

TARTU  
KOLLEDŽ



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Säästva tehnoloogia õppetool

# TERASKONSTRUKTSIOONIDEST VAHELAE PROJEKTEERIMINE

STEEL STRUCTURE FLOOR DESIGN

Magistritöö

ehitiste restaureerimise erialal

Üliõpilane: Indrek Sikk \_\_\_\_\_

Juhendaja: Lauri Reinart \_\_\_\_\_

Tartu, 2014

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.  
Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite  
tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt  
pärinevad andmed on viidatud.

..... (töö autori allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood:105312EAEI

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: ..... (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: ..... (allkiri)

## **ABSTRACT**

Sikk, I. Steelstructure floor design. Tartu, 2014. Master's thesis, one volume: 50 pages, 7 illustrations, 14 tables, format A4, in estonian; appendix: 23 blueprints.

The purpose of this paper is to provide potential solutions for building anadditional floor made of steel structures. There are five possible solutions of floor calculated, presented and compared in this thesis. This thesis has 7 chapters where the main part consists of structural calculations and in appendix blueprints. All the calculations are based on the Estonian verisons of European standards.

Keywords: structural calculation, structural solution, load bearing structures, floor.

## SISUKORD

ABSTRACT .....	3
TÄHISED JA LÜHENDID .....	7
SISSEJUHATUS .....	8
1 ÜLDIST .....	10
1.1 Hoonekompleksi tutvustus.....	10
1.2 Olemasolevate konstruktsioonide kirjeldus .....	10
1.3 Rajatavate konstruktsioonide kirjeldus .....	11
1.3.1 Kandekonstruktsioonid .....	11
1.3.2 Postid .....	12
1.3.3 Konstruktsiooni jäigastus .....	12
1.4 Tellija poolsed soovid ja piirangud vahelae konstruktiivsele lahendusele ning ehitamise protsessile .....	12
2 VAHELAE LÕIKED JA KOORMUSED.....	13
2.1 Alaliskoormused .....	13
2.2 Muutuvkoormused .....	13
3 Talade arvutus.....	14
3.1 Konstruktsioonide kirjeldus .....	14
3.2 Geomeetria ja abisuurused .....	14
3.2.1 Geomeetria.....	14
3.2.2 Abisuurused .....	14
3.3 Koormused ja sisejõud .....	15
3.3.1 Normatiivsed koormused.....	15
3.3.2 Sisejõud kandepiirseisundis.....	15
3.4 Staatika.....	15
3.5 Tala dimensioneerimine.....	16
3.5.1 Profiili andmed .....	16
3.5.2 Läbipainde kontroll kasutuspiirseisundis .....	17
3.5.3 Ristlõikeklassi määramine .....	17
3.5.4 Painutatud varda ristlõike kandevõime.....	17
3.5.5 Ristlõike põikjõukandevõime .....	18
3.5.6 Tala seina nihkestabiilsuse kontroll.....	18
3.6 Talade mahtude võrdlus.....	19
4 FERMIDE ARVUTUS.....	21
4.1 Arvutuste juhised ja konstruktsioonide kirjeldus.....	21

4.2	Geomeetria ja abisuurused .....	21
4.2.1	Geomeetria.....	21
4.2.2	Abisuurused .....	21
4.3	Koormused.....	22
4.4	Staatika.....	22
4.5	Fermi surutud ja painutatud vöö dimensioneerimine (varras 1).....	23
4.5.1	Profiili andmed .....	24
4.5.2	Ristlõikeklassi määramine.....	24
4.5.3	Survekandevõime kontroll.....	24
4.5.4	Paindekandevõime kontroll .....	25
4.5.5	Stabiilsuskontroll.....	25
4.5.6	Põikjõukandevõime kontroll .....	26
4.6	Tõmmatud vardad .....	27
4.6.1	Varda 2 dimensioneerimine.....	27
4.7	Fermi surutud varraste dimensioneerimine (varras 3) .....	27
4.7.1	Profiili andmed .....	27
4.7.2	Ristlõikeklassi määramine.....	28
4.7.3	Varda nõtkekandevõime leidmine.....	28
4.8	Fermi sõlmede tugevuskontroll .....	29
4.8.1	Sõlme 1 tugevuskontroll.....	29
4.8.2	Sõlme 2 tugevuskontroll.....	35
4.9	Fermide mahtude võrdlus .....	38
5	POSTIDE ARVUTUS.....	40
5.1	Arvutuste juhised ja konstruktsioonide kirjeldus.....	40
5.2	Geomeetria ja abisuurused.....	40
5.2.1	Geomeetria.....	40
5.2.2	Abisuurused .....	40
5.3	Koormused ja sisejõud.....	40
5.4	Staatika.....	41
5.5	Posti dimensioneerimine .....	42
5.5.1	Profiili andmed .....	42
5.5.2	Ristlõikeklassi määramine.....	42
5.5.3	Nõtkekandevõime leidmine.....	43
5.6	Postide mahtude võrdlus .....	44
6	TULEMUSTE ANALÜÜS JA JÄRELDUSED.....	46
6.1	Vahelae projekteeritud variantide iseloomustus .....	46
6.2	Vahelae erinevate variantide mahtude võrdlus .....	46

