ja posti TP-1 liitekohta (vt joonis 8.1). Posti arvutust tõmbele pole eraldi teostatud, sest eelmises peatükis kontrollitud posti kandevõime nõrke tingimus on rahuldatud, mis on posti kandevõime seisukohalt ebasoodsam variant.

Poltliites mõjuv arvutuslik pikijõud hoone tõstmisel on  $N_{Ed} = 21,10$  kN (kajastub joonisel 5.6).



Joonis 8.1 Posti TP-1 ja terastala IPE 200 poltliite külgvaade ning lõige a-a

### 8.1. Lähteandmed

Polt M12, klassiga 8.8 andmed vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu alapunktile

12.3.1 Poltliited:

$f_{ub} = 800$  N/mm<sup>2</sup> Poldi normatiivne tõmbetugevus tugevusklassil 8.8

$\gamma_{M2} = 1,25$  Poltliite tugevuse osavarutegur

$A_s = 84,3$  mm<sup>2</sup> Poldi keermestatud osa netopindala  $A_s$

$d = 12 \text{ mm}$	Poldi läbimõõt
$d_0 = 13 \text{ mm}$	Poldiaugu standardne läbimõõt
$k_2 = 0,9$ 3.4)	Konstant (standardi EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 tabelist 3.4)
$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$	Terase voolavuspiir vastavalt terase klassile S355
$f_u = 510 \text{ N/mm}^2$	Terase normatiivne tõmbetugevus vastavalt terase klassile S355
$t_p = 8 \text{ mm}$	Terasplaadi paksus
$a = 5 \text{ mm}$	Keevisõmbluse kõrgus

Poltide paigutusel on arvestatud poldiaukude ääre-, otsa- ja vahekauguste tingmuste ehk minimaalsete kaugustega vastavalt standardis esitatud tabelile 3.3 [8].

Teraslehe paksuse (8mm) valikul on arvestatud IPE 200 tala ülemise vöö paksusega 8,5mm, et võrdsustada nende tugevused ning kasutava terase kulu optimeerida. Keevise kõrgus  $a$  on valitud vastavalt  $a = 1,1t = 1,1 \cdot 4 = 4,4 = 5 \text{ mm}$  ümardatuna ülepoole, kus  $t$  on õhema ühendatava elemendi seinapaksus, ehk antud juhul nelikanttoru seinapaksus väärtusega 4 mm.

## 8.2. Poldi kandevõime arvutus

Poldi kandevõime arvutustel on kasutatud standardis esitatud valemeid tabelist 3.4. EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-8: „Liidete projekteerimine.“ Tehtud arvutuste ülesehituse põhimõtte tarbeks on näidetena kasutatud ka Eesti projekteerimishormide EPN-ENV 3.1.1 „Teraskonstruksioonide arvutusnäiteid“.

Poldi arvutuslik tõmbekandevõime arvutatakse vastavalt:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 84,3 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 48,56 \text{ kN} \quad 8.1$$

Poldipea läbistuskandevõime:

$$B_{p,Rd} = 0,6\pi \frac{d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 20,5 \cdot 8 \cdot 510 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 126,13 \text{ kN} \quad 8.2$$

Kus poldipea keskmine läbimõõt saadakse poldi pea suurima mõõdu ja võtmemõõdu keskmise arvutamisel: 8.3

$$d_m = \frac{22 + 19}{2} = 20,5 \text{ mm}$$

Poldi kandevõime arvutusel saab määravaks poldi tõmbekandevõime.

### 8.3. Terasplaadi kandevõime arvutus

Vöö T-elementi arvutuslik kandevõime  $F_{t,Rd}$  arvutatakse kolme eri mudeli põhjal vastavalt EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 standardi tabelis 6.2 toodud valemitele.

Abisuurused:

$$\gamma_{M0} = 1,0 \quad \text{Osavarutegur [5]}$$

$$\sum l_{eff} = 100 \text{ mm} \quad \text{T-elementi efektiivne kogupikkus}$$

$$t_f = 8 \text{ mm} \quad \text{Terasplaadi paksus}$$

#### 8.3.1. Liite kandevõime kolme mudeli põhjal

**Mudel 1:** Vöö täielik muutumine mehhanismiks voolamise tõttu arvutatakse vastavalt [8]:

$$F_{T,l,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} \quad 8.4$$

Liidetava varda ristlõike arvutuslik plastne paindekandevõime arvutatakse vastavalt:

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 100 \cdot 8^2 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 568 \text{ kN} \cdot \text{mm} \quad 8.5$$

Kaugus poldiaugu tsentrist keeviseni ( vt joonist 8.1):

$$m = 30 - 0,8 \cdot a \cdot \sqrt{2} = 30 - 0,8 \cdot 5 \cdot \sqrt{2} = 24,34 \text{ mm}$$

Vastavalt valemile 8.4 on mudeli 1 suurus:

$$F_{T,l,Rd} = \frac{4 \cdot 568}{24,34} = 93,34 \text{ kN}$$

**Mudel 2:** Poltide purunemine, kui vöös toimub samal ajal voolamine:

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} \quad 8.6$$

Kus:

$$n = e_{min} \leq 1,25m = 1,25 \cdot 24,34 = 30,425 \text{ mm} \rightarrow n = 20 \text{ mm}$$

Alapunkti 8.2 arvutuste põhjal saab poldi kandevõime arvutusel määravaks poldi tõmbekandevõime 48,56 kN, lisades vastava suuruse valmisse 8.6 saame mudeli 2 väärtuse:

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot 93,34 + 20 \cdot 4 \cdot 48,56}{24,34 + 20} = 91,82 \text{ kN}$$

**Mudel 3:** Poltide purunemine:

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 4 \cdot 48,56 = 194,24 \text{ kN}$$

Liite kandevõime on  $F_{T,l,Rd} = 91,82 \text{ kN}$  ehk kolme mudeli väikseim lõppsuurus, mis tuleb mudelist 2.

$$F_{T,l,Rd} = 91,82 \text{ kN} > N_{Ed} = 21,10 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

## 8.4. Terasest plaadi ja posti keevisõmbuse kandevõime kontroll

Kontrollime terasposti ja terasplaadi vahelise keevisõmbuse kandevõimet lihtsustatud meetodil. Arvutustes kasutatud standard on EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 peatükk 4 – „Keevisliited“.

Lähteandmed vastavalt alapeatükile 8.1 või toodud alljärgnevalt:

$\beta_w = 0,9$ mm	Terased S355 korrelatsioonitegur
$b = 100$ mm	Nelikanttoru posti kõrgus
$\gamma_{Mw} = 1,25$	Keevisõmbuste kandevõime osavarutegur

### 8.4.1. Keevisõmbuse töötav pikkus

Arvestame töötavateks keevisteks kanttoru pikemal küljel paiknevad keevised. Nurkõmbuse töötava pikkuse leiame kogupikkuse lahutades kaks korda keevise kõrgus:

$$l_w = b - 2a = 100 - (2 \cdot 5) = 90 \text{ mm}$$

Summaarne töötava keevise pikkus:

$$\sum l_w = 2 \cdot 90 = 180 \text{ mm}$$

### 8.4.2. Keevisõmbuste kandevõime

Keevise arvutuslik nihketugevus:

$$f_{v,w,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{510/\sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25} = 261,73 \text{ N/mm}^2$$

Õmbuse ühikpikkuse nihkekandevõime:

$$F_{w,Rd} = f_{v,w,d} \cdot a = 261,73 \cdot 5 = 1308,65 \text{ N/mm} = 1,309 \text{ kN/mm}$$

Keevisõmbuste summaarne kandevõime:

$$\sum F_{w,Rd} = F_{w,Rd} \cdot \sum l_w = 1,309 \cdot 180 = 235,62 \text{ kN} > N_{Ed} = 21,10 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

## 9. TERRASSI TERASTALA JA OTSALEHE POLTLIITE KONTROLL

### 9.1. Lähteandmed

Suurim arvutuslik paindemoment  $M_{Ed} = 26,12 \text{ kN} \cdot \text{m}$  kontrollitaval tala, mille väärtus kajastub joonisel 6.2. Suurim põikjõud  $V_{Ed} = 25,98 \text{ kN}$  tuleb jooniselt 6.3.

Polt M16, klassiga 8.8 andmed vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu alapunktile 12.3.1 Poltliited:

$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$	Poldi normatiivne tõmbetugevus tugevusklassil 8.8
$\gamma_{M2} = 1,25$	Poltliite tugevuse osavarutegur
$A = 201 \text{ mm}^2$	Poldi keermestamata osa brutopindala A
$A_s = 157 \text{ mm}^2$	Poldi keermestatud osa netopindala $A_s$
$d = 16 \text{ mm}$	Poldi läbimõõt
$d_0 = 18 \text{ mm}$	Poldiaugu standardne läbimõõt
$k_2 = 0,9$	Konstant (standardi EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 tabelist 3.4)

**IPE 200** profiili andmed vastavalt ehituskonstruktori käsiraamatu tabelile 12.8:

$h = 200 \text{ mm}$	Ristlõike kõrgus
$b = 100 \text{ mm}$	Ristlõike laius
$t_w = 5,6 \text{ mm}$	Ristlõike seina paksus
$t_f = 8,5 \text{ mm}$	Ristlõike vöö laius
$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$	Terase voolavuspiir vastavalt terase klassile S355
$f_u = 510 \text{ N/mm}^2$	Terase normatiivne tõmbetugevus vastavalt terase klassile S355

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

Kandepiirseisundi osavarutegur, plastne kandevõime

$$t_p = 15 \text{ mm}$$

Otsaplaadi paksus

## 9.2. Poldi kandevõime arvutus

Poldi kandevõime arvutustel on kasutatud standardis EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-8: „Liidete projekteerimine.“ esitatud valemeid tabelist 3.4.

Poldi arvutuslik tõmbekandevõime arvutatakse vastavalt:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 157 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 90,43 \text{ kN} \quad 9.1$$

Poldipea läbistuskandevõime:

$$B_{p,Rd} = 0,6\pi \frac{d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 25,85 \cdot 15 \cdot 510 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 298,20 \text{ kN} \quad 9.2$$

Kus poldipea keskmine läbimõõt saadakse poldipea suurima mõõdu ja võtmemõõdu keskmise arvutamisel:

$$d_m = \frac{27,7 + 24}{2} = 25,85 \text{ mm} \quad 9.3$$

Poldi kandevõime arvutusel saab määravaks poldi tõmbekandevõime valemist 9.1 -

$$F_{t,Rd} = 90,43 \text{ kN.}$$



### 9.3. Tala ja otsaplaadi keevisõmbuse kontroll tõmbele

Arvutustes kasutatud standard on EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 peatükk 4 – „Keevisliited“.

Momendist tekkinud suurim tõmbejõud tala vöös:

$$F_{f,max} = \frac{M_{Ed}}{(h - t_f)} = \frac{26,12}{(0,2 - 0,0085)} = 136,40 \text{ kN} \quad 9.4$$

Tala vöoga maksimaalselt vastuvõetav tõmbejõud:

$$F_{f,Rd} = \frac{A_f \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{850 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,0} = 301,75 \text{ kN} \quad 9.5$$

Kus vöö pindala:

$$A_f = t_f \cdot b = 8,5 \cdot 100 = 850 \text{ mm}^2 \quad 9.6$$

#### 9.3.1. Keevise kõrguse arvutus

Keevisõmbuse pikkus:

$$L_w = 2 \cdot b - t_w = 2 \cdot 100 - 5,6 = 194,4 \text{ mm} \quad 9.7$$

Keevise arvutuslik nihketugevus on leitud alapeatükis 8.4.2 -  $f_{v,w,d} = 261,73 \text{ N/mm}^2$ .

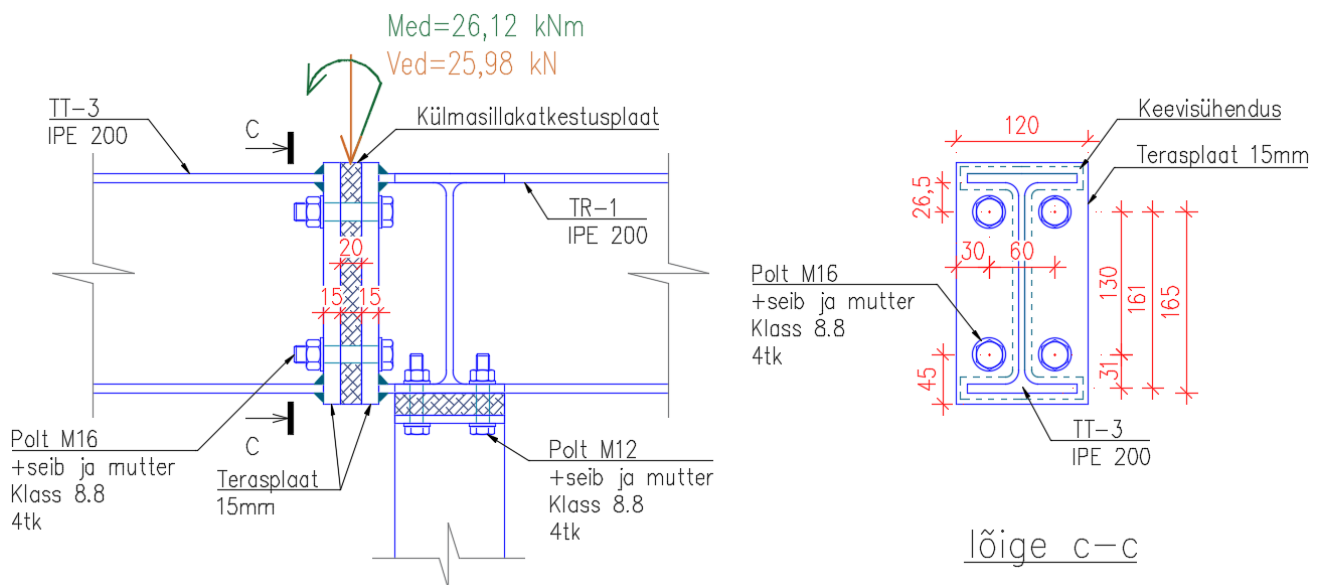
Dimensioneerime keevise lähtuvalt tala vöö kandevõimest.

Keevisõmbuse vajalik kõrgus:

$$a \geq \frac{F_{f,Rd}}{L_w \cdot f_{v,w,d}} = \frac{301,75 \cdot 10^3}{194,4 \cdot 261,73} = 5,93 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm} \quad 9.8$$

## 9.4. Tala ja otsaplaadi poltliite kontroll

Järgnevatel arvutustel kasutatud valemid on saadud standardist EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006 „Teraskonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-8: Liidete projekteerimine“. Tehtud arvutuste ülesehituse põhimõtte tarbeks on näidetena kasutatud Eesti projekteerimismääruste EPN-ENV 3.1.1 „Teraskonstruktsioonide arvutusnäiteid“.



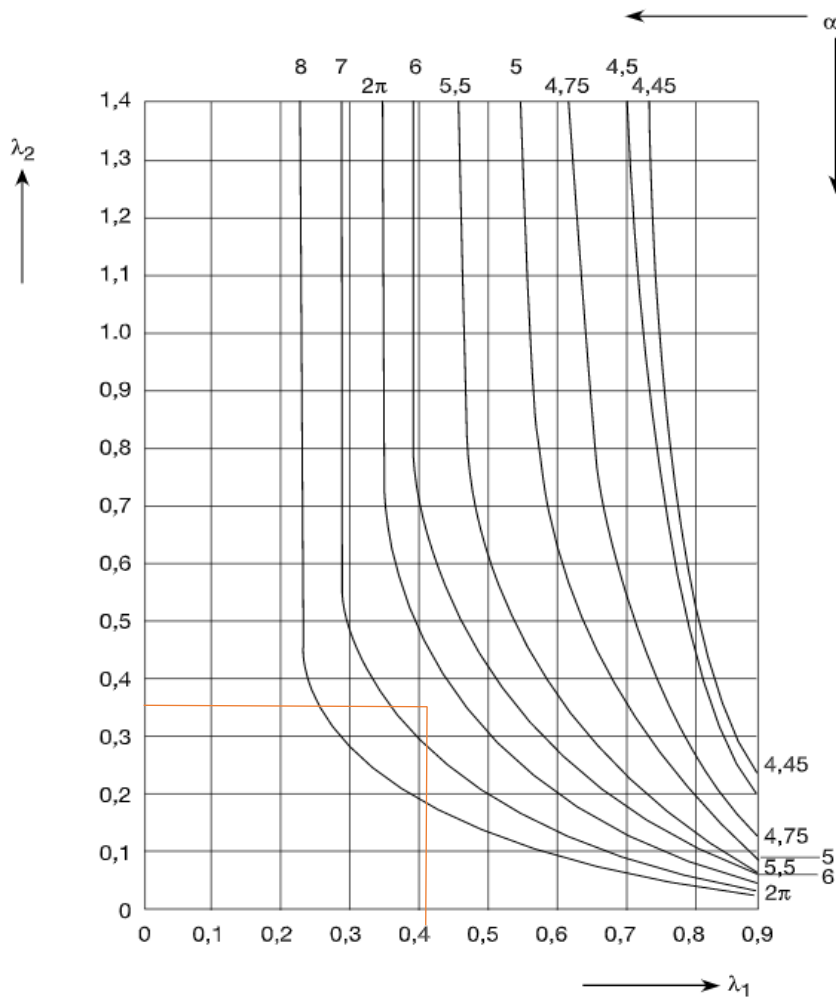
**Joonis 9.1** Terrassitala TT-3 IPE 200 ja otsaplaadi poltliite külgsuuna ja lõige c-c

### 9.4.1. Tala ülemise vöö all paiknev poldirida

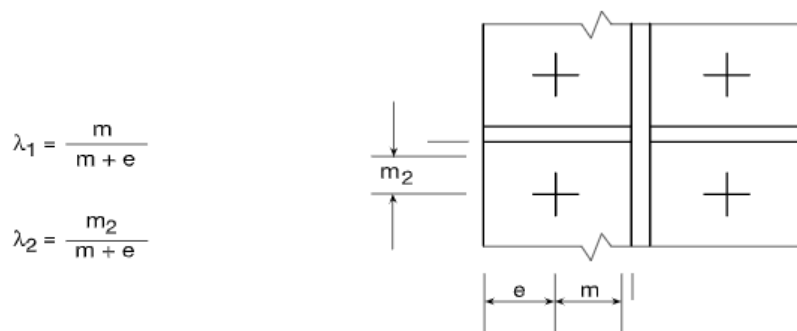
Kaugus poldiaugu tsentrist keeviseni (vt joonis 9.1):

$$m_1 = 0,5(120 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} - 5,6) = 20,41 \text{ mm} \quad 9.9$$

$$m_2 = 26,5 - 0,8 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} = 19,71 \text{ mm} \quad 9.10$$



**Joonis 9.2** Standardi EVS-EN 1993-1-8 joonis 6.11 - suuruse  $\alpha$  väärtuse leidmine posti vöödele ja tala otsaplaadile



**Joonis 9.3** Standardi EVS-EN 1993-1-8 joonis 6.11 - vajalikud abisuurused  $\alpha$  väärtuse leidmiseks

Joonisel 9.3 toodud valemitele leiame abisuurused:

$$\lambda_1 = \frac{m_1}{(m_1 + e)} = \frac{20,41}{(20,41 + 30)} = 0,405 \quad 9.11$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{(m_1 + e)} = \frac{19,71}{(20,41 + 30)} = 0,391 \quad 9.12$$

Ning nende põhjal leiame joonise 9.2 graafikult suuruse  $\alpha$  väärtuse, mis on  $\alpha = 6,6$

Eelmainitud standardi tabelist 6.6- tala otsaplaadi efektiivpikkused leiame tõmmatud vöö all esimese rea.

Üksikuna vaadeldav poldirida:

$$l_{eff} = \alpha \cdot m = 6,6 \cdot 20,41 = 134,71 \text{ mm} = \min l_{eff} \quad 9.13$$

Poldiridade grupi osana vaadeldav poldirida:

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 0,5p + \alpha \cdot m - (2m + 0,65e) & 9.14 \\ &= 0,5 \cdot 130 + 6,6 \cdot 20,41 - (2 \cdot 20,41 + 0,65 \cdot 30) \\ &= 139,39 \text{ mm} \end{aligned}$$

Paindekandevõime leiame väiksema efektiivpikkusega vastavalt standardi tabelist 6.2:

$$M_{pl,Rd} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 134,71 \cdot 15^2 \cdot 355 \cdot 10^{-6}}{1,0} = 2,69 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 9.15$$

#### 9.4.2. Liite kandevõime kolme mudeli põhjal

Liite kandevõime ülemise poldirea piirkonnas on väikseim järgmistest suurustest  $F_{t,Rd}$  mis on toodud standardi tabelis 6.2:

**Mudel 1:** otsaplaadi täielik voolamine:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 2,69 \cdot 10^3}{20,41} = 527,19 \text{ kN} \quad 9.16$$

**Mudel 2:** poldi purunemine otsaplaadi voolamise juures:

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 2,69 \cdot 10^3 + 25,51 \cdot 2 \cdot 90,43}{20,41 + 25,51} = 217,63 \text{ kN} \quad 9.17$$

Kus:

$$n \leq 1,25m = 1,25 \cdot 20,41 = 25,51 \text{ mm}$$

**Mudel 3:** poldi purunemine enne otsaplaadi voolamist:

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 90,43 = 180,86 \text{ kN} \quad 9.18$$

Seega ülemise poldirea piirkonnas on määravaks poldi purunemine enne otsaplaadi voolamist mudeli 3 kohaselt -  $F_{T,3,Rd} = 180,86 \text{ kN}$ .