7	GRAAFILISE OSA KIRJELDUS .....	48
	KOKKUVÕTE .....	49
	KASUTATUD KIRJANDUS .....	50
	LISAD .....	51

## TÄHISED JA LÜHENDID

- jõud kN
- mass kg
- moment kNml
- pinge, rõhk, tugevus, jäikus kPa, MPa
- tugevused  $f_y$ ;  $(f_{yd})$ ;  $f_u$ ;  $(f_{ud})$
- sisejõud, kandevõime N; M; V;  $N_{Ed}$ ;  $N_{Rd}$ ; jne
- koormused  $g_k$ ;  $g_d$ ;  $q_k$ ;  $q_d$ ; G; Q; jne
- elastsusmoodul E
- osavarutegurid  $\gamma_G$ ;  $\gamma_Q$ ;  $\gamma_M$ ;
- Indeks E viitab koormustest tingitud suurustele (nt sisejõud).
- Indeks d (design) viitab arvutussuurusele, mis saadakse enamasti normatiivväärtuste jagamisel vastava osavaruteguriga.
- Indeks R (resistance) viitab kandevõimele, näiteks  $V_{Rd}$  on arvutuslik põikjõu kandevõime.
- Indeks b (buckling) viitab stabiilsusele.
- Indeks G viitab alaliskoormusele.
- Indeks Q viitab muutuvkoormusele.

## SISSEJUHATUS

Käesoleva töö eesmärgiks on:

- hoonesse lisapinna saamiseks parima lahenduse leidmine;
- parimale lahendusele põhiprojektile vastavate jooniste tegemine.

Eesmärgi saavutamiseks püstitatakse töös järgnevad ülesanded:

- valitakse erinevad võimalikud vahelae lahendused, mida omavahel võrreldakse;
- viiakse läbi kõigi lahenduste kontrollarvutused;
- võrreldakse erinevatele vahelae variantidele kuluva materjali mahtu;
- koos tellijaga valitakse välja sobivaim lahendus;
- tehakse vajalikud joonised.

Hoone koosneb kahest ühekorruselisest hooneosast, milledest lõunapoolsesse projekteeritakse vahelagi. Projekti tellija on töös käsitletava laopinna rendilevõtja ning tema eesmärgiks on uurida hoonesse täiendava kasuliku pinna rajamise võimalusi. Tellija poolt seatud tingimuste kohaselt peab vahelae alla jääv puhaskõrgus olema minimaalselt 2,7 meetrit ning vahelae ja raudbetoonist katusefermi vaheline puhaskõrgus soovituslikult 2,5 meetrit. Projekteeritav vahelagi peab vastama laopindadele nõutava kasuskoormusega. Samuti on tellija seadnud projekteeritavale pinnale olulisuse järjekorras järgmised nõuded.

Tellija peab väga oluliseks:

- olemasoleva kasutatava pinna vähenemine võib olla minimaalne;
- ehituse käik häirigu põhitegevust minimaalselt.

Tellijale on oluline:

- olemasoleva pinna kasutatavus (nt. täiendavad postid, vaheseinad) ei tohi halveneda.
- saadava pinna maksumus;
- saadava pinna organiseeritus.

Neid nõudeid on arvestatud lahenduste valikul.

Projekti koostamise aluseks on tellija soovid, kohapeal tehtud mõõtmised ja Eesti Vabariigi kehtivad standardid. Vahelagi projekteeritakse tootmis- ja laohoonesse.

Töö esimeses osas kirjeldatakse antud laohoonet ning selgitatakse vahelae konstruktiivset lahendust. Samuti kirjeldatakse vahelae jäikuse tagamist.

Töö teises osas on leitud vahelaele mõjuvad koormused, mille alusel on tehtud kandekonstruktsioonide dimensioneerimine ning tugevuskontrollid.



Töö kolmandas osas on dimensioneeritud vahelage kandvad terastalad ning viidud läbi vajalikud tugevuskontrollid.

Töö neljandas osas on dimensioneeritud vahelage kandvad fermid ning viidud läbi vajalikud tugevuskontrollid.

Töö viiendas osas dimensioneeritud vahelage kandvad postid.

Töö kuuendas osas on saadud tulemuste analüüs ja järeldused. Koostöös tellijaga on valitud sobiv vahelae lahendus.

Staatika arvutuste tegemiseks on kasutatud programmi Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 ning MathCad 14. Programmist saadud sisejõudude epüürid ja nende väärtused on esitatud vastavatel joonistel. Jooniste tegemiseks on kasutatud programmi Autocad Architecture 2012.

Magistritöö koostaja tänab juhendaja Lauri Reinart'it abi ja nõuannete eest käesoleva töö koostamisel.

# 1 ÜLDIST

## 1.1 Hoonekompleksi tutvustus

Töös käsitletav hoone asub Tartus Ropka tööstusrajoonis aadressil Sepa 15e. Hoone koosneb kahest ühekorruselisest hooneosast, millede fassaad ja katus on eelnevalt renoveeritud. Samuti on algsed avatäited asendatud tänapäevastega ning paigaldatud tänapäevane elektrisüsteem. Laohall asub tänavast eemal kvartali sees, tema kõrval asuvad teised lao- ja tootmishooned.

Projekti tellija on töös käsitletava laopinna rendilevõtja. Tellija eesmärgiks on uurida hoonesse täiendava kasuliku pinna rajamise võimalusi. Kuna tegemist on rendipinnaga, siis on tellija sooviks vahelagi, mis ei muudaks praegusi kandekonstruktsioone ning oleks vajadusel kergesti demonteeritav.

Projekt käsitleb Sepa 15e lõunapoolset hooneosa. Hooneossa telgede C1, F1, 5 ja 7 vahelisele pinnale (vt lisa 1, joonis 1) projekteeritakse uus vahelagi.

Olemasolev betoonpõrand on kulunud ja kohati kehvas seisus (niiskus- ja õlikahjustused) ning vajab remonti või uuega asendamist. Uue põranda rajamine on rendileandja ülesanne ja selle projekteerimisel saab vajadusel arvesse võtta käesolevas töös projekteeritava vahelae poolt lisanduvaid koormusi. Eelnevat arvesse võttes on vahelagi projekteeritud omaette postidele ning käesolevas töös ei ole käsitletud postide vundamente. Olemasoleva hoonega seotakse vahelagi ainult horisontaalsuunalise jäikuse tagamiseks. Vahelae rajamiseks tuleb eemaldada olemasolevad kraanatalad. Vahelaele pääsemine on lahendatav kas olemasoleva metalltrepi pikendamise või vahelaele statsionaarsete redelite ehitamise kaudu. Selle otsustab tellija ning käesolevas projektis käsitlemist ei leia.

## 1.2 Olemasolevate konstruktsioonide kirjeldus

Laohoone kandekonstruktsioonid on rajatud monteeritavatest raudbetonelementidest ning toetatud kannvundamendile.

- Postide samm on 6x12 meetrit. Postidele toetub monteeritav raudbetoonist katus, mis on kaetud rullmaterjaliga. Samuti toetuvad postidele raudbetoonist kraanatalad.
- Välisseinad on nii betoonist suurpaneelidest kui väikeplokkidest ning kaetud profileeritud plekiga.
- Põrand on raudbetoonpõrand.

### 1.3 Rajatavate konstruktsioonide kirjeldus

Vahelagi on projekteeritud eraldiseisvana ja nii, et seda oleks võimalik rajada etappide kaupa. Iga etapp hõlmab olemasoleva hoone ühte raudbetoonpostide vahelist ristküliku kujulist ala mõõtmetega 6x12 meetrit. Projekteeritav konstruktsioon koosneb üksikutest tasapinnalistest kandjatest, mis on ühtseks tervikuks seotud. Horisontaalsuunalise jäikuse tagamiseks seotakse põrandat kandvad elemendid olemasolevate betoonpostidega.

Vahelae projekteerimisel on võrreldud viit erinevat kandekonstruktsioonide lahendust.