Võrdleme saadud väärtust momendist tekkiva tõmbejõuga ülemise poldirea piirkonnas:

$$\frac{M_{Ed}}{z} = \frac{26,12}{0,16075} = 162,49 \text{ kN} < F_{T,3,Rd} = 180,86 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Kus  $z$  on poldi kaugus survetsooni keskkohast.

### 9.4.3. Liite kandevõime paindele

Liite arvutuslik paindekandevõime leitakse vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-8 alapeatüki 6.2.7.2 valemile:

$$M_{Rd} = \sum F_{tr,Rd} \cdot h_r \quad 9.19$$

Kus  $F_{tr,Rd}$  on poldirea  $r$  arvutuslik efektiivtõmbekandevõime ja  $h_r$  on poldirea  $r$  kaugus survekeskmest.

$$h_1 = 165 - 0,5 \cdot t_f = 165 - 0,5 \cdot 8,5 = 160,75 \text{ mm} \quad 9.20$$

$$h_2 = 160,75 - 130 = 30,75 \text{ mm} \quad 9.21$$

Kuna poldid paiknevad sümmeetriliselt, siis otsaplaadi kandevõime alumise poldirea piirkonnas on sama suur kui ülemise poldirea piirkonnas ( $l_{eff}$ -d on samad). Seega  $F_{tr,Rd} = 180,86$  kN.

Vastavalt valemile 9.19 leiame liite kandevõime paindemomendile:

$$M_{Rd} = 180,86 \cdot (0,16075 + 0,03075) = 34,63 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 26,12 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{OK}$$

#### 9.4.4. Liite kandevõime lõikele

Ühe poldi kandevõime lõikele, eeldusel, et töötav lõige asub poldi keermestamata osas (EVS-EN 1993-1-8 tabel 3.4):

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 201 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 77,18 \text{ kN} \quad 9.22$$

Ühe poldiaugu kandevõime ääre muljumisele vastavalt tabelile 3.4 [8]:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} \quad 9.23$$

Kus  $\alpha_b$  on väikseim suurustest:

- a)  $f_{ub}/f_u = 800/510 = 1,57$
- b) 1,0
- c)  $e_1/3d_0 = 45/(3 \cdot 18) = 0,833$

Ja  $k_1$  on väikseim suurustest:

- a)  $2,8 \cdot e_2/d_0 - 1,7 = 2,8 \cdot 30/18 - 1,7 = 4,67$
- b)  $1,4 \cdot p_2/d_0 - 1,7 = 1,4 \cdot 60/18 - 1,7 = 2,97$
- c) 2,5

Seega  $\alpha_b = 0,833$  ja  $k_1 = 2,5$  ning vastavalt valemile 9.23 leiame ühe poldiaugu kandevõime ääre muljumisele:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,833 \cdot 510 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 203,92 \text{ kN}$$

Määravaks on poldi lõikekandevõime  $F_{v,Rd} = 77,18$  kN.

#### 9.4.5. Alumise poldirea lõikekandevõime

Kontrollime, kas kogu lõikejõud on võimalik vastu võtta ainult alumise poldireaga.

Alumisele rea kummalegi poldile mõjuv tõmbejõud on järgmine:

$$F_{t,Ed} = \frac{34,63 - (180,86 \cdot 0,16075)}{2 \cdot 0,03075} = 92,60 \text{ kN} \quad 9.24$$

Kui kogu lõikejõud jaguneb kahele alumisele poldile, siis:

$$F_{v,Ed} = \frac{25,98}{2} = 12,99 \text{ kN}$$

Kui poldile mõjub samaaegselt lõike- ja tõmbejõud, peab vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-8 tabelis 3.4 toodud valemile olema täidetud tingimus:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad 9.25$$

$$\frac{12,99}{77,18} + \frac{92,60}{1,4 \cdot 90,43} = 0,90 < 1,0 \rightarrow OK$$

Seega on tala ja otsaplaadi ühendussõlme kandevõime igas suhtes tagatud.

## KOKKUVÕTE

Magistritöö tulemusel valminud moodulmaja vastab lähteülesandes esitatud kriteeriumitele. Tegu on tehases valmistatud hoonega, mis viiakse objektile valmiskujul, terrassi ja varikatuse osa monteeritakse hiljem objektile.

Moodulmajale on koostatud arhitektuurne projekt, mis annab edasi hoone olemust. Rõhku on pööratud arhitektuursele konstruktiivsele osale nii, et see oleks piisav konstruktiivse põhiprojeki koostamiseks. Arhitektuursete joonistena on esitatud asendiskeem, põhijoonised koos sõlmejoonistega ning seletuskiri.

Hoone ning varikatuse ja terrassi kandekonstruktsioon koosneb teraskarkassist ning puidust. Töös on kontrollitud nii terastalade, terasposti kui poltliidete kandevõimet. Esitatud on ka terasraami läbipaindeskeemid. Kõik kontrollarvutused näitavad hoone kandevõimet valitud terasprofiilide näol.

Konstruktsioonijoonistena on välja toodud vundamendi ja ankrupoltide plaan, teraskonstruktsiooni ning puitkonstruktsiooni põranda- ja katusetasapinna plaan ning lõiked. Terrassi ja varikatuse objektile monteerimiseks on esitatud montaažisõlmed.



## **ABSTRACT**

The aim of this paper was to design a modular house that conforms to the given criteria. The paper includes architectural conception and constructive principal building design documentation. The main part of the paper has been divided into nine chapters.

A 3D model, architectural blueprints, and an explanatory note were made according to the terms of reference. Those were also the base for the constructive project of the house.

The house is going to be located in Põlva county, Jõmmu property. It is a ready-made module, which will be fully assembled in the factory, transported to the property, and crane lifted to the position. Terrace and awning will be mounted afterwards at the construction site.

It is a single storey flat roof house with timber cladding, which is equipped with an open kitchen - living room, bathroom and bedroom.

The house is built on a steel-frame with timber framing. Steel-profiles are partly weld into a frame, other profiles are fastened with bolted joints.

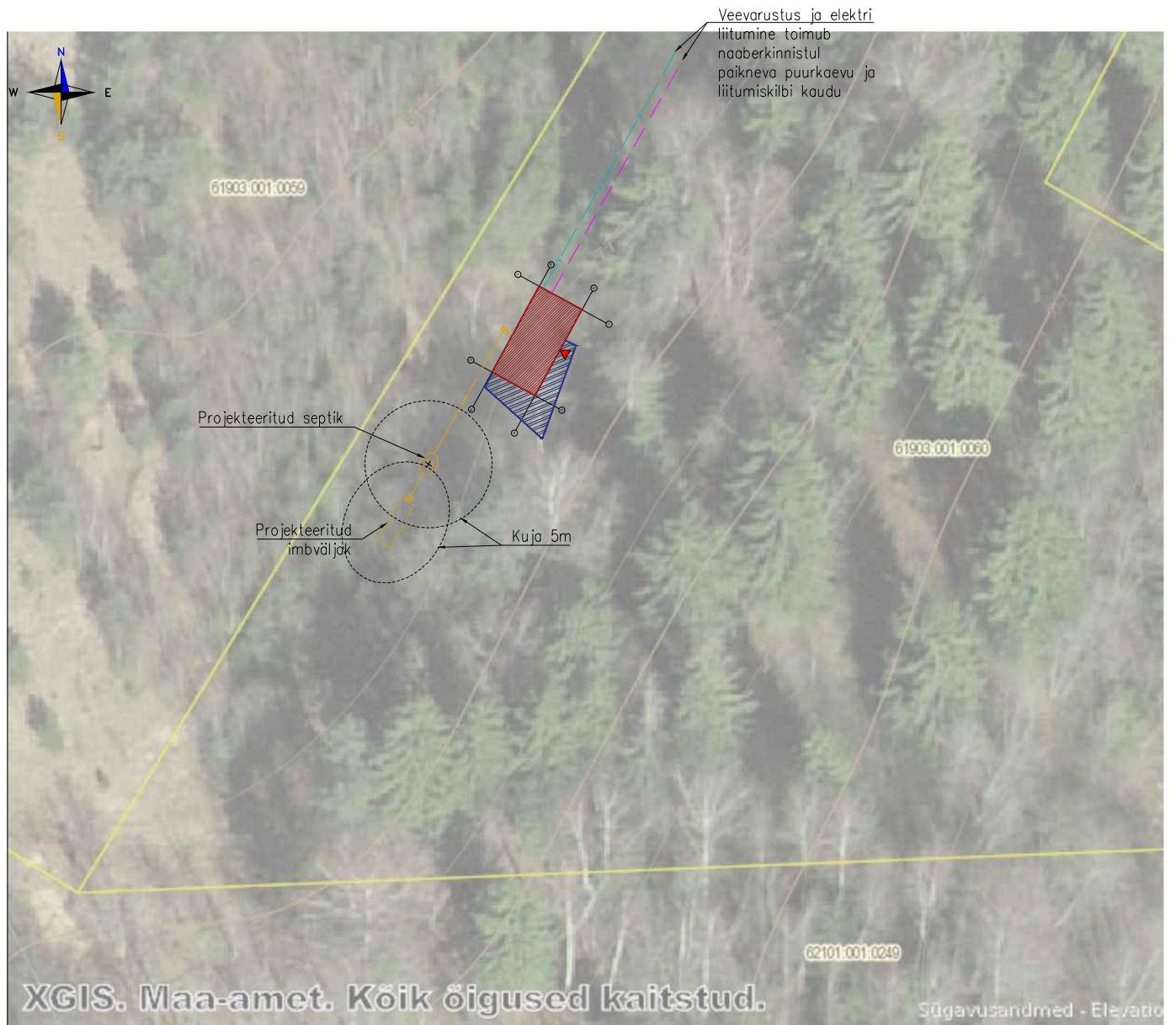
Load capacity calculations have been made for the most critical steel construction elements which are the steel beams, the steel column, and the bolted joints.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] „Termopuit,“ Eimas Grupp OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eimas.ee/termopuit/>. [Kasutatud 13 04 2020].
- [2] T. Masso, Ehituskonstruktori käsiraamat, EHITAME, 2014.
- [3] „Ehituskonstruksioonide koormused. Osa1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus. EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007,“ Eesti standardikeskus 2007.
- [4] „Structural-Drafting-Net\_expert,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.structural-drafting-net-expert.com/steel-sections-Europe-UPE.html>. [Kasutatud 14 05 2020].
- [5] „Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks. EVS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015,“ Eesti standardikeskus 2007.
- [6] „Section properties - Dimensions and properties,“ TATASTEEL, [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.tatasteelbluebook.com/en-gb/building-codes/bs-5950/structural-hollow-sections/celsius/rhs/section-properties-dimensions-properties/?fbclid=IwAR3JIY\\_nHCzPGqimNFPebL4QGbteEfm9mvr1A4-47jQRv2RlXl-D5mU1eog](https://www.tatasteelbluebook.com/en-gb/building-codes/bs-5950/structural-hollow-sections/celsius/rhs/section-properties-dimensions-properties/?fbclid=IwAR3JIY_nHCzPGqimNFPebL4QGbteEfm9mvr1A4-47jQRv2RlXl-D5mU1eog). [Kasutatud 04 05 2020].
- [7] K. Loorits, Teraskonstruksioonide arvutus Eurokoodeks 3 järgi., Tallinn: Eesti Teraskonstruksiooniühing, 2008.
- [8] „Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-8: Liidete projekteerimine. EVS-EN 1993-1-8:2005+NA:2006,“ Eesti standardikeskus, 2005..
- [9] „Ehitiste tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatavad tuleohutusnõuded. EVS 812-7:2018,“ Eesti standardikeskus 2018.
- [10] „Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus EVS-EN 1991-1-3:2006,“ Eesti Standardikeskus 2006.
- [11] K. Loorits, „Teraskonstruksioonid I Loengukonspekt,“ Tallinna Tehnikaülikool, Ehitiste projekteerimise instituut, 2008.
- [12] „Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-5: Tasapinnalised konstruksioonielemendid. EVS-EN 1993-1-5:2006+A1+NA+A2:2020,“ Eesti standardikeskus 2006.
- [13] „Teraskonstruksioonide arvutusnäited,“ Eesti Ehitusteave. Eesti projekteerimismid EPN-ENV 3.1.1, 1995.

## GRAAFILINE OSA

Järjekorra number	Joonise nimetus	Joonise number	Möötkava	Lehe suurus
1.	Asendiskeem	AS-4-01	1:500	A4
2.	3D visualiseering	AS-4-01	-	A3
3.	Vundamendi plaan	AR-5-01	1:100	A4
4.	1. korruse põhiplaan	AR-5-02	1:100	A4
5.	Katuse plaan	AR-5-03	1:100	A4
6.	Vaated	AR-6-01	1:75	A3
7.	Lõige 1-1	AR-6-02	1:50	A4
8.	Parapetisõlm	AR-6-03	1:10	A4
9.	Akna sõlm ja terrassi liitumine	AR-6-04	1:10	A4
10.	Välisseina ja pörandaliitumine	AR-6-05	1:10	A4
11.	Parapetisõlm katuse vastukalde andmiseks	AR-6-06	1:10	A4
12.	Akna sõlm ja varikatuse liitumine	AR-6-07	1:10	A4
13.	Uste spetsifikatsioon	AR-8-01	-	A4
14.	Akende spetsifikatsioon	AR-8-02	-	A3
15.	Vundamentide plaan	EK-1.1	1:75	A3
16.	Ankrupoltide plaan	EK-1.2	1:75	A3
17.	Teraskarkasside plaanid	EK-1.3	1:75	A3
18.	Teraskarkassi lõiked	EK-1.4	1:75	A3
19.	Pörandaliitumine ja katuse puitkandjate plaanid	EK-1.5	1:75	A3
20.	Seinte puitkarkass	EK-1.6	1:75	A3
21.	Montaažisõlmed 1	EK-2.1	1:10	A3
22.	Montaažisõlmed 2	EK-2.2	1:10	A3
23.	Montaažisõlmed 3	EK-2.3	1:10	A3
24.	Montaažisõlmed 4	EK-2.4	1:10	A3
25.	Montaažisõlmed 5	EK-2.5	1:10	A3
26.	Töstmiskeem	EK-3.1	1:75	A4
27.	Katuslae tüüplõige KL-1	EK-4.1	1:10	A4
28.	Pörandaliitumine tüüplõige P-1	EK-4.2	1:10	A4
29.	Välisseina tüüplõige VS-1	EK-4.3	1:10	A4



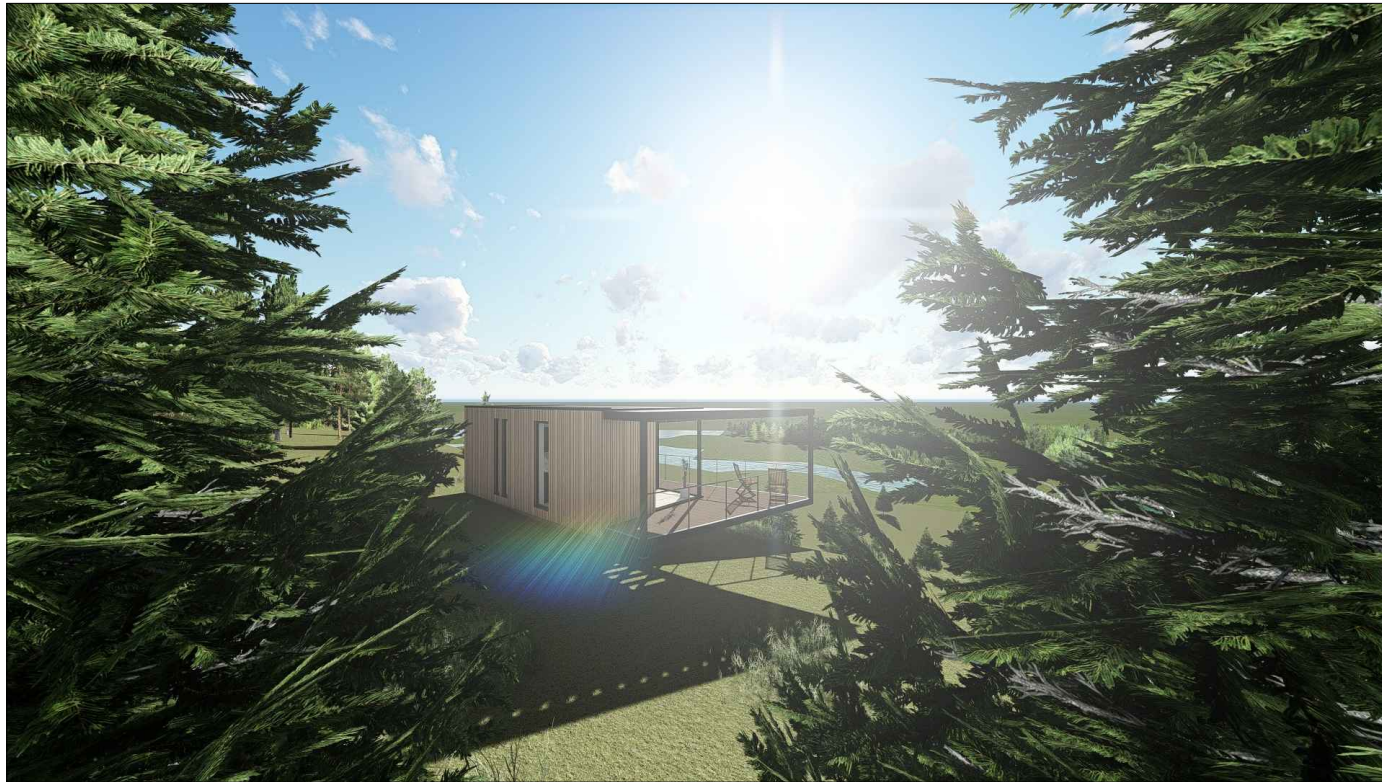
Krundi pindala: 5,24 ha


Krundi sihtotstarve: Maatulundusmaa 100%

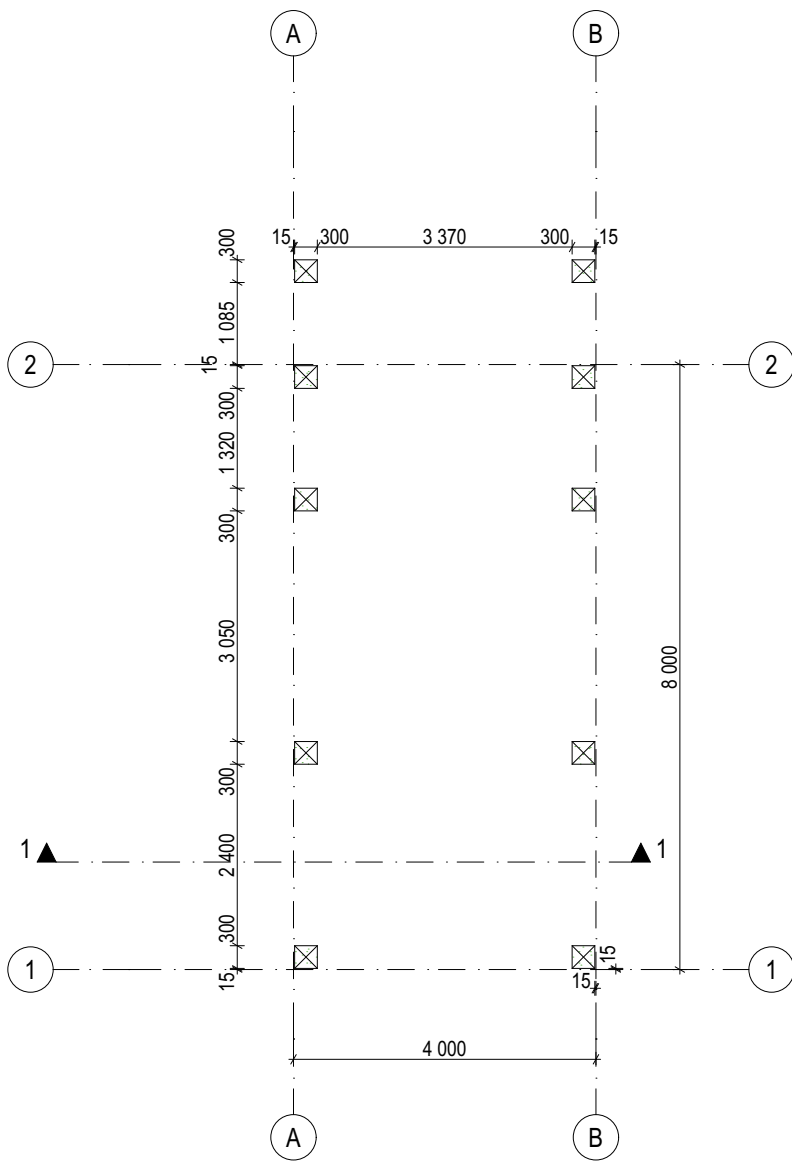
Hoone ehitisealune pind: 51,02 m<sup>2</sup>

- Krundi piir
- Hoone ehitisealune pind
- Varikatuse alune pind
- Hoone peasissekäik
- Proj. veetrass
- Proj. isevoolne kanalisatsioon
- Proj. kanalisatsiooni vaatluskaev
- Proj. madalpindekaabel

<b>TAL TECH</b>		<b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>	<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>AS-4-01</b>
Teostas:	Maare Kriisa		Joonise pealkiri: Asendiskeem Jõmmu kinnistu, Andre küla, Põlva vald	Möötkava: <b>1:500</b>
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar			
<b>Tartu kolledž</b>			<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: 28.05.2020

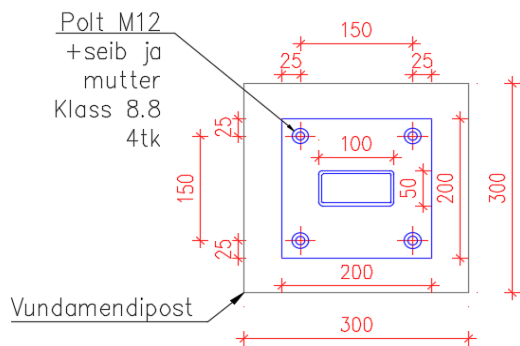


 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: AS-4-02
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	3D visualiseering	-
Tartu kolledž		Teraskarkassil moodulmaja	Kuupäev: 28.05.2020

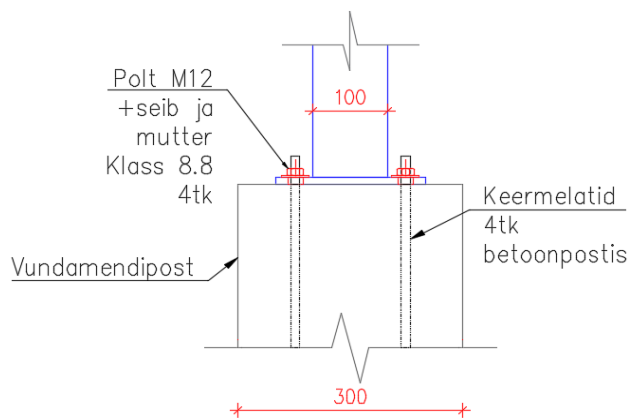


Vundamendiposti ja terasjala poltliite kinnitus 1:10

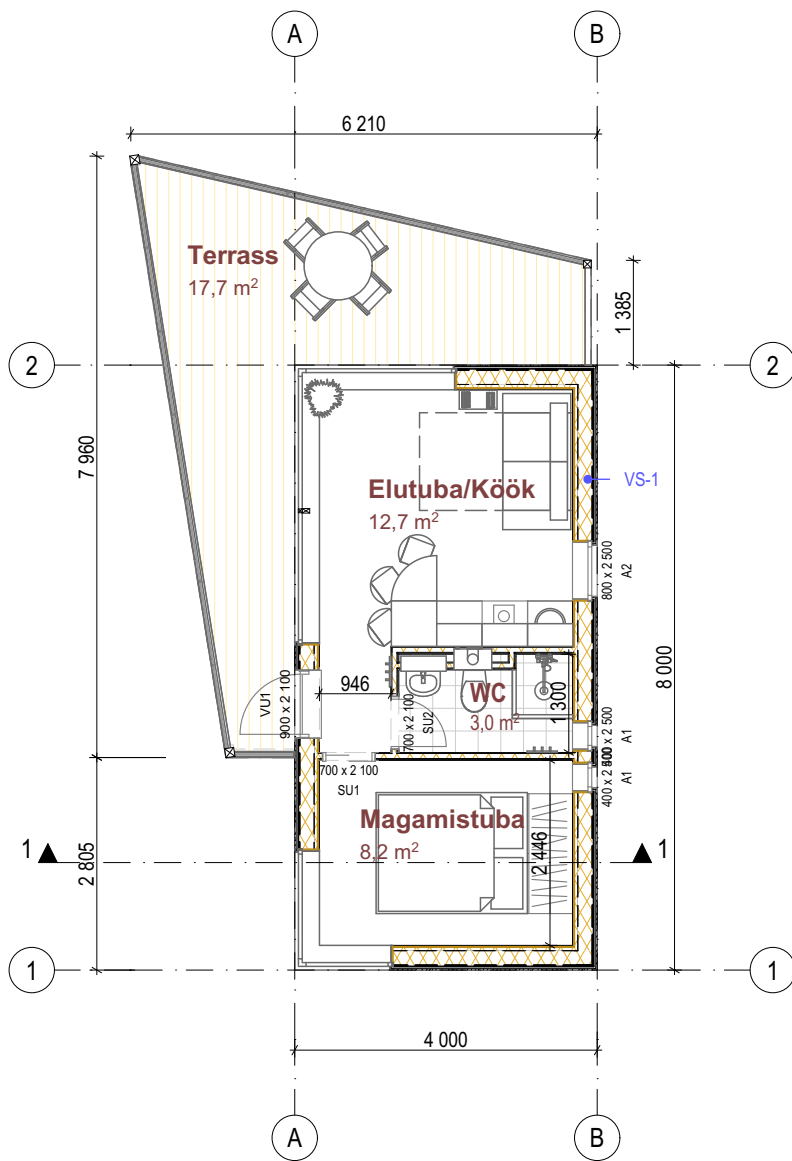
Pealtvaade



Küljelt vaade

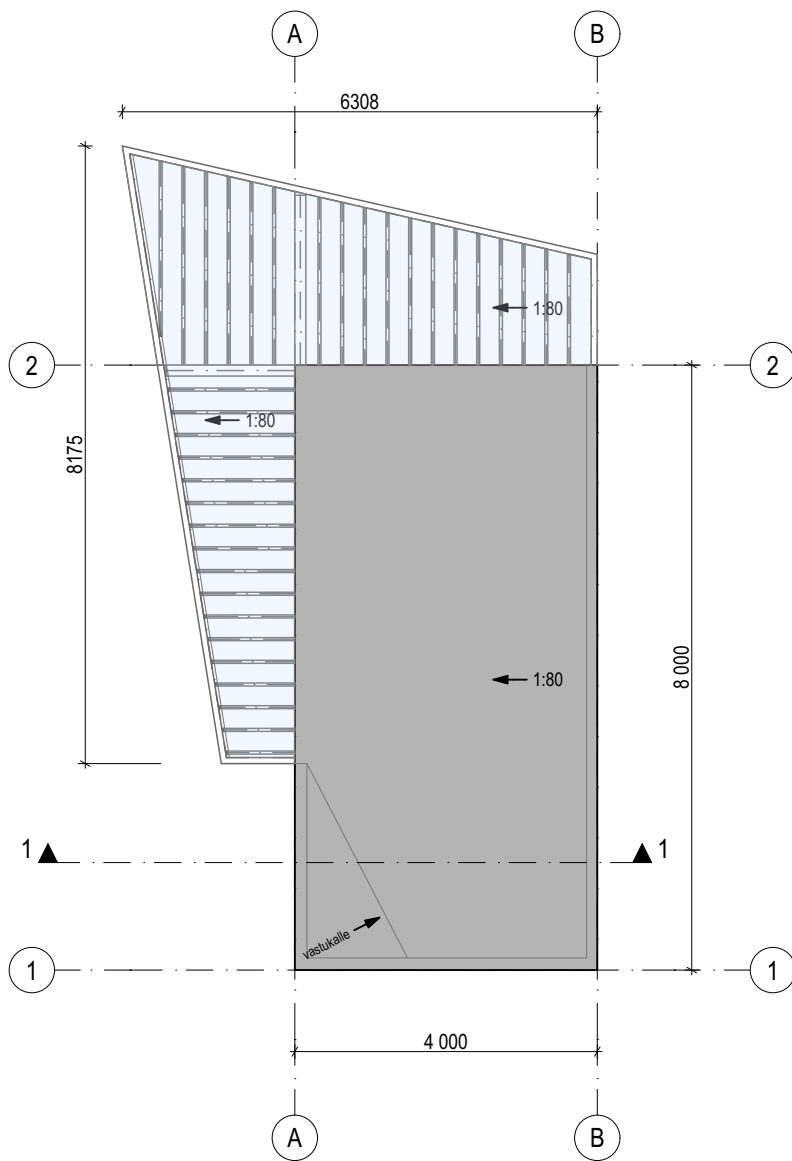



<b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		Magistritöö	Leht: AR-5-01
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava: 1:100
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Vundamendi plaan</b>	Kuupäev: 28.05.2020
Tartu kolledž		Teraskarkassil moodulmaja	



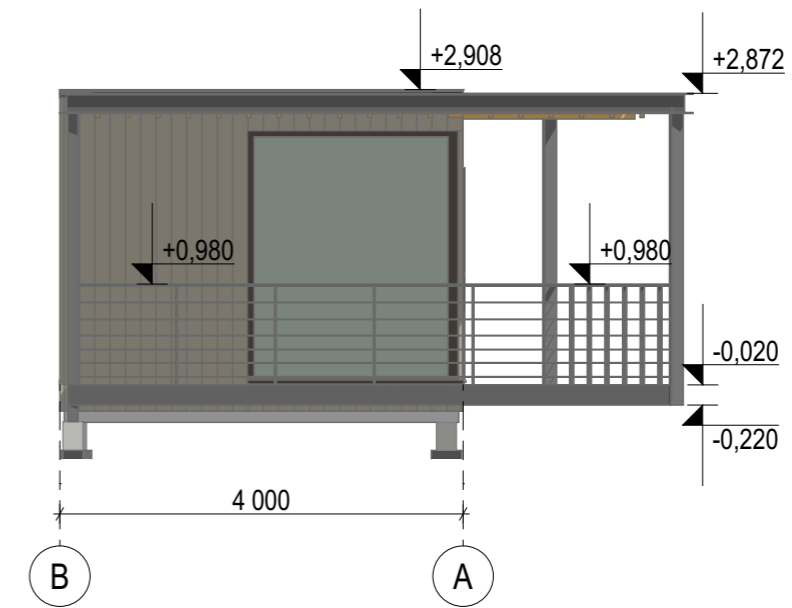
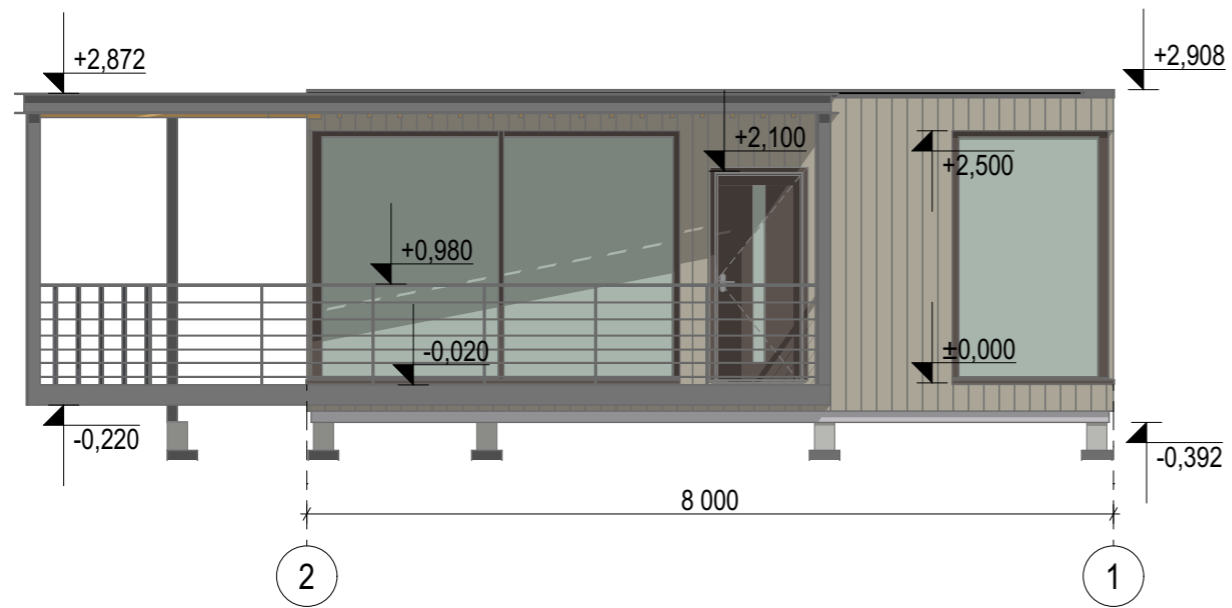
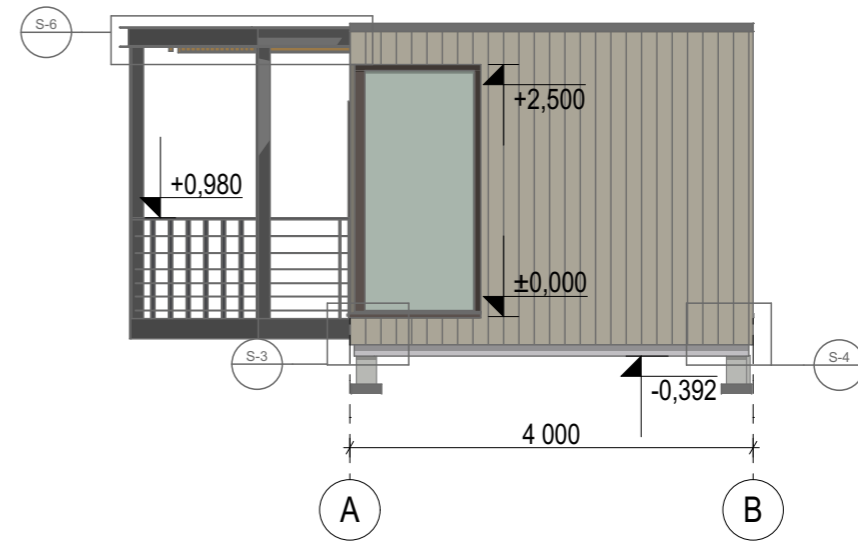
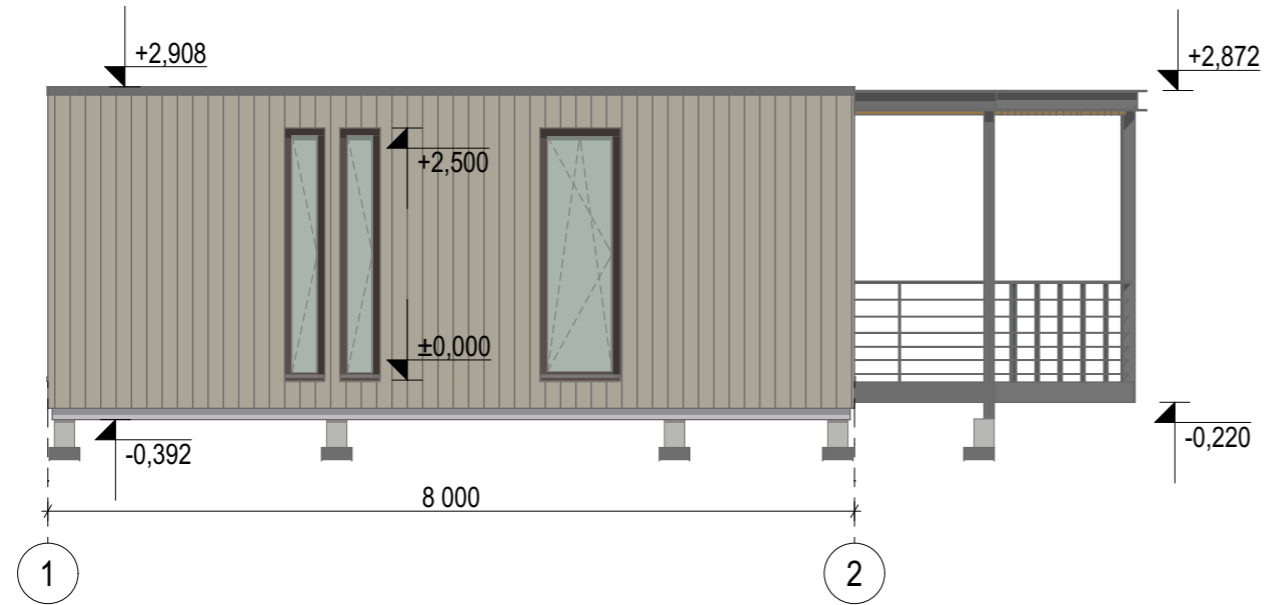
Ruumide eksplikatsioon		
Korrus	Ruum	Pindala
1.korrus	Elutuba/Köök	12,7
1.korrus	Magamistuba	8,2
1.korrus	WC	3,0
		<b>23,9 m<sup>2</sup></b>

<b>TAL TECH</b> TalTech INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht: AR-5-02
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava: 1:100
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>1. korruse põhiplaan</b>	Kuupäev: 28.05.2020
<b>Tartu kolledž</b>		Teraskarkassil moodulmaja	



 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		Magistritöö	Leht: AR-5-03
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava: 1:100
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Katuse plaan</b>	
<b>Tartu kolledž</b>		Teraskarkassil moodulmaja	Kuupäev: 28.05.2020

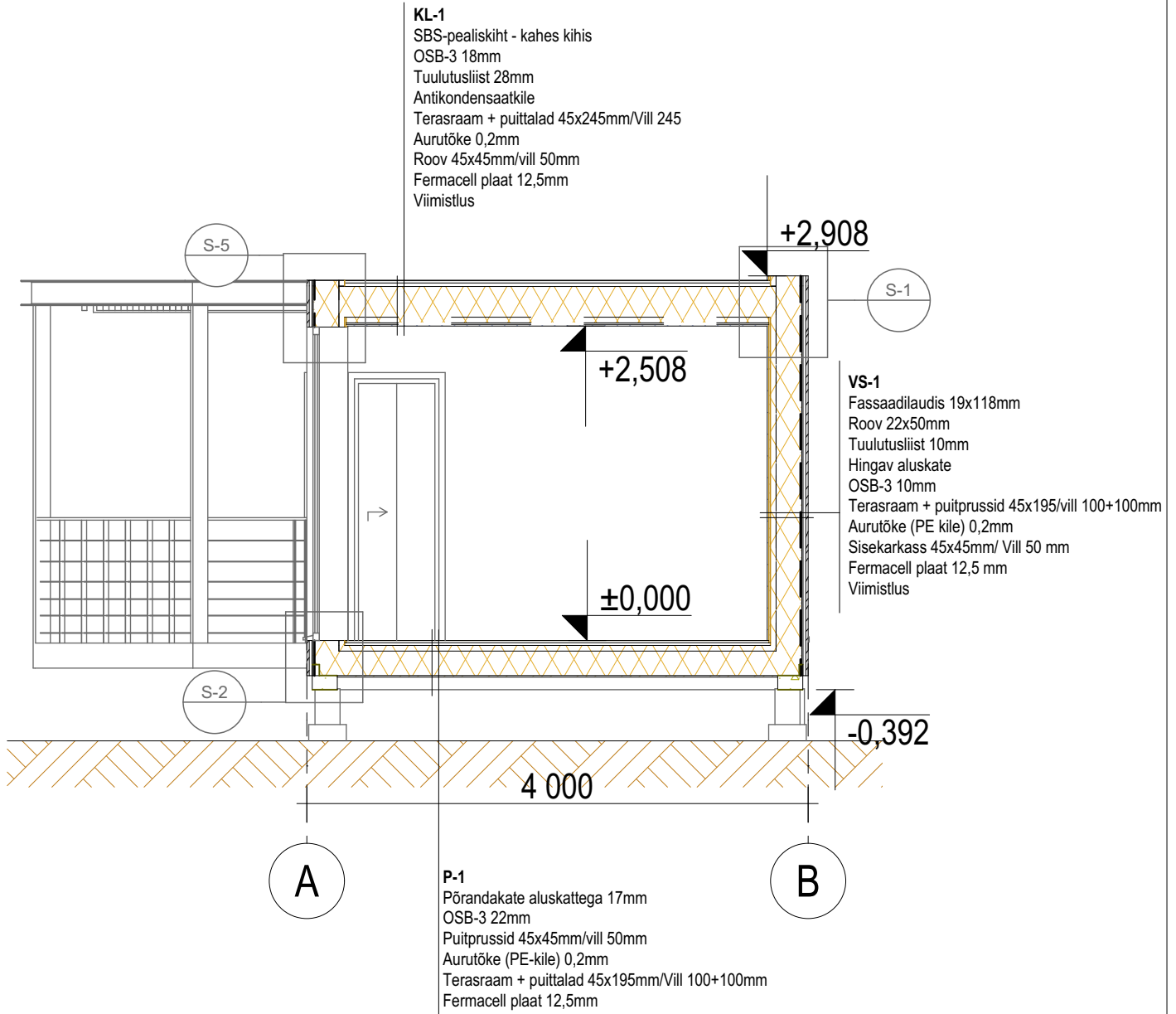




\*Arhitektuursed sõlmed on esitatatud joonistel  
AR-6-03 kuni AR-6-07

- 1 Katus - 2x SBS-rullmaterjaliga
- 2 Fassaad - helehallikas termopuitlaudis 19x118mm
- 3 Aken - alumiiniumprofiil
- 4 Soojustatud välisuks - tumehall RAL 7016 Anthrazitgrau
- 5 Sokkel - helehall
- 6 Terastalad ja -postid - tumehall RAL 7016 Anthrazitgrau
- 7 Akende veeplekid - tumehall RR23
- 8 Teraslehtedel trosspiire -tumehall RAL 7016 Anthrazitgrau