- Esimese lahenduse (vt lisa 1, joonis 5) puhul on raudbetoonpostide vaheline ala jagatud üheks lööviks ning põrandast tulev koormus võetak vastu HEA profiilist 11,4 meetriste sildeavadega terastaladega.
- Teise lahenduse (vt lisa 1, joonis 8) puhul on raudbetoonpostide vaheline ala jagatud üheks lööviks ning põrandast tulev koormus võetak vastu nelikanttorudest valmistatud 11,4 meetriste sildeavadega fermidega.
- Kolmanda lahenduse (vt lisa 1, joonis 16) puhul on raudbetoonpostide vaheline ala jagatud kaheks lööviks ning põrandast tulev koormus võetak vastu nelikanttorudest valmistatud 5,7 meetriste sildeavadega fermidega.
- Neljanda lahenduse (vt lisa 1, joonis 19) puhul on raudbetoonpostide vaheline ala jagatud kaheks lööviks ning põrandast tulev koormus võetak vastu HEA profiilist 5,7 meetriste sildeavadega lihttaladega.
- Viienda lahenduse (vt lisa 1, joonis 22) puhul on raudbetoonpostide vaheline ala jagatud kaheks lööviks ning põrandast tulev koormus võetak vastu HEA profiilist 5,7 meetriste sildeavadega jätkuvtaladega.

#### 1.3.1 Kandekonstruktsioonid

Põrandaks on metallist pressrest PL kanderibide sammuga 34,3 mm, paksusega 3 mm ning kõrgusega 35 mm (Metal Disain, 2014) või kandevõime seisukohalt samaväärne või parem ja omakaalu seisukohalt samaväärne või kergem analoog. Metallrest on kinnitatud otse kandeelementide peale. Kinnitusviis valitakse vastavalt konkreetse restitootja nõuetele.

Põrandat kandvad talad ja fermid ühendatakse peataladega keevisliite abil. Peatalad ühendatakse postidega teraslehtede abil poltliitega. Põrandat kandvad talad ja fermid ühendatakse vahelae horisontaalstabiilsuse tagamiseks olemasolevate raudbetoonpostidega kasutades abidetaili. Peatalade ühendus nelikanttorust postidega on näidatud montaažisõlmede joonistel ning neid käesolevas töös ei dimensioneerita. Kõigi töös

käsitletavate vahelae variantide puhul kasutatakse kandekonstruktsioonis terast klassiga S355J2H.

### **1.3.2 Postid**

Vahelage kannavad ruutristlõikega toruprofiilist teraspostid (S355J2H), millede ristlõige dimensioneeritakse vastavalt mõjuvatele koormustele. Postid kinnitatakse põrandale teraslehtede abil ning nende kaitseks tuleb paigaldada turvatõkked. Postide kaitseks paigaldatavad turvatõkked tuleb tellida sertifitseeritud paigaldajalt, antud töös seda ei käsitleta.

### **1.3.3 Konstruktsiooni jäigastus**

Põrandaks olev metallrest töötab diafragmana ning jäigastab kandvad talad ja fermid. Horisontaalsuunalise jäikuse tagamiseks ühendatakse vahelagi montaažisõlmedes näidatud lahendusega olemasolevate raudbetoonpostidega.

## **1.4 Tellija poolsed soovid ja piirangud vahelae konstruktiivsele lahendusele ning ehitamise protsessile**

Tellija poolt seatud tingimuste kohaselt peab vahelae alla jääv puhaskõrgus olema minimaalselt 2,7 meetrit ning vahelae ja raudbetoonist katusefermi vaheline puhaskõrgus soovituslikult 2,5 meetrit. Projekteeritav vahelagi peab vastama laopindadele nõutava kasuskoormusega. Samuti on tellija seadnud projekteeritavale pinnale olulisuse järjekorras järgmised nõuded.

Väga oluline:

- olemasoleva kasutatava pinna vähenemine olgu minimaalne;
- ehituse käik häirigu põhitegevust minimaalselt.