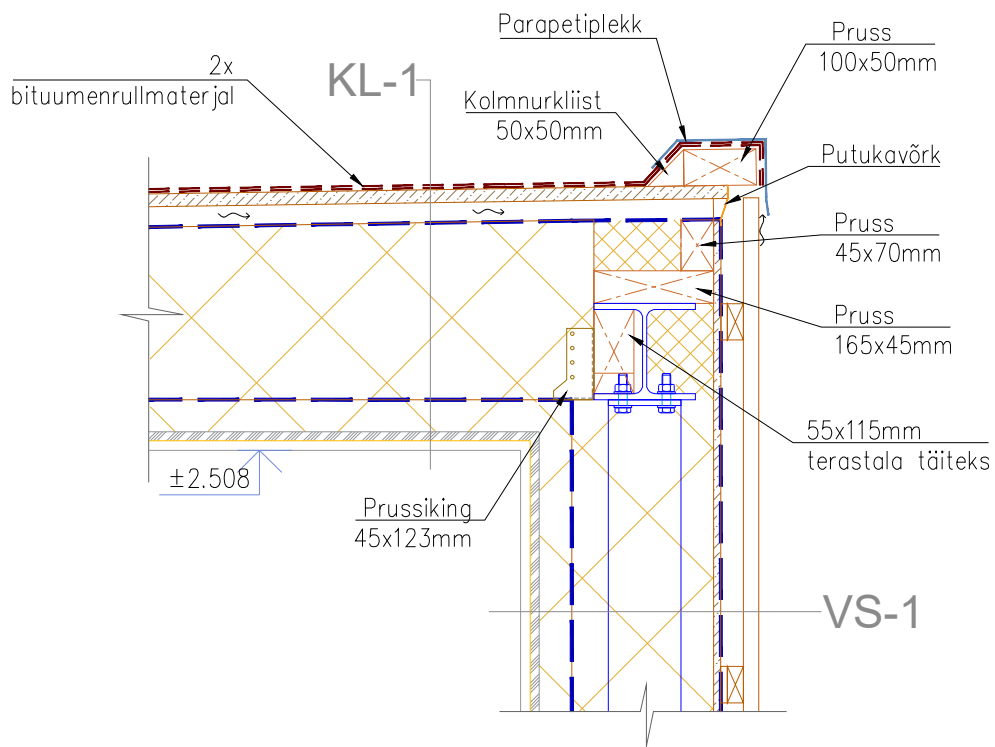
TalTech INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht: AR-6-01
		Teostas: Maare Kriisa	Joonise pealkiri: Mõõtkava: 1:75
Kontrollis: Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	Vaated		
Tartu kolledž		Teraskarkassil moodulmaja	Kuupäev: 28.05.2020




\*Arhitektuursed sõlmed on esitatatud joonistel  
 AR-6-03 kuni AR-6-07

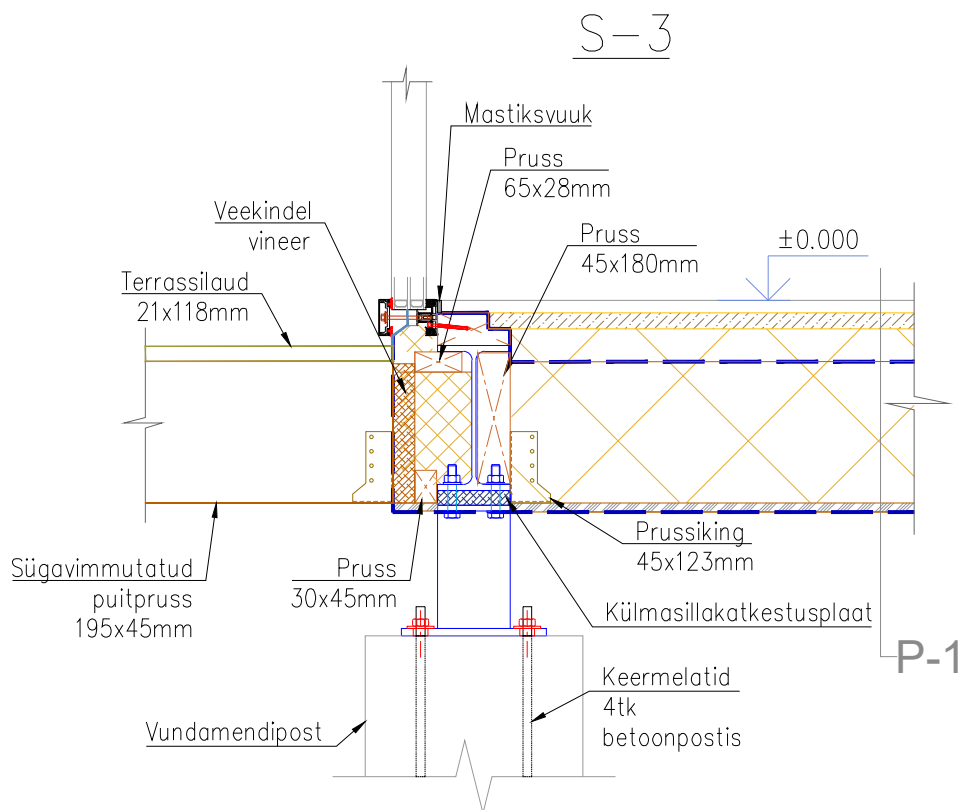
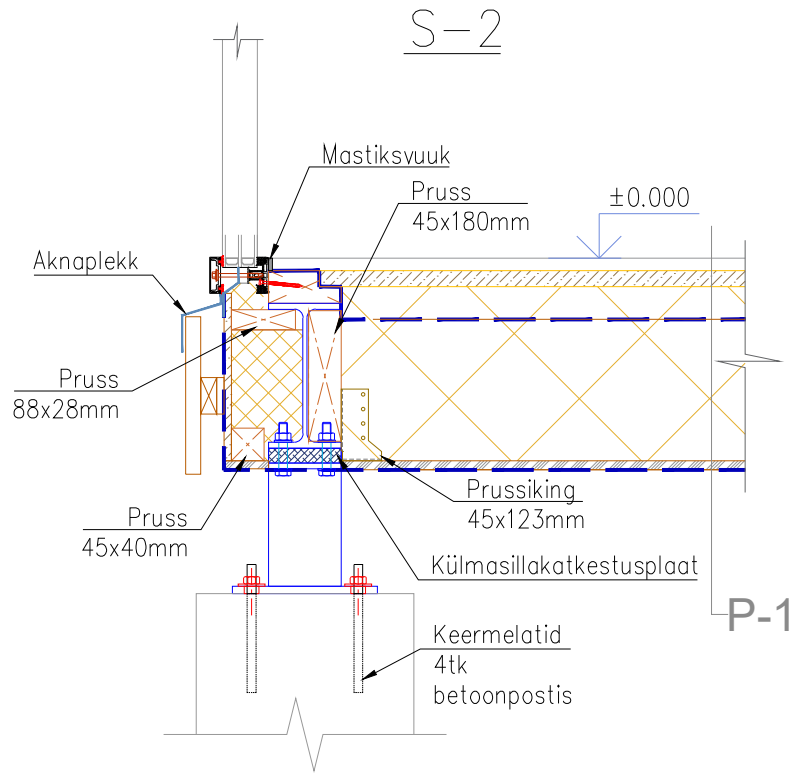
<b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		Magistritöö	Leht: AR-6-02
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava: 1:50
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	Lõige 1-1	Kuupäev: 28.05.2020
Tartu kolledž		Teraskarkassil moodulmaja	

S-1




\*Sõlme asukoht on esitatud joonistel  
AR-6-01 ja AR-6-02

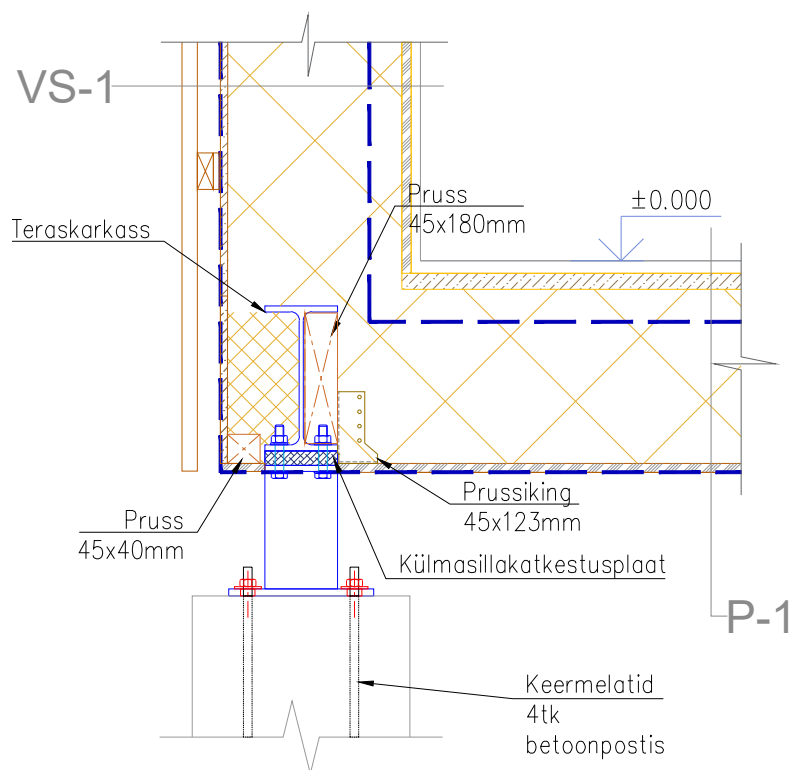
 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>AR-6-03</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Parapetisõlm</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>



\*Sõlme asukoht on esitatud joonistel  
AR-6-01 ja AR-6-02

 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistrit�o</b>	Leht: <b>AR-6-04</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	M�otkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Akna s�lm ja terrassi liitumine</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolled�</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuup�ev: <b>28.05.2020</b>

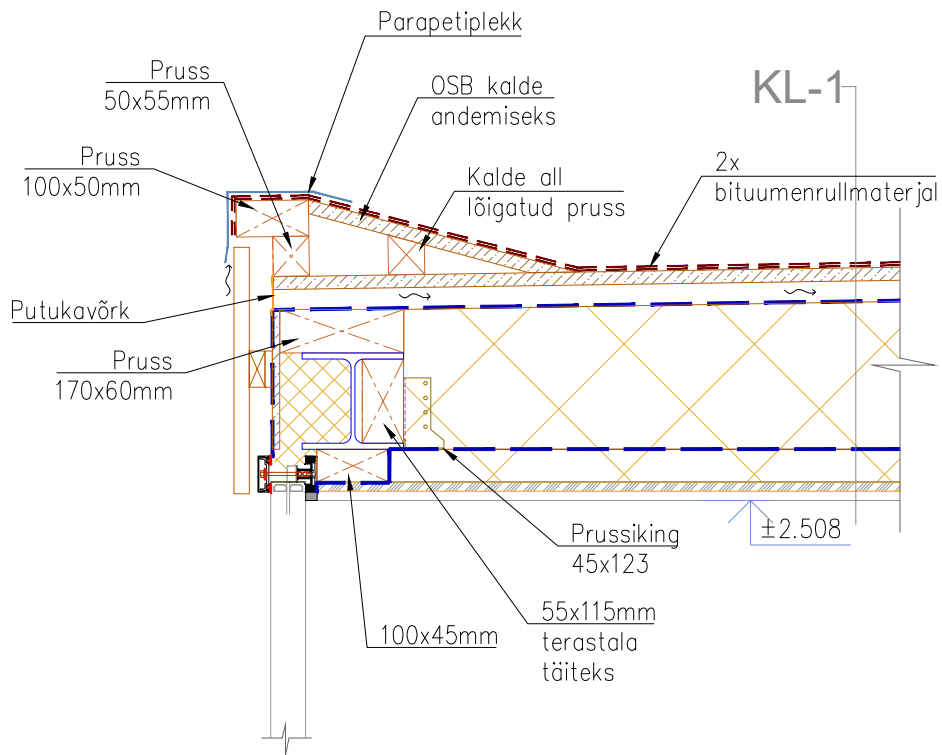
S-4




\*Sõlme asukoht on esitatud joonistel  
AR-6-01 ja AR-6-02

 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>AR-6-05</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Välisseina ja põranda liitumine</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>

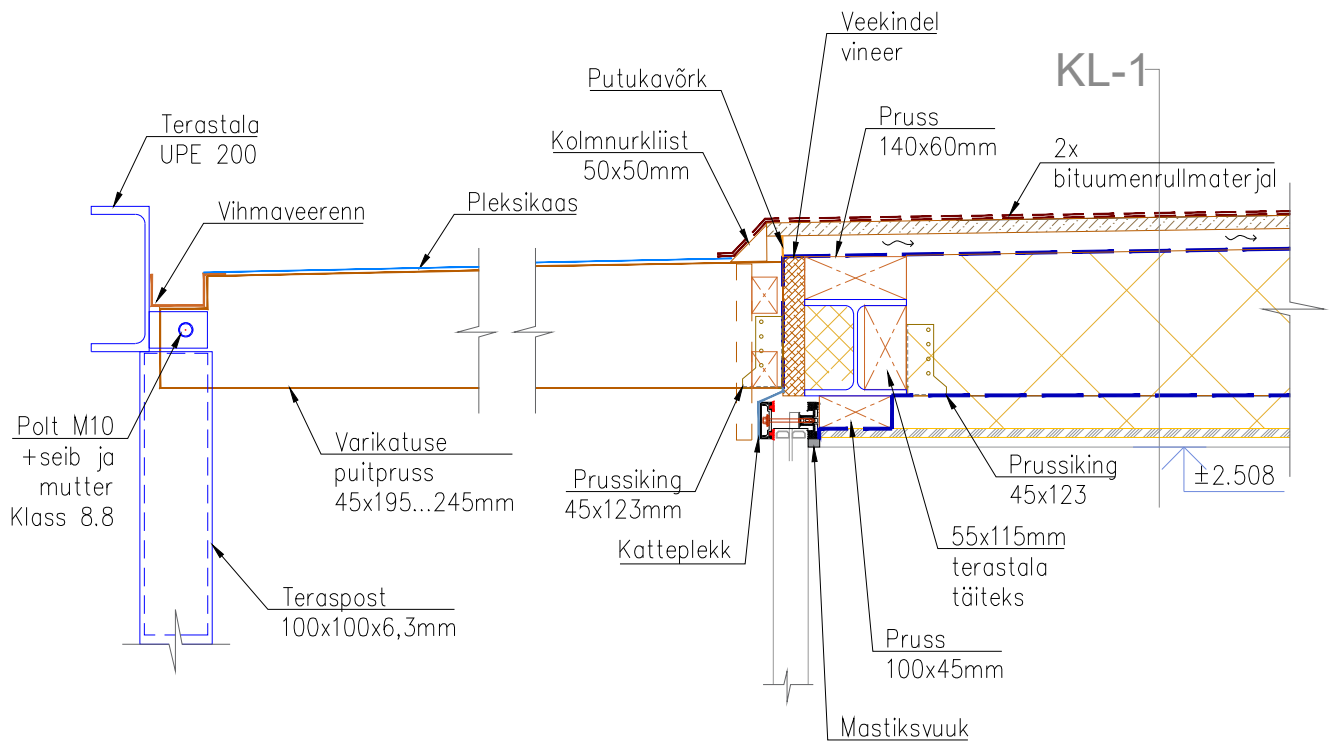
S-5




\*Sõlme asukoht on esitatud joonistel  
AR-6-01 ja AR-6-02



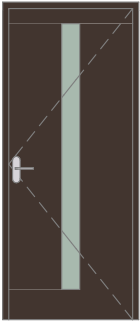
 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>AR-6-06</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri: <b>Parapetisõlm katuse vastukalde andmiseks</b>	Mõõtkava: <b>1:10</b>
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>
<b>Tartu kolledž</b>			


S-6




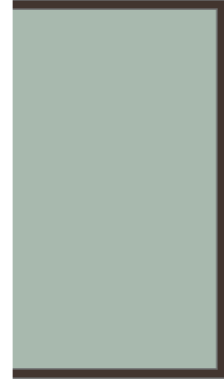
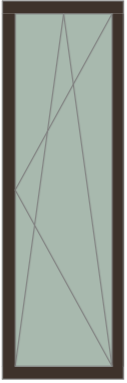

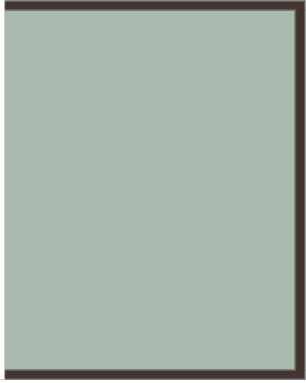

\*Sõlme asukoht on esitatud joonistel  
AR-6-01 ja AR-6-02


 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>AR-6-07</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Akna sõlm ja varikatuse liitumine</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>

Uste spetsifikatsioon							
ID	Kogus	Ava mõõdud	Käeliskus	Vaade	L x H	Värv	Lukustus
SU1	1	700×2 100	R		690×2 090	tumehall RAL 7016 Anthrazitgrau	
SU2	1	700×2 100	L		690×2 090	tumehall RAL 7016 Anthrazitgrau	
VU1	1	900×2 100	R		875×2 085	tumepruun RAL 8014	ASSA 565

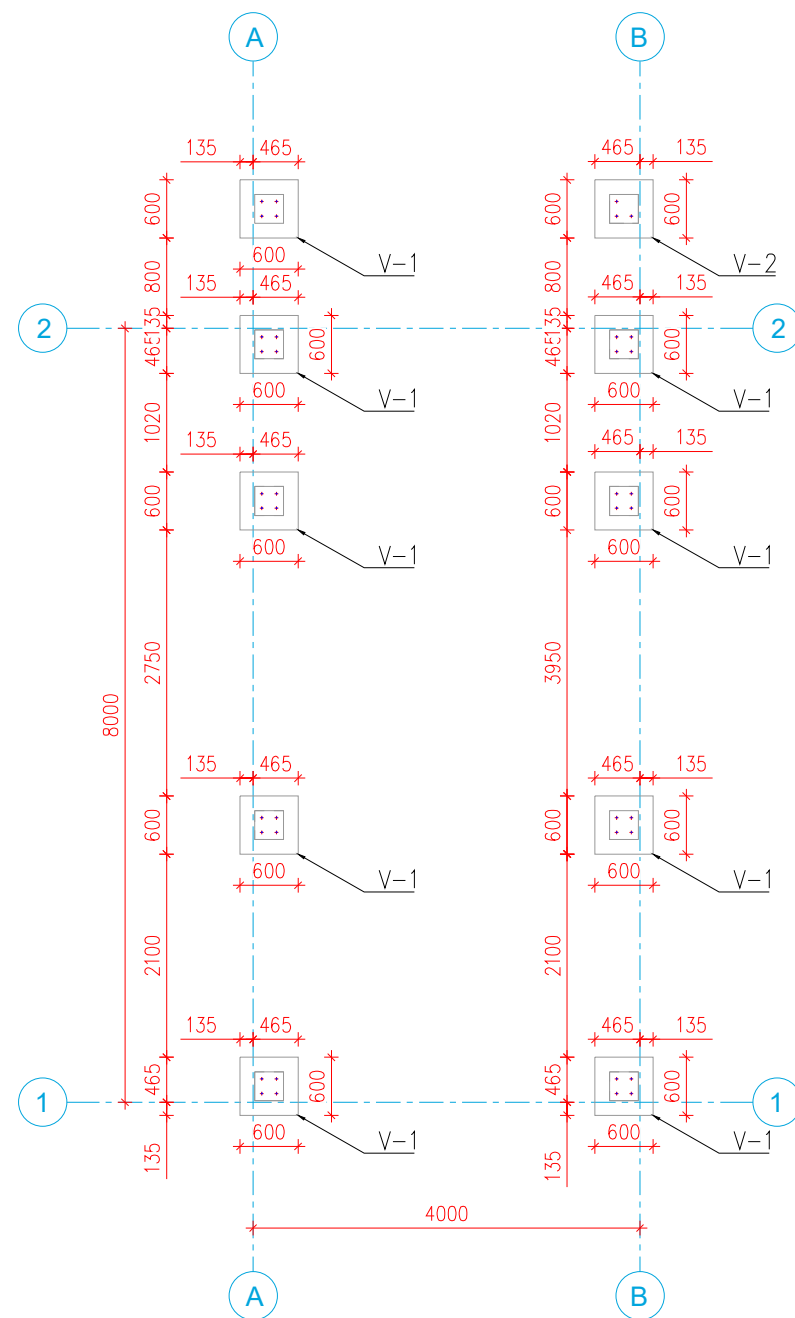
 TalTech INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht: AR-8-01
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	Uste spetsifikatsioon	1:1
Tartu kolledž		Teraskarkassil moodulmaja	Kuupäev: 28.05.2020