Oluline:

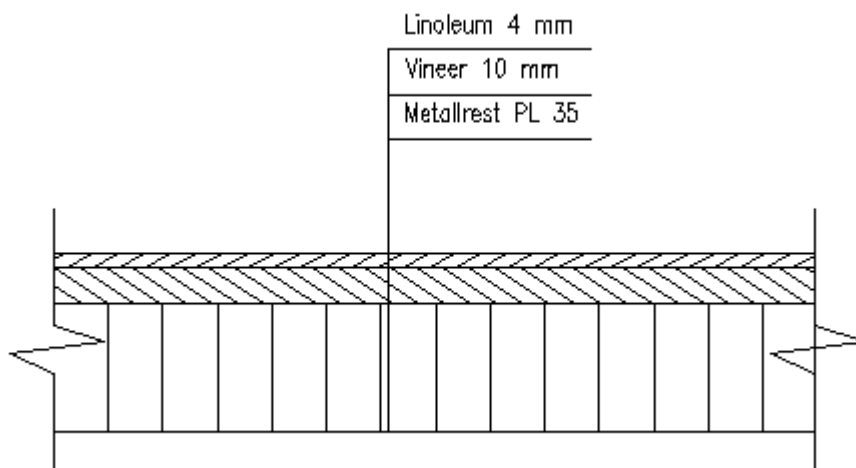
- olemasoleva pinna kasutatavus (nt täiendavad postid, vaheseinad) ei tohi halveneda;
- saadava pinna maksumus;
- saadava pinna organiseeritus.

Neid nõudeid on arvestatud lahenduste valikul.

## 2 VAHELAE LÕIKED JA KOORMUSED

### 2.1 Alaliskoormused

Alaliskoormuse osavarutegur kandepiir seisundis vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 8.2 on  $\gamma_G = 1,20$ .



**Joonis 2.1.** Põranda ristlõige.

**Tabel 2.1.** Vahelae põranda materjalid vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 8.5.

Nr.	Materjal	Paksus mm	Mahukaal $\text{kN/m}^3$	Koormus $\text{kN/m}^2$
1	PVC/Linoleum	4	15	0,06
2	Vineer/OSB	10	6,5	0.07
3	Keevisrest	35		0,308
				$g_k=0,44$

Valin põrandast tulenevaks alaliskoormuseks  $g_k=0,5 \text{ kN/m}^2$ .

### 2.2 Muutuvkoormused

Vahelagi liigitub klassi E1 (laoruumi põrand). Vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 8.2 on laoruumide normatiivne kasuskoormus  $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$ .

### 3 Talade arvutus

Talade arvutusejuhised on toodud standardis EVS-EN 1993-1-1. Talade dimensioneerimise ja tugevuskontrolli näitena on toodud vahelaehenduses 1 (vt lisa 1, joonis 5) kasutatava tala T-1-2 arvutus. Kõigi teiste talade arvutus on teostatud analoogselt. Kõikide talade andmed on toodud tabelites 3.1 kuni 3.5.

#### 3.1 Konstruksioonide kirjeldus

Vahelaekonstruksioonis kasutatakse teljega E1 paralleelseid HEA profiiliga terastalaid (T-1-2). Talade samm on 1,4 meetrit ning sildeava 11,4 meetrit. Antud talad toetuvad otstest HEA profiiliga peataladele ning töötavad lihttalana.

#### 3.2 Geomeetria ja abisuurused

##### 3.2.1 Geomeetria

Tala samm S: 1,4 m

Tala pikkus L: 11,4 m

##### 3.2.2 Abisuurused

Voolavuspiir  $f_y = 355 \text{ MPa}$

Elastsusmoodul  $E = 210000 \text{ MPa}$

Alaliskoormuste kandepiiriseisundi osavarutegur  $\gamma_G = 1,20$

Muutuvkoormuste kandepiiriseisundi osavarutegur  $\gamma_Q = 1,50$

Kombinatsioonitegur  $\psi_1 = 1,0$

Tegurid  $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,0$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{255}{f_y}} = \sqrt{\frac{255}{355}} \approx 0,81$$

$$\eta = 1,0 \leftarrow (f_u \geq 460 \frac{N}{mm^2})$$

### 3.3 Koormused ja sisejõud

#### 3.3.1 Normatiivsed koormused

Normatiivne kasuskoormus:  $q_k = q_k \cdot S = 7,5 \cdot 1,4 = 10,5 \frac{kN}{m}$ .

Normatiivne alaliskoormus:  $g_k = g_k \cdot S = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \frac{kN}{m}$ .

Lähendusarvutuses on eeldatud dimensioneeritavaks talaks HEA360. Profiili HEA360 omakaaluks on  $G = 1,12 \frac{kN}{m}$  (Ehituskonstruktori käsiraamat, 2010, tabel 12.5).