Akende spetsifikatsioon								Akende spetsifikatsioon							
ID	Ava mõõdud	Vaade seespoolt	LxH	Kogus	Tüüp	Klaas	U väärtus	ID	Ava mõõdud	Vaade seespoolt	LxH	Kogus	Tüüp	Klaas	U väärtus
A1	400×2 500		380×2 480	2	Pöördatav, alumiiniumprofiilil, raam: (60NEkar+ 6 +60NEkar) 14/16ArSW	3x klaaspakett	0,7 W/m2K	NA-3	1 500×2 500		1 485×2 480	1	Mitteavatav, alumiiniumprofiilil, raam: (60NEkar+ 6 +60NEkar) 14/16ArSW	3x klaaspakett	0,7 W/m2K
A2	800×2 500		780×2 480	1	Kaldpöördatav, alumiiniumprofiilil, raam: (60NEkar+ 6 +60NEkar) 14/16ArSW	3x klaaspakett	0,7 W/m2K	NA-4	1 200×2 500		1 185×2 480	1	Mitteavatav, alumiiniumprofiilil, raam: (60NEkar+ 6 +60NEkar) 14/16ArSW	3x klaaspakett	0,7 W/m2K
NA-1	2 040×2 500		2 025×2 480	1	Mitteavatav, alumiiniumprofiilil, raam: (60NEkar+ 6 +60NEkar) 14/16ArSW	3x klaaspakett	0,7 W/m2K								
NA-2	3 600×2 500		3 585×2 480	1	Mitteavatav alumiiniumprofiilil aken MB-SR50N A	3x klaaspakett	0,7 W/m2K								

 TalTech INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht: AR-8-02
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri: <b>Akende spetsifikatsioon</b>	Mõõtkava: 1:1
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar		
Tartu kolledž		Teraskarkassil moodulmaja	Kuupäev: 28.05.2020

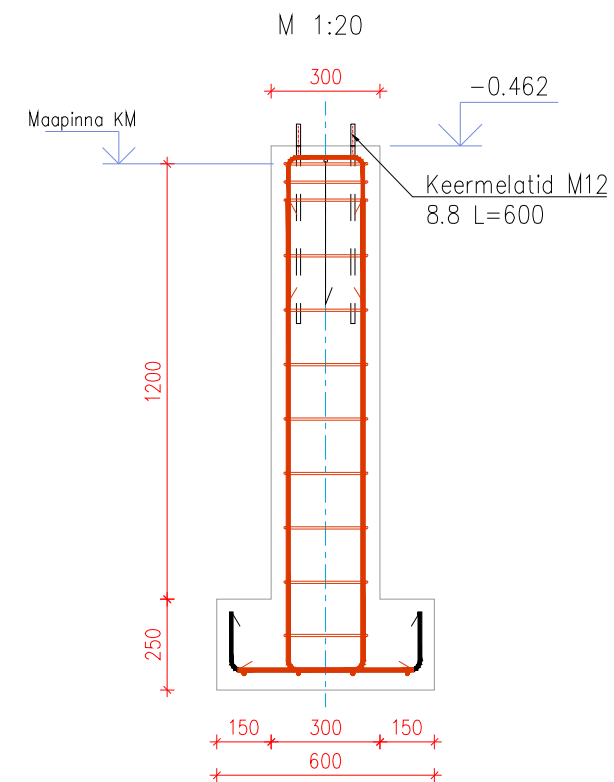
## Vundamendi plaan



## VUNDAMENTIDE SPETSIFIKATSIOON


NIMETUS	KOGUS	BETOONI MAHT(m <sup>3</sup> )	ANKRUPOLDID
V-1	9	0.21	4tk M12 8.8 L=600
V-2	1	0.21	3tk M12 8.8 L=600
kokku		2.1	39tk

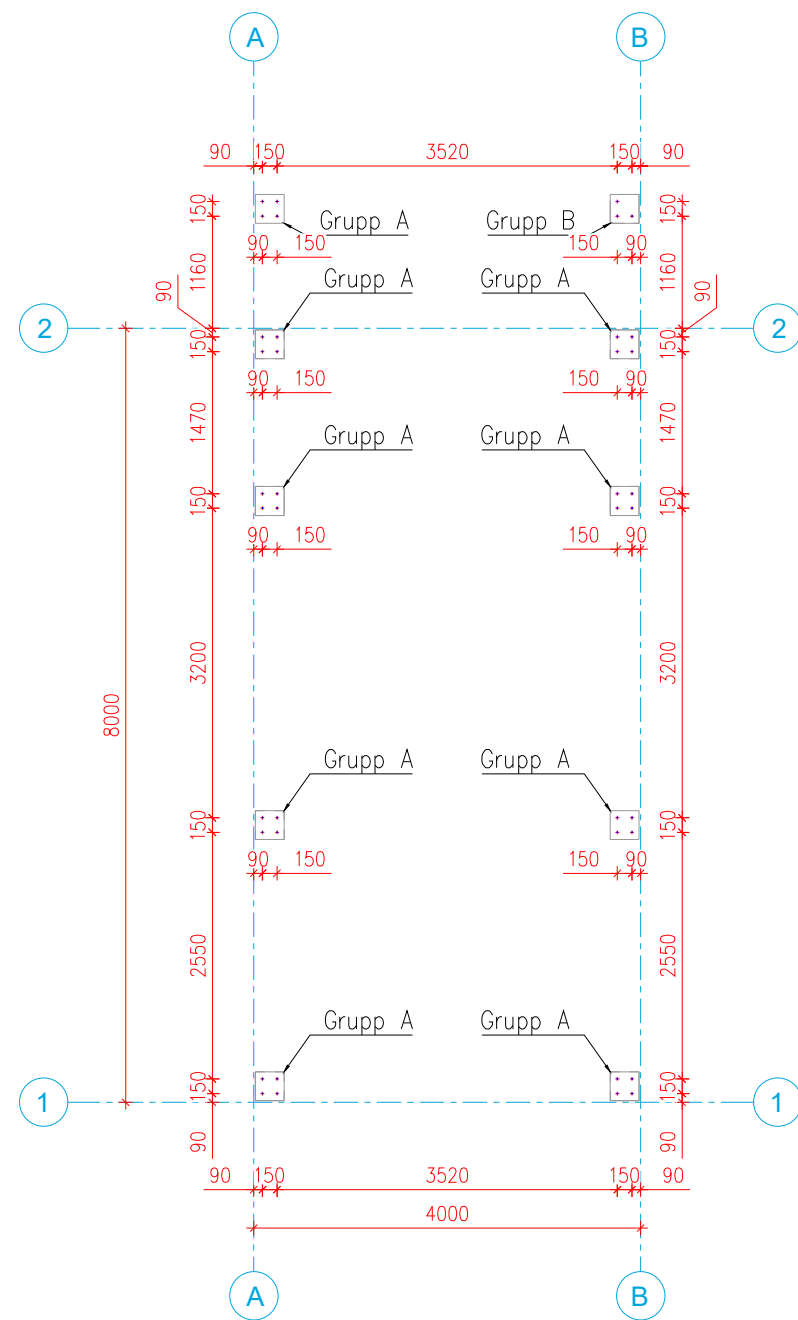
## Vundamendi tüüplõige



## MÄRKUSED:

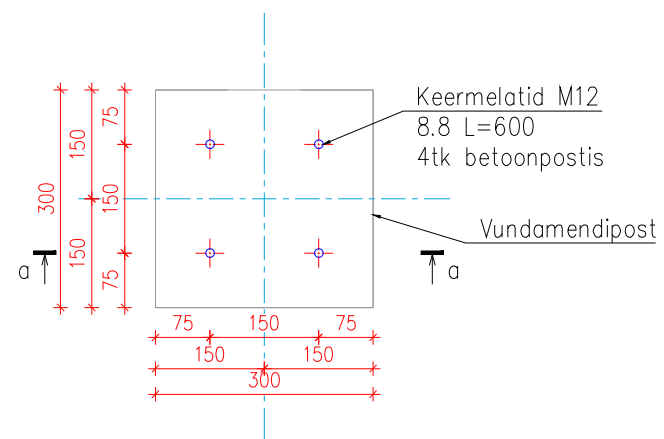
1. ANKRUPOLTIDE PAIKNEMINE VT. JOONIS EK-1.2
2. VUNDAMENDI TÄPSUSTATUD GABARIITMÕÖDUD JA ARMEERIMINE LAHENDATAKSE JÄRGNEVAS PROJEKTEERIMISETAPIS.
3. ESIALGSED VUNDAMENDI TALDMIKU MÕÖTMED ON 600X600mm.
4. VUNDAMENDID VALADA BETOONIST C25/30, KESKKONNAKLASS XC2, SARRUSE KAITSEKIHT 35MM.
5. ARMATUURI LIGIKAUDNE KOGUS BETOONIS ON 25kg/m<sup>3</sup>

 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-1.1</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Vundamentide plaan</b>	<b>1:75</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>



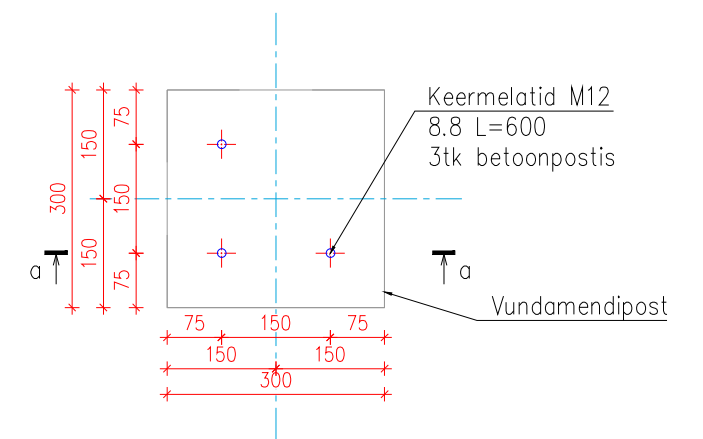
Poldigrupp A

M 1:10



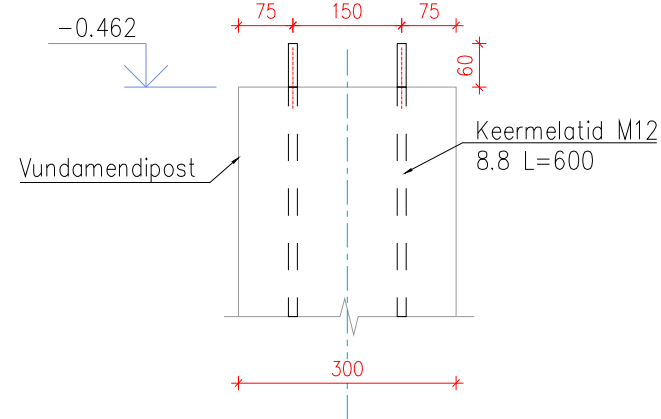
Poldigrupp B

M 1:10



Lõige a-a

M 1:10

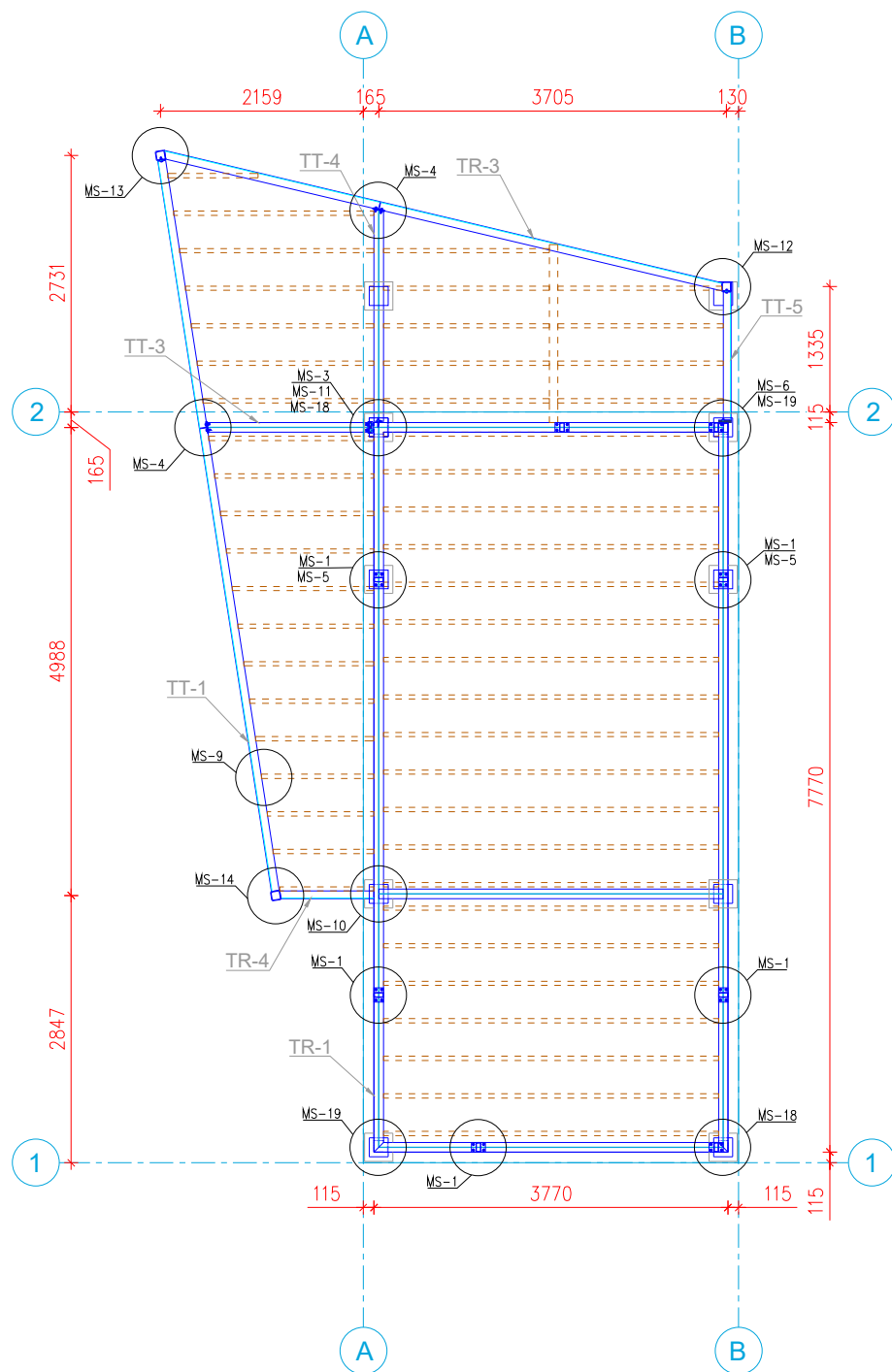


MÄRKUSED:

1. VUNDAMENDI PLAAN VT. JOONIS EK-1.1
2. ANKRUPOLTIDEKS KASUTADA KEERMELATTE M12 TUGEVUSKLASSIGA 8.8.

<b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-1.2</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Ankrupoltide plaan</b>	<b>1:75</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>

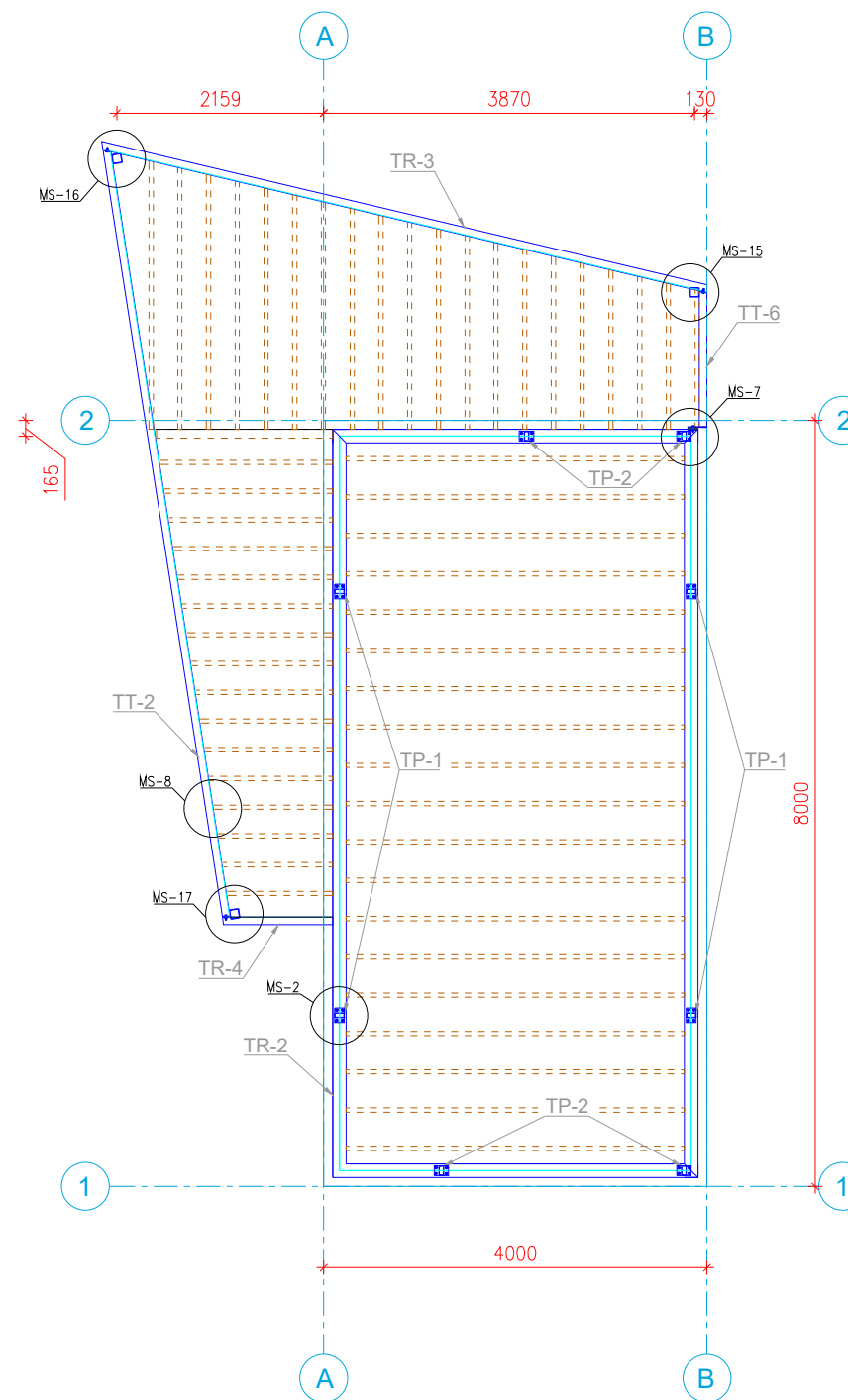
## Teraskarkassi plaan põranda tasapinnas



### MÄRKUSED:

1. TERASPROFIILIDE TABELIS ON KOGUMASSILE LISATUD 10%, MIS ARVESTAB KINITUSLEHTEDE JA OTSAPLAATIDE KAALU
2. MONTAAZISÖLMED VT. JOONIS EK-2.1...EK-2.5

## Teraskarkassi plaan katuse tasapinnas

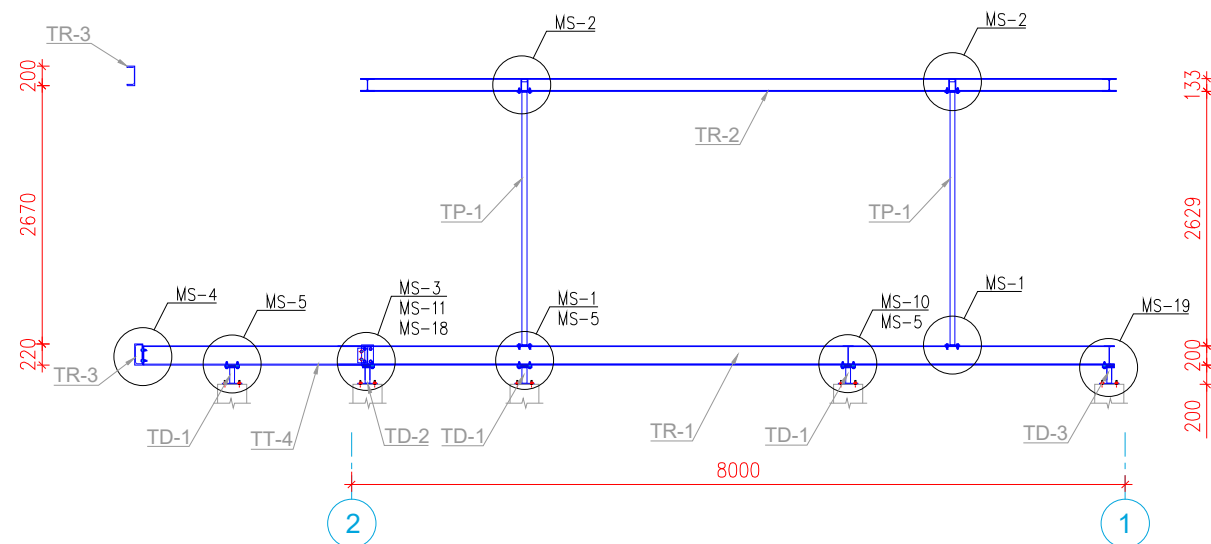


### TERASPROFIILID

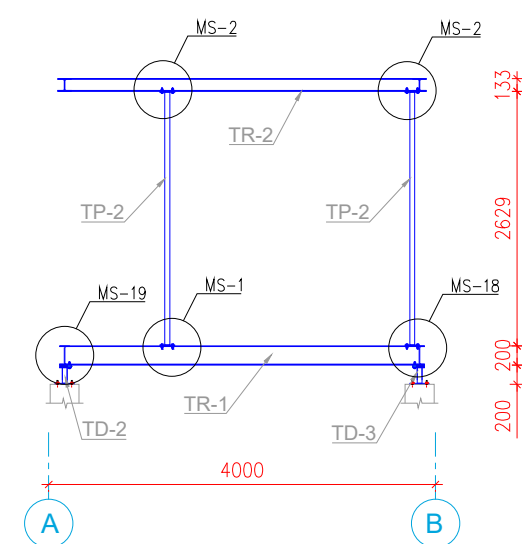
NIMETUS	PROFIIL	KOGUS	PIKKUS (mm)	MASS KOKKU (kg)
TR-1	IPE 200	1	22700	569,32
TR-2	HE 140A	1	22700	616,76
TR-3	UPE 200 + UPE 220 + 100x100x6,3mm	1	18570	468,10
TR-4	UPE 200 + UPE 220 + 100x100x6,3mm	1	5130	121,16
TT-1	UPE 220	1	7880	230,57
TT-2	UPE 200	1	8090	202,90
TT-3	IPE 200	1	1900	47,65
TT-4	IPE 200	1	2390	59,94
TT-5	UPE 220	1	1400	40,96
TT-6	UPE 200	1	1450	36,37
TP-1	100x50x4mm	4	2630	25,40
TP-2	100x50x4mm	4	2630	25,40
TD-1	100x50x4mm	5		5,49
TD-2	100x50x4mm	2		5,49
TD-3	100x50x4mm	2		5,49

<b>TALTECH</b> TalTech INSENERITEADUSKOND		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-1.3</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri: <b>Teraskarkasside plaanid</b>	Möötkava: <b>1:75</b>
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>
<b>Tartu kolledž</b>			

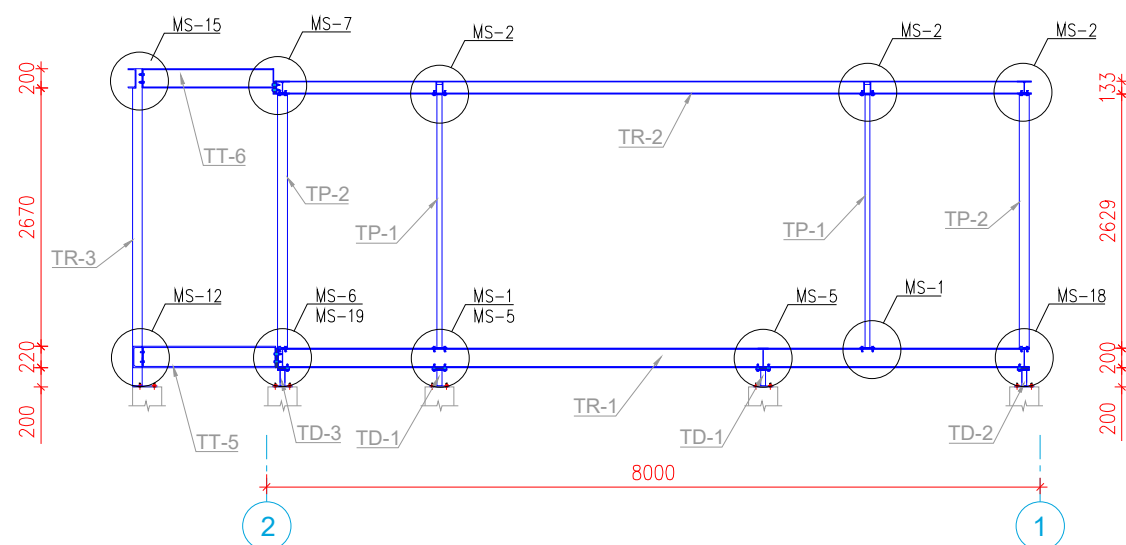
Teraskarkassi lõige teljel A



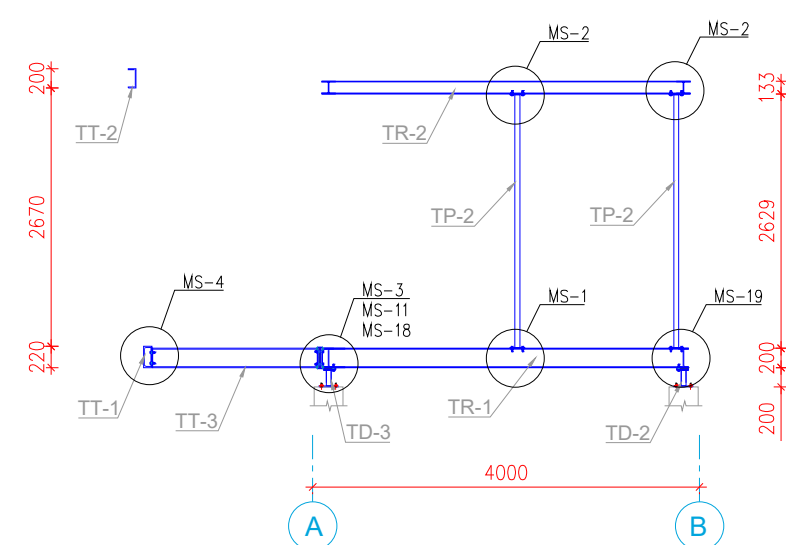
Teraskarkassi lõige teljel 1



Teraskarkassi lõige teljel B



Teraskarkassi lõige teljel 2

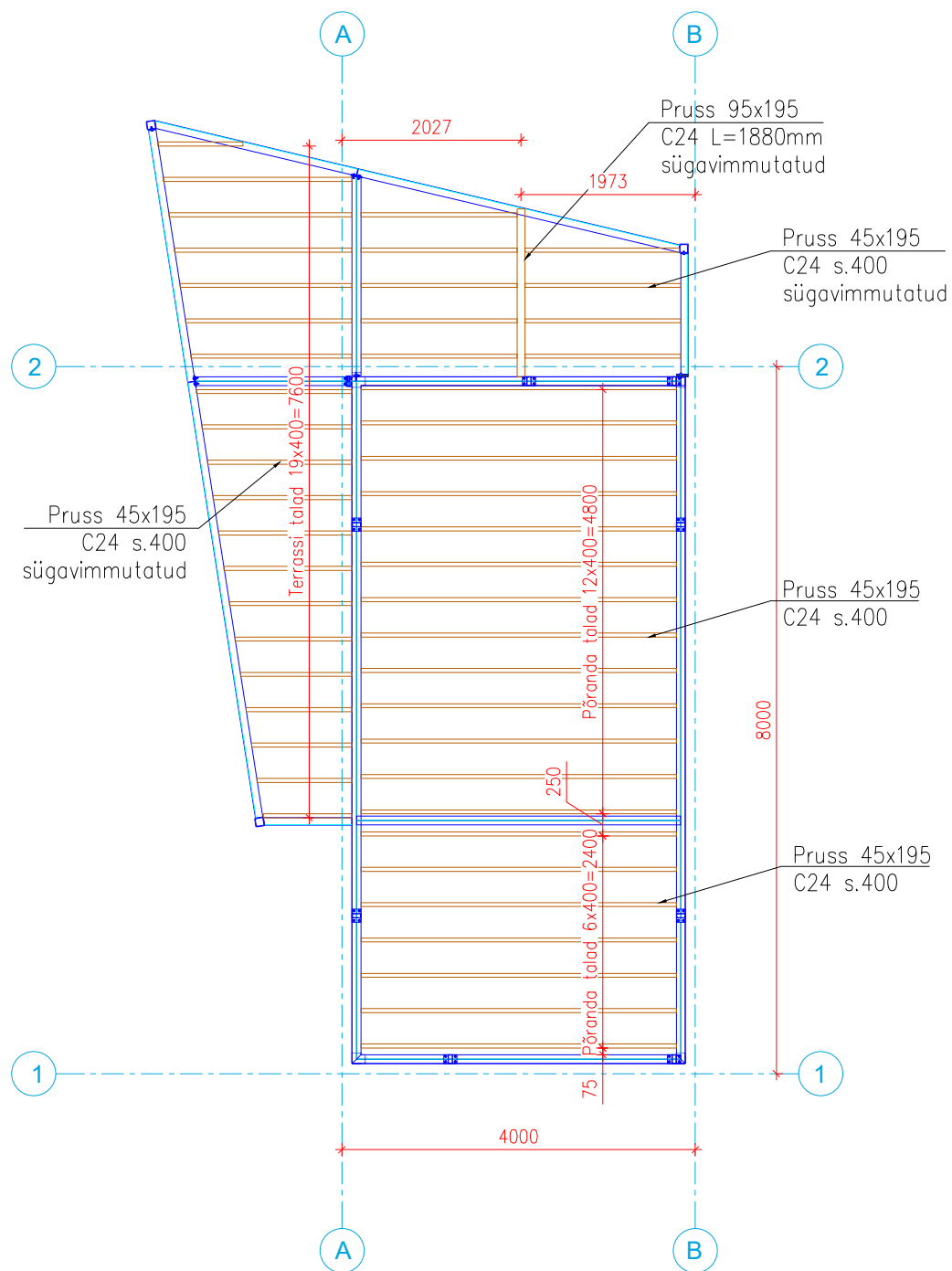


MÄRKUSED:

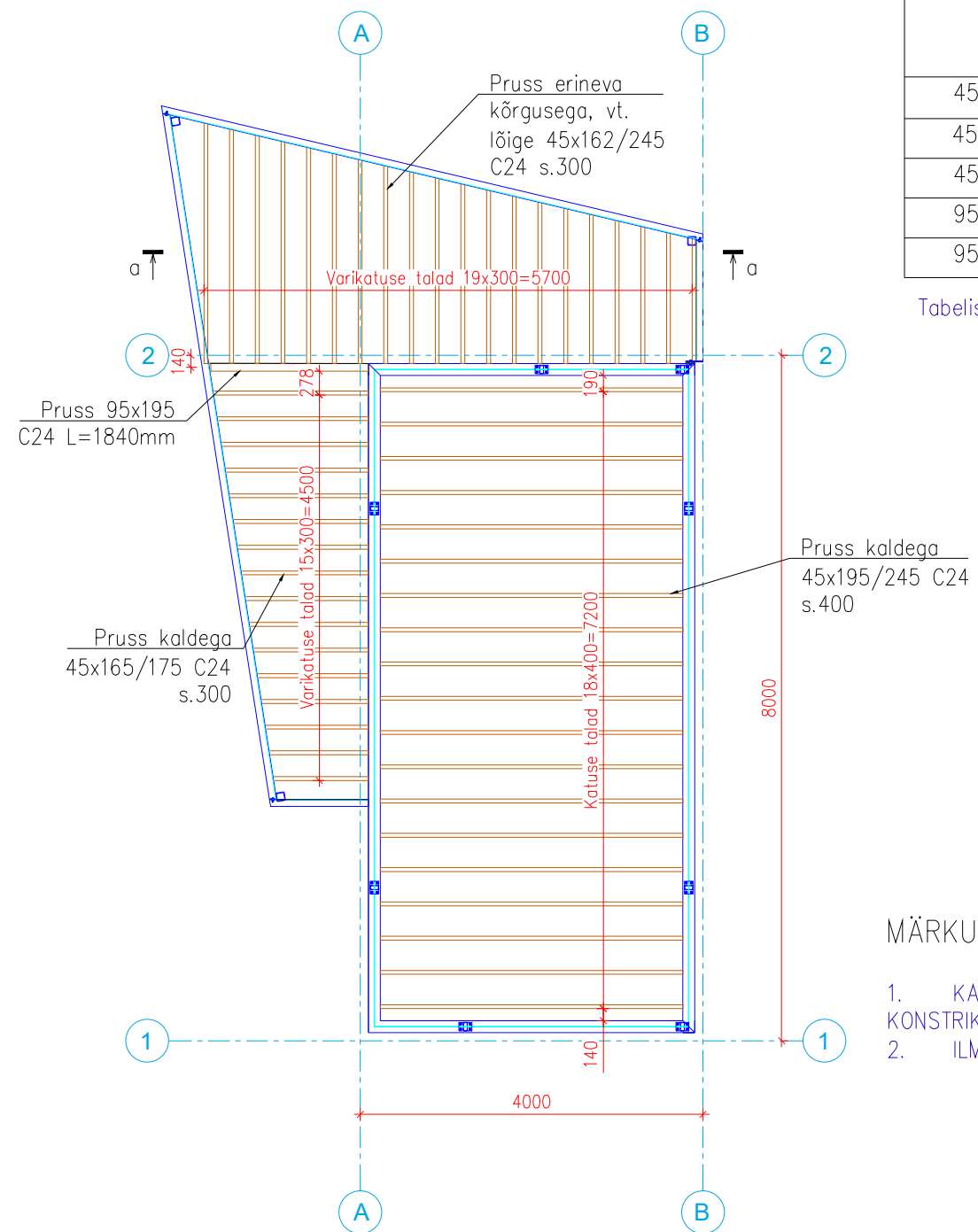
1. TERASELEMENTIDE PLAAN VT. JOONIS EK-1.3
2. MONTAAZISÕLMED VT. JOONIS EK-2.1...EK-2.5

<b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-1.4</b>
		Teostas: Maare Kriisa	Joonise pealkiri: <b>Teraskarkassi lõiked</b>
Kontrollis: Aarne Nirk, Lehar Leetsaar		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>
<b>Tartu kolledž</b>			

## Põranda puitkandjate plaan



## Katuse puitkandjate plaan



### Karkassi puidu kokkuvõte

NIMETUS	KOGUS	ÜHIK	MÄRKUSED
45x195 C24	174	jm	-
45x245 C24	110	jm	-
45x195 C24	49	jm	sügavimmutatud
95x195 C24	2	jm	-
95x195 C24	2	jm	sügavimmutatud

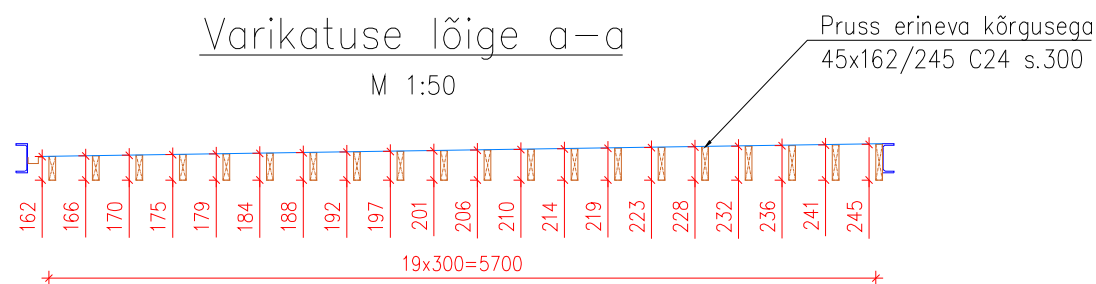
Tabelis ei ole arvestatud puidu ülekuluga

### MÄRKUSED:

- KARKASSI MATERJALIKS KASUTADA TUGEVSORTEERITUD KONSTRIKTSIOONIPUITU TUGEVUSEGA C24.
- ILMASTIKU KÄTTE JÄÄV PUIT PEAB OLEMA SÜGAVIMMUTATUD.

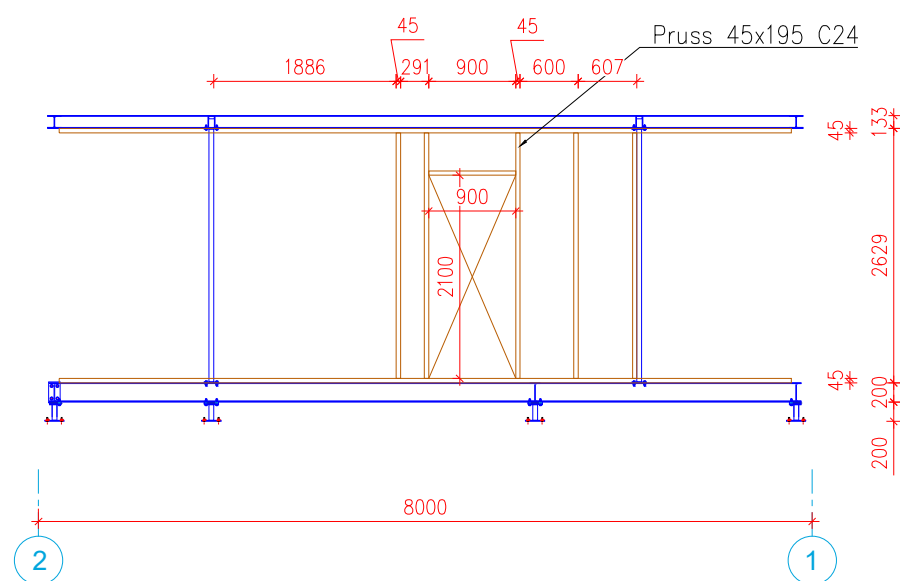
### Varikatuse lõige a-a

M 1:50

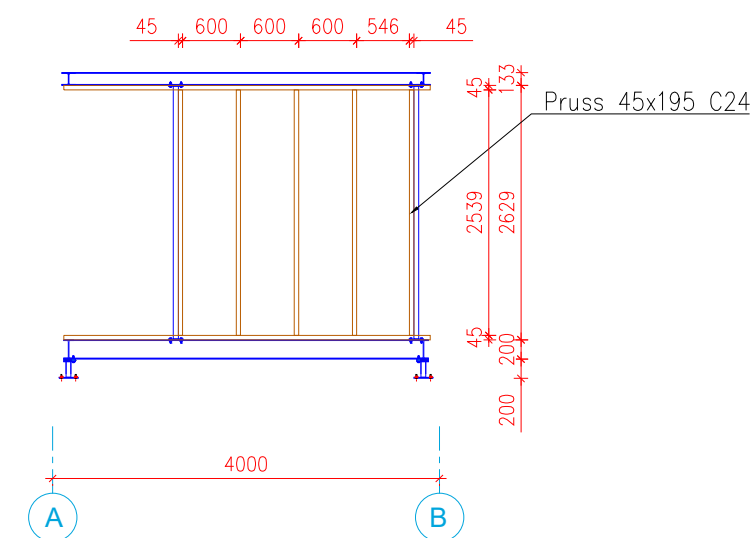


<b>TALTECH</b> TalTech INSENERITEADUSKOND		<b>Magistritöö</b>	Leht: EK-1.5
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Põranda ja katuse puitkandjate plaanid</b>	<b>1:75</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: 28.05.2020

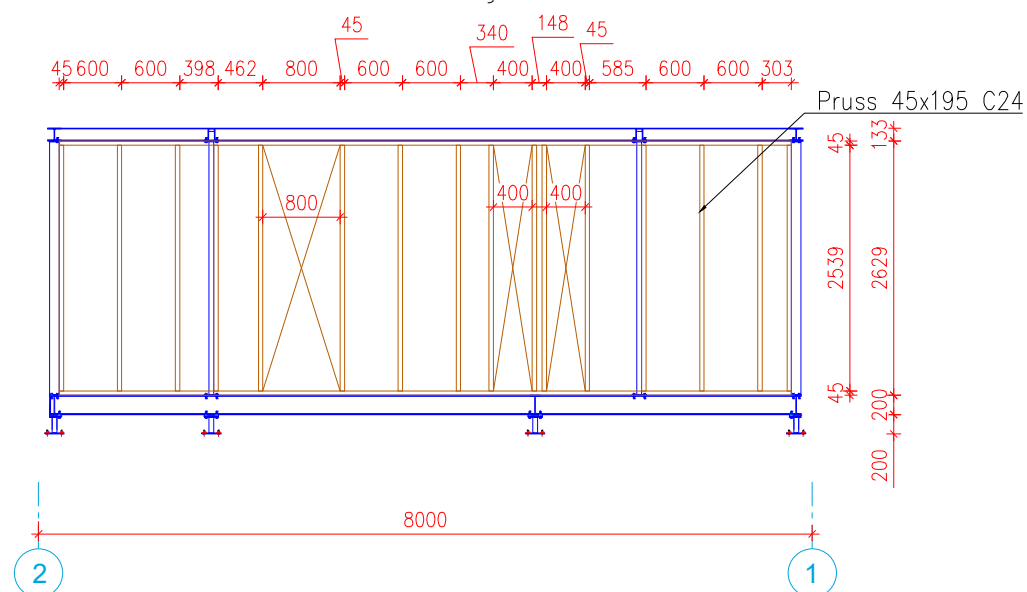
Puitkarkass teljel A



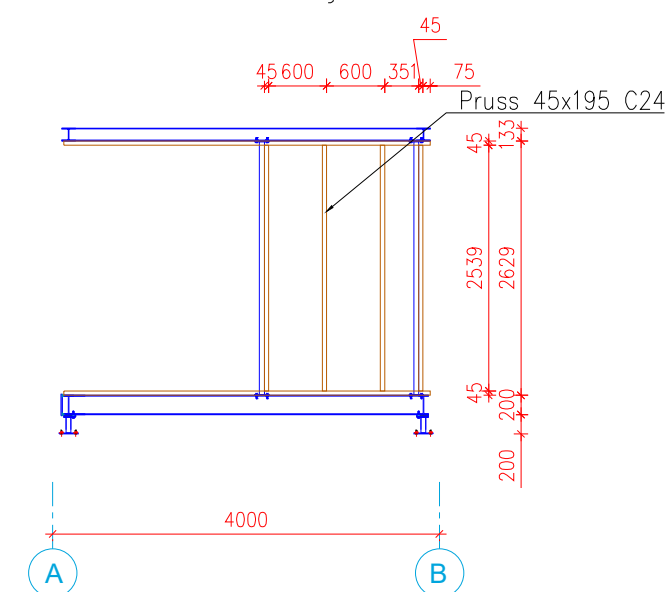
Puitkarkass teljel 1



Puitkarkass teljel B




Puitkarkass teljel 2

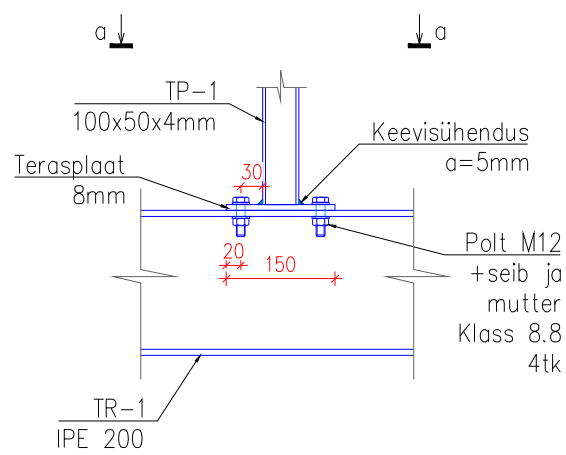


MÄRKUSED:

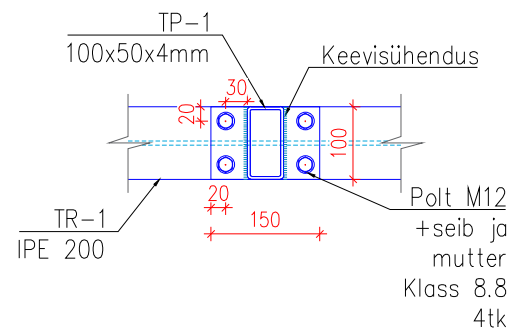
1. KARKASSI MATERJALIKS KASUTADA TUGEVSORTEERITUD KONSTRIKTSIOONIPUITU TUGEVUSEGA C24.
2. ILMASTIKU KÄTTE JÄÄV PUIT PEAB OLEMA SÜGAVIMMUTATUD.
3. PUITMATERJALI KOKKUVÕTE ON TOODUD JOONISEL EK-1.5

 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-1.6</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Seinte puitkarkass</b>	<b>1:75</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>

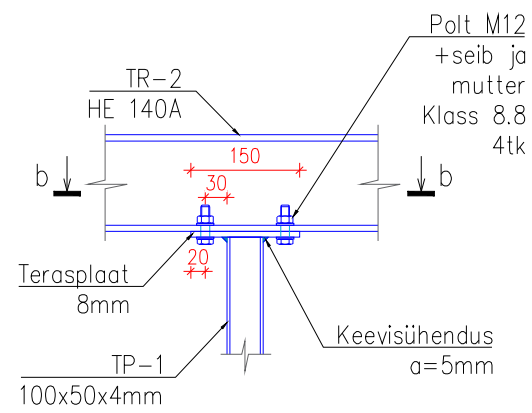
MS-1



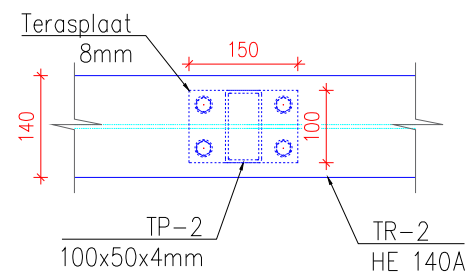
lõige a-a



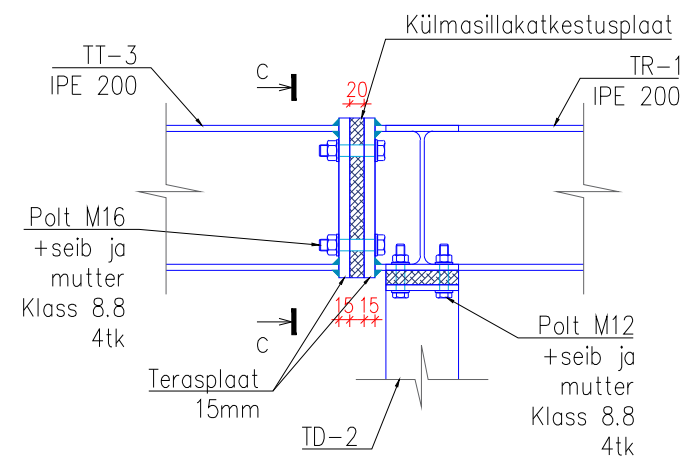
MS-2



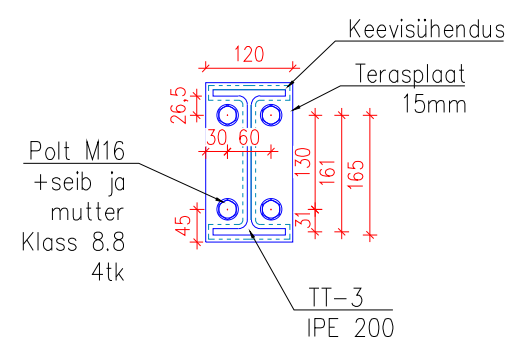
lõige b-b



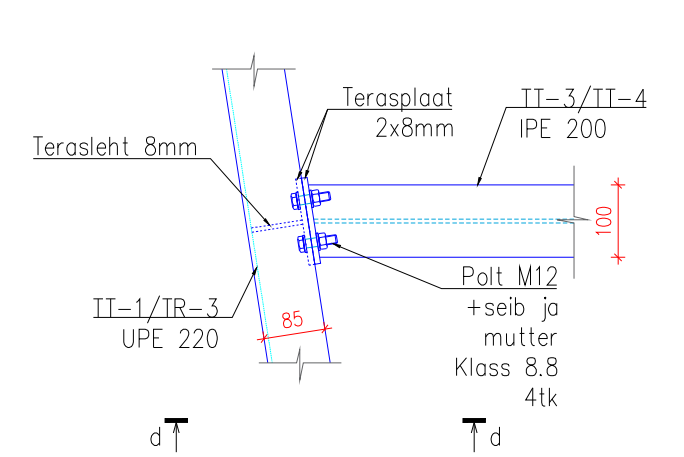
MS-3



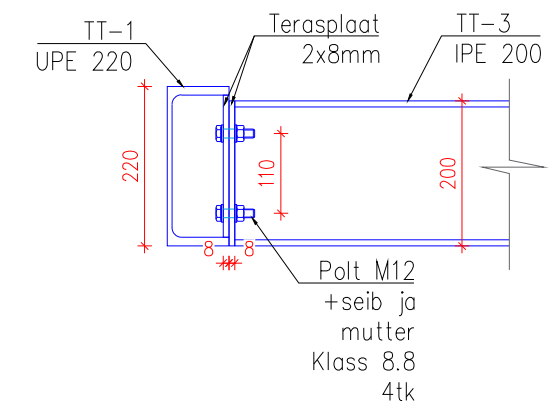
lõige c-c



MS-4




lõige d-d

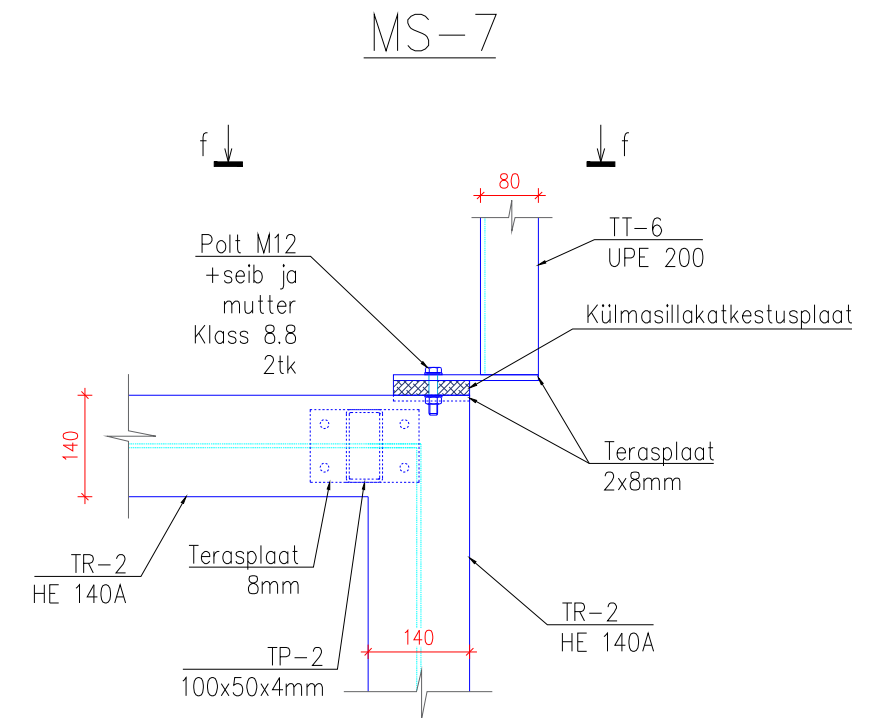
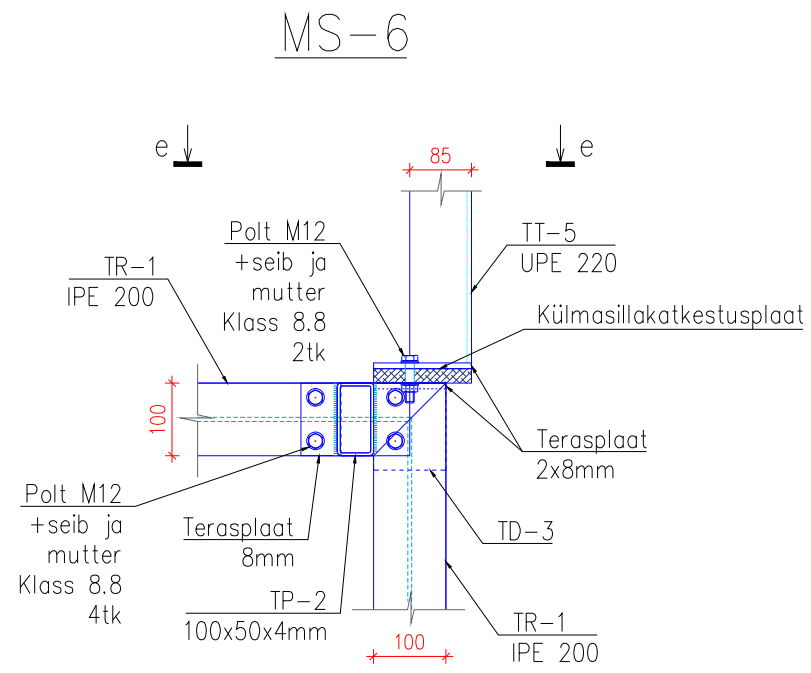
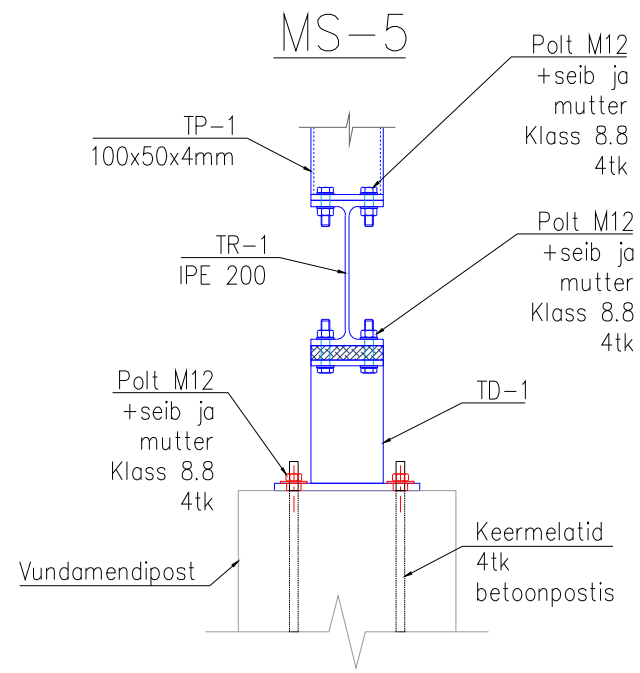


MÄRKUSED:

1. MONTAAŽISÖLME ASUKOHT VT. JOONIS EK-1.3...EK-1.4

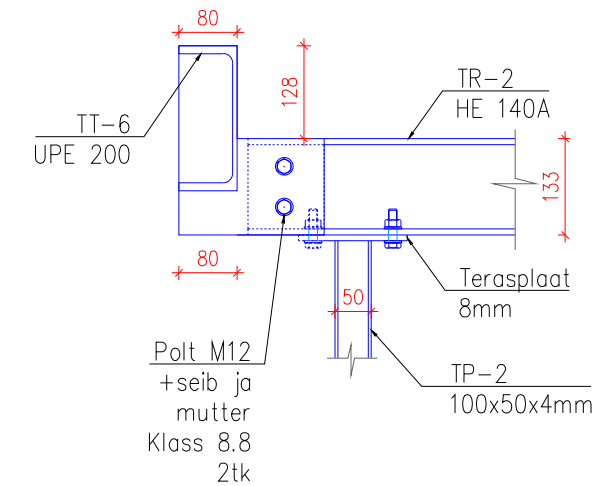
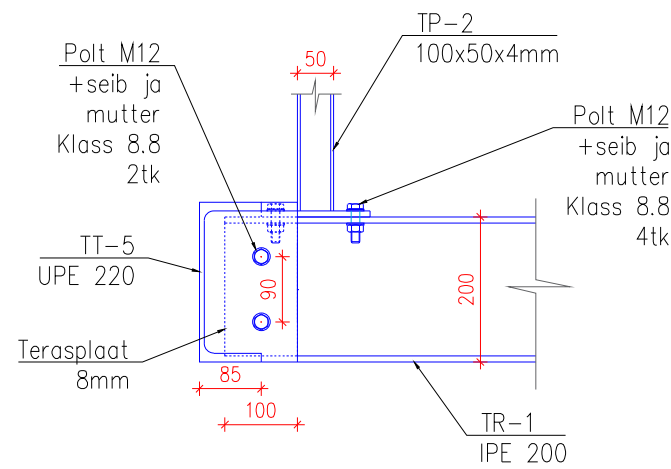
 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-2.1</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Montaažisõlmed 1</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		Teraskarkassil moodulmaja	Kuupäev: 28.05.2020





l ige e-e

l ige f-f

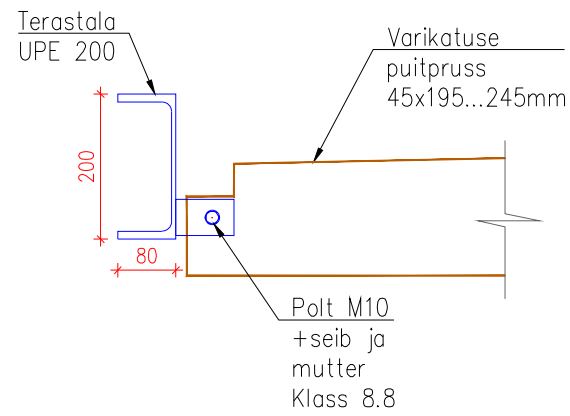


MÄRKUSED:

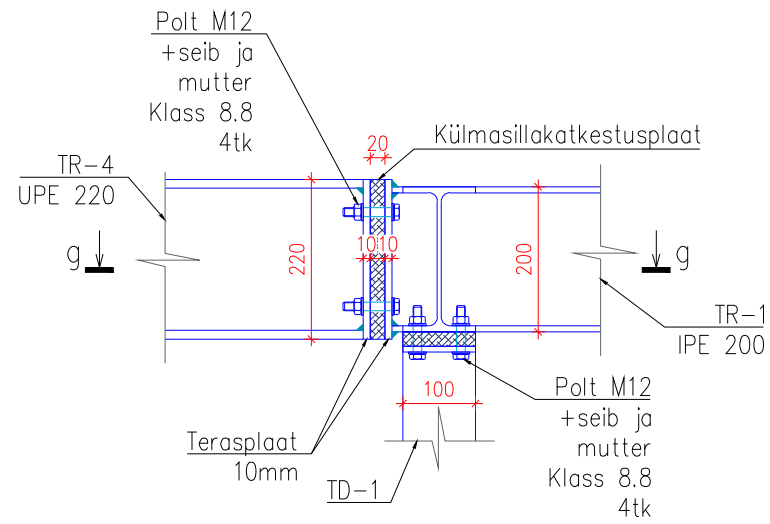
1. MONTAAZIS LME ASUKOHT VT. JOONIS EK-1.3...EK-1.4

<b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistrit�o</b>	Leht: <b>EK-2.2</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	M�otkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Montaazis�lmed 2</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolled�</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuup�ev: <b>28.05.2020</b>

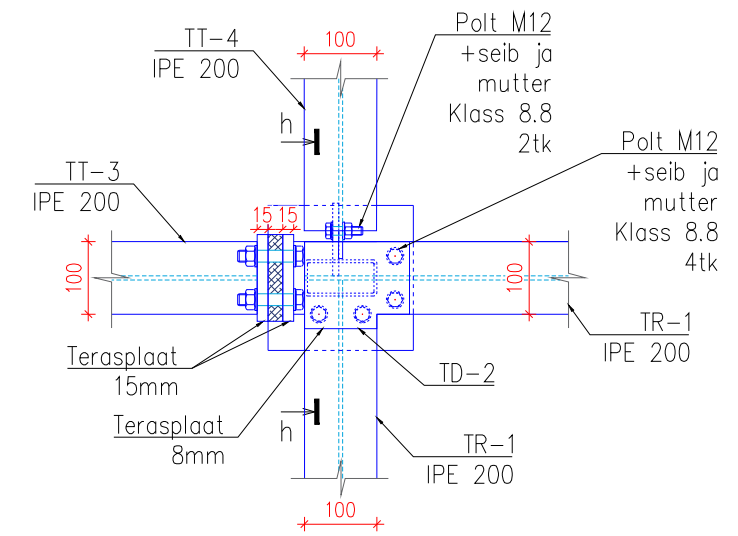
MS-8



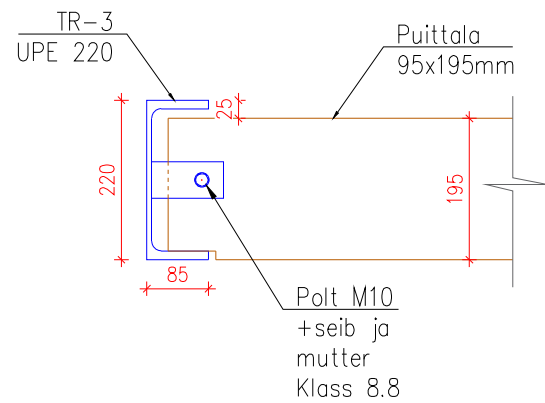
MS-10



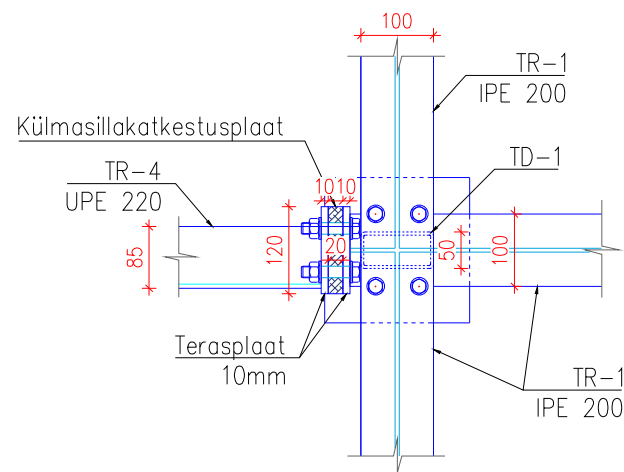
MS-11



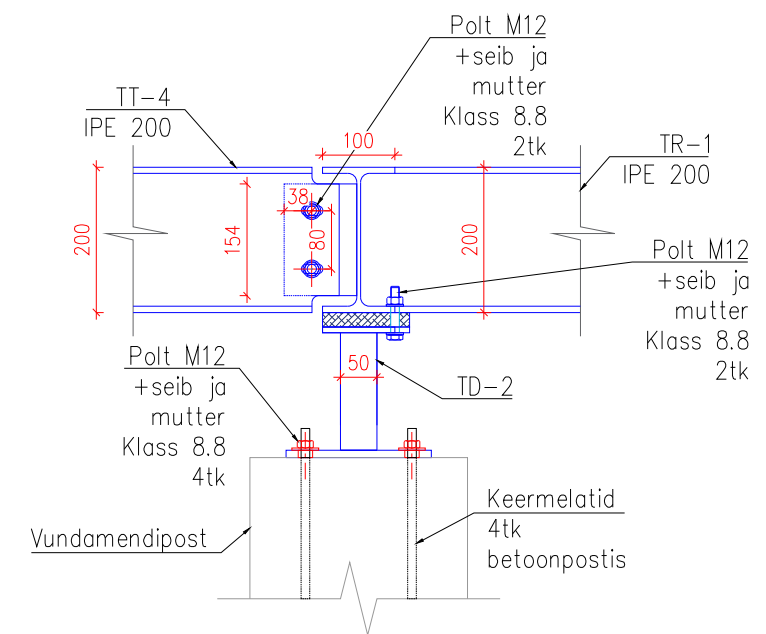
MS-9



l ige g-g




l ige h-h

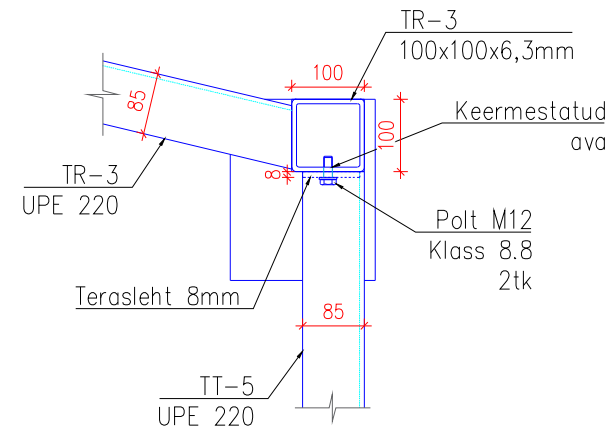


MÄRKUSED:

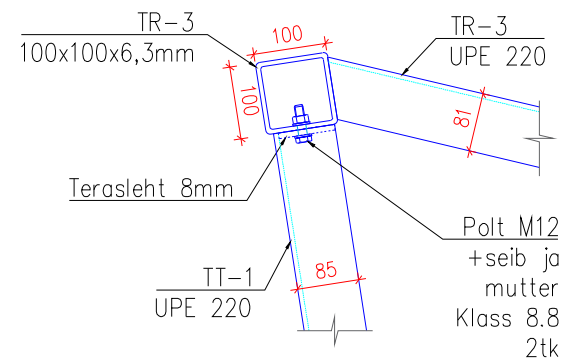
1. MONTAAZIS LME ASUKOHT VT. JOONIS EK-1.3...EK-1.4

 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistrit�o</b>	Leht: <b>EK-2.3</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	M�otkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Montaazis�lmed 3</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolled�</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuup�ev: 28.05.2020

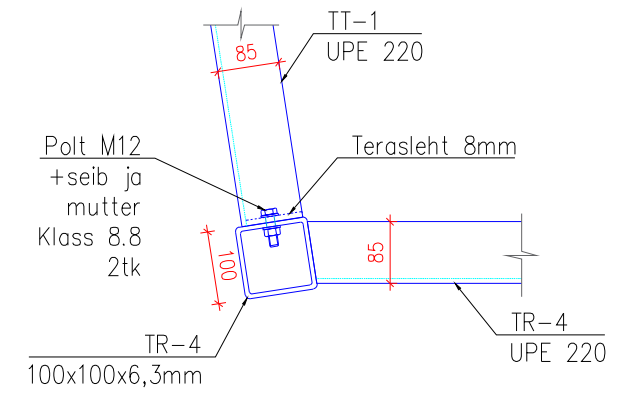
MS-12



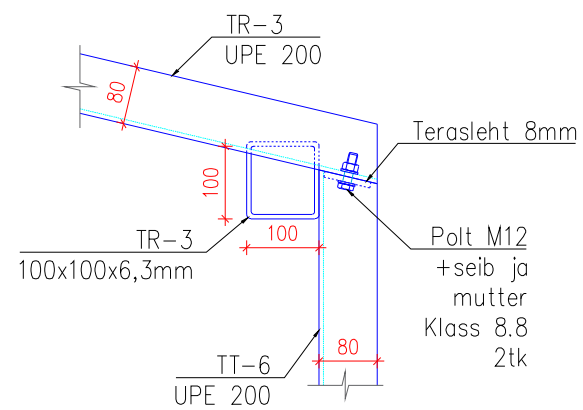
MS-13



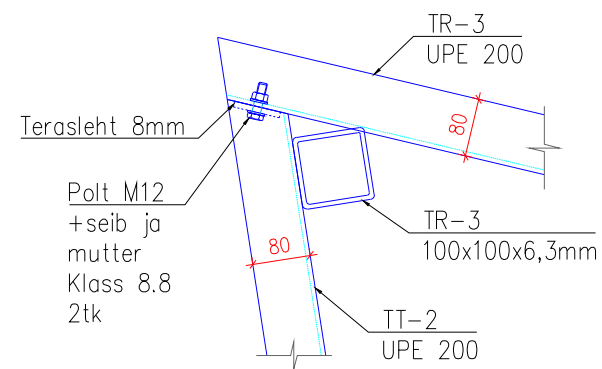
MS-14



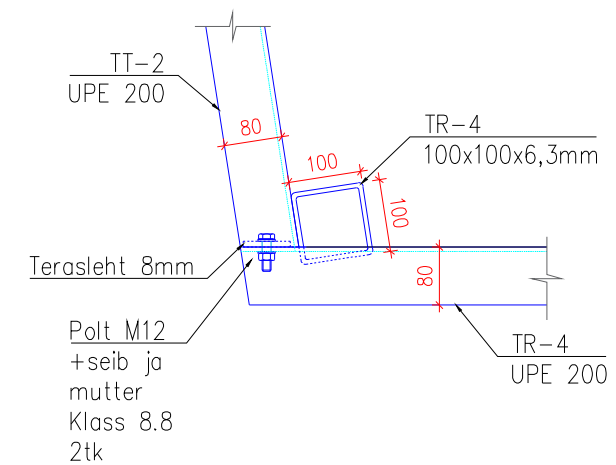
MS-15



MS-16




MS-17

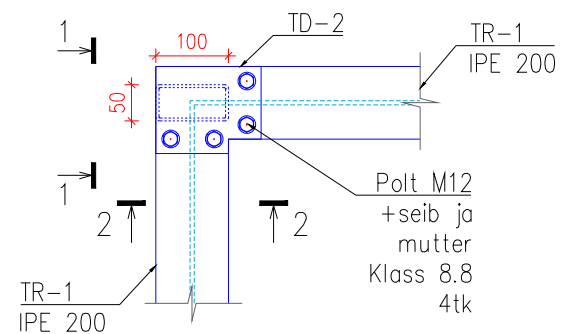


MÄRKUSED:

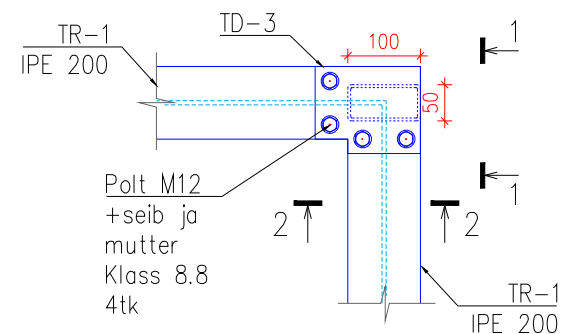
1. MONTAAŽISÖLME ASUKOHT VT. JOONIS EK-1.3...EK-1.4

 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-2.4</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Montaažisõlmed 4</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>

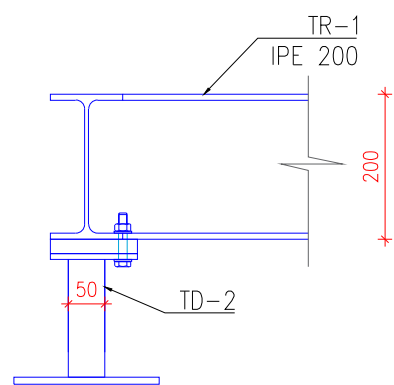
### MS-18



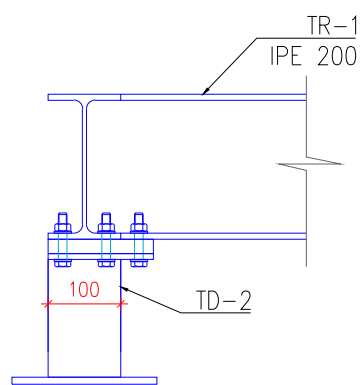
### MS-19



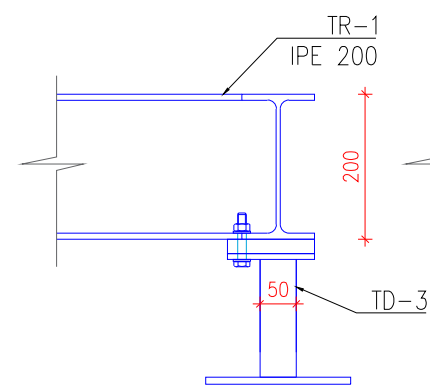
Vaade 1-1



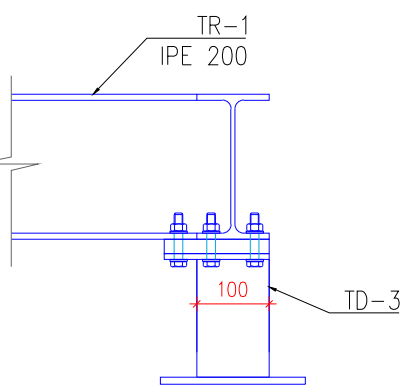
Vaade 2-2



Vaade 1-1




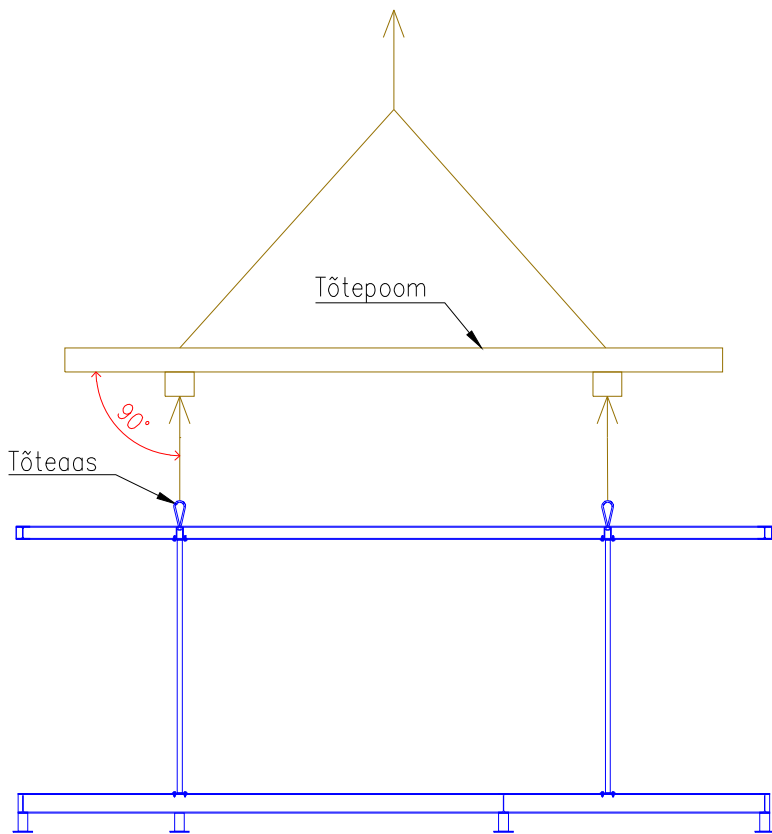
Vaade 2-2



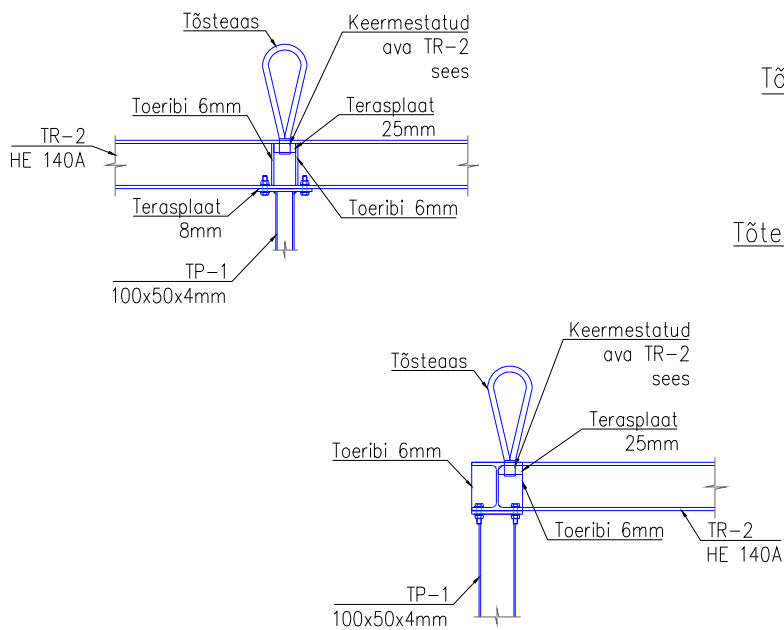
#### MÄRKUSED:

1. MONTAAŽISÕLME ASUKOHT VT. JOONIS EK-1.3...EK-1.4

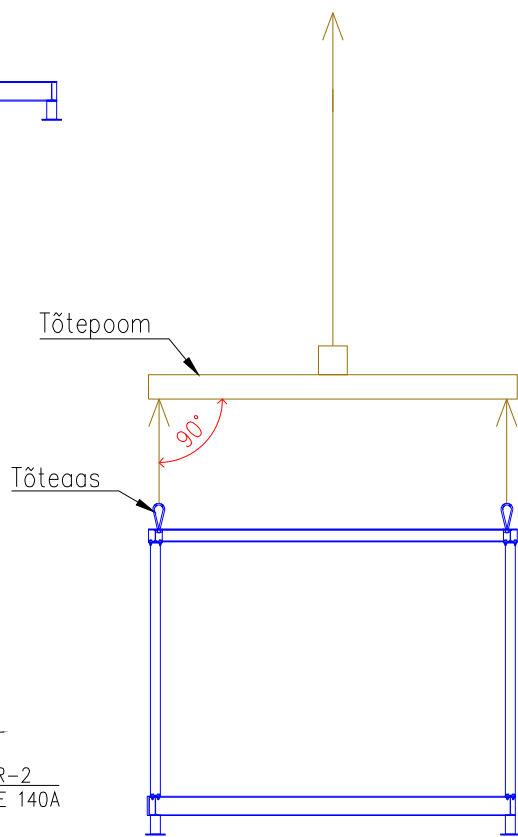
 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-2.5</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Montaažisõlmed 5</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>




vaade 1-2



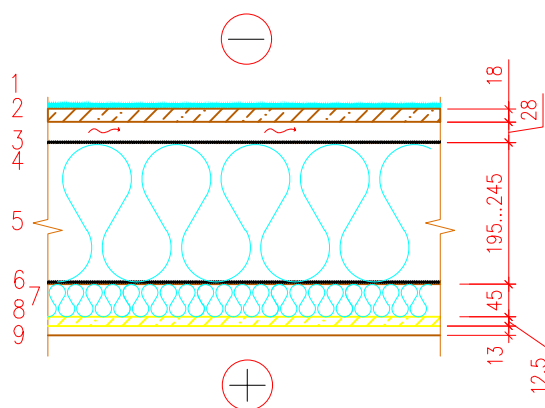
Tõsteaasade kinnitus 1:20



vaade A-B

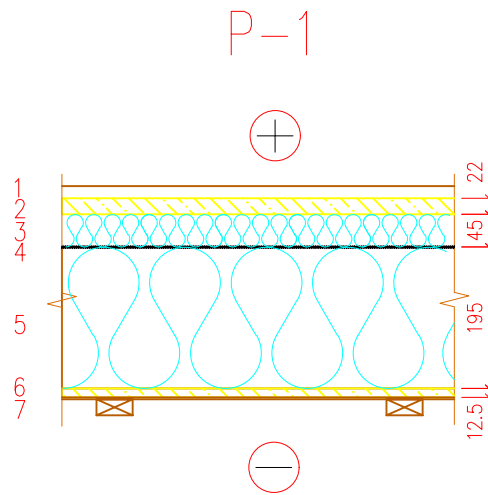
 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-3.1</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise peakiri:	Möötkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Tõstmisskeem</b>	<b>1:75</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>

# KL-1



1	Bituumenrullmaterjal pealiskihit + aluskiht	
2	OSB-3 plaat	18mm
3	Tuulutusroov	28mm
4	Hingav aluskate	0,2mm
5	Terasraam + kaldega puitprussid 45x245mm/ Mineraalvill Isover KL37 245mm	195...245mm
6	Aurutõke (PE-kile)	0,2mm
7	Prussid 45x45mm/ Mineraalvill Isover KL37 50mm	45mm
8	Fermacell kipskiudplaat	12,5mm
9	Siseviimistlus/mineraalkrohv	13mm

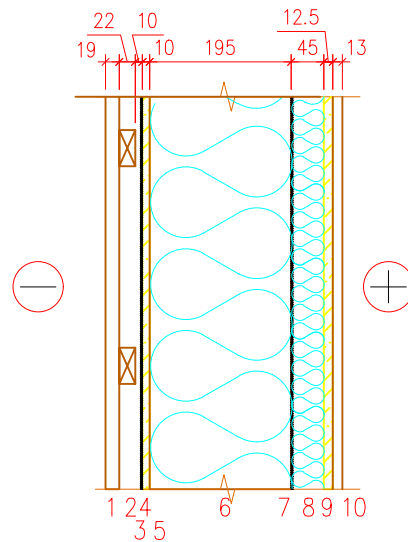
 <b>TalTech INSENERITEADUSKOND</b>		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-4.1</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri: <b>Katuslae tüüplõige          KL-1</b>	Mõõtkava: <b>1:10</b>
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar		
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>



1	Põrandakate aluskattega	17mm
2	OSB-3 plaat	22mm
3	Prussid 45x45mm/ Mineraalvill Isover KL37 50mm	45mm
4	Aurutõke (PE-kile)	0.2mm
5	Terasraam + puittalad 45x195mm/ Mineraalvill Isover KL37 100+100mm	195mm
6	Fermacell kipskiudplaat	12.5mm
7	Närliste võrk+ sügavimmutatud puitliist 22mm	22mm

<b>TAL TECH</b> TalTech INSENERITEADUSKOND		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-4.2</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Põranda tüüplõige P-1</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>

## VS-1



1	Fassaadilaudis	19mm
2	Roov 22x50mm	22mm
3	Tuulutusliist	10mm
4	Hingav aluskate UV kindel	
5	OSB-3 plaat	10mm
6	Terasraam + puitprussid 45x195mm/ Mineraalvill Isover KL37 100+100mm	195mm
7	Aurutõke (PE kile)	0,2mm
8	Prussid 45x45mm/ Mineraalvill Isover KL37 50mm	45mm
9	Fermacell kipskiudplaat	12,5mm
10	Siseviimistlus/mineraalkrohv	13mm

<b>TAL TECH</b> TalTech INSENERITEADUSKOND		<b>Magistritöö</b>	Leht: <b>EK-4.3</b>
Teostas:	Maare Kriisa	Joonise pealkiri:	Mõõtkava:
Kontrollis:	Aarne Nirk, Lehar Leetsaar	<b>Välisseina tüüplõige VS-1</b>	<b>1:10</b>
<b>Tartu kolledž</b>		<b>Teraskarkassil moodulmaja</b>	Kuupäev: <b>28.05.2020</b>