Koormus kandepiirseisundis:

$$q_d = (g_k + G) \cdot \gamma_G + q_k \cdot \gamma_Q = (0,7 + 1,12) \cdot 1,2 + 10,5 \cdot 1,5 = 17,9 \frac{kN}{m}$$

Koormus kasutuspiirseisundis:

$$q_{ser} = (g_k + G) + \psi_1 \cdot q_k = (0,7 + 1,12) + 1,0 \cdot 10,5 = 12,3 \frac{kN}{m}$$

#### 3.3.2 Sisejõud kandepiirseisundis

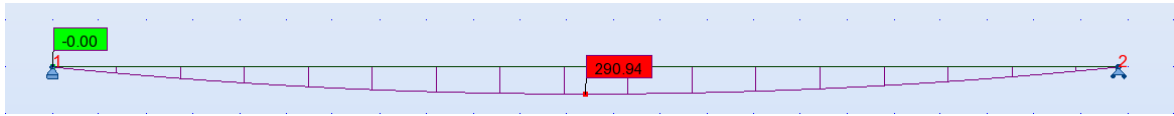
Arvutuslik paindemoment:  $M_{Ed} = \frac{q_d \cdot L_1^2}{8} = \frac{17,9 \cdot 11,4^2}{8} = 291,4 kNm$ .

Arvutuslik põikjõud:  $V_{Ed} = \frac{q_d \cdot L_1}{2} = \frac{17,9 \cdot 11,4}{2} = 102,3 kN$ .

### 3.4 Staatika

Talale mõjub kandepiirseisundis ühtlaselt jaotatud koormus  $q_d = 17,9$  kN/m. Fermi staatika arvutusteks on kasutatud Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 programmi. Programmiga saadud tulemused on tala tugevusarvutuste aluseks. Staatika arvutuste tulemused on toodud joonisel 3.1.

### PAINDEMOMENDI EPÜÜR (kNm)



### PÕIKJÕU EPÜÜR (kN)



**Joonis 3.1.** Tala T-1-1 paindemomendi ja põikjõu epüürid kandepiirsesundis.

## 3.5 Tala dimensioneerimine

### 3.5.1 Profiili andmed

Eeldimensioneerimise käigus on valitud profiiliks HEA360.

Ristlõike omakaal  $G = 112 \frac{kg}{m} = 1,12 \frac{kN}{m}$

Inertsimoment  $I_y = 33090 \text{ cm}^4$

Plastne vastupanumoment  $W_{ply} = 2088 \text{ cm}^3$ .

Seina kõrgus  $d = h_w = c_1 = 261 \text{ mm}$ .

Ristlõike laius  $b = 300 \text{ mm}$ .

Seina paksus  $t_w = 10,0 \text{ mm}$ .

Vöö paksus  $t_f = 17,5 \text{ mm}$ .

Raadius  $r = 27 \text{ mm}$ .

Ristlõike pindala  $A = 143 \text{ cm}^2$ .



### 3.5.2 Läbipainde kontroll kasutuspiiriseisundis

Täidetud peab olema tingimus:  $\delta_{\max} \leq \delta_{\text{lub}}$ , kus:

$\delta_{\max}$  – elemendi maksimaalne läbipaine;

$\delta_{\text{lub}}$  – maksimaalne lubatud läbipaine.

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{\text{ser}} \cdot L^4}{EI_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{12,3 \cdot 10^3 \cdot 11,4^4}{210 \cdot 10^9 \cdot 33090 \cdot 10^{-8}} = 0,039m.$$

$$\delta_{\text{lub}} = \frac{L}{250} = \frac{11,4}{250} = 0,046m.$$

Kuna  $\delta_{\max} > \delta_{\text{lub}}$ , siis tala läbipaine jääb lubatud piiridesse.

### 3.5.3 Ristlõikeklassi määramine

$$\varepsilon = 0,81$$

Painutatud sein

$$c = d = 261 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{261}{10,0} = 26,1 < 72\varepsilon = 58,32 \quad \text{RK1}$$

Surutud vöö

$$c = \frac{b - t_w - 2r}{2} = \frac{300 - 10,0 - 2 \cdot 27}{2} = 118mm$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{118}{17,5} = 6,74 < 9\varepsilon = 7,29 \quad \text{RK1}$$

Antud profiili ristlõikeklass on 1.

### 3.5.4 Painutatud varda ristlõike kandevõime

Täidetud peab olema tingimus:  $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$ , kus:

$M_{Ed}$  = ristlõikele mõjuv arvutuslik paindemoment;

$M_{c,Rd}$  = ristlõike arvutuslik paindekandevõime.

Vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1:2006 tabelile 6.13 tuleb leida ristlõikeklassides 1 ja 2 arvutuslik paindekandevõime järgmiselt:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2088 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} \cdot 10^{-3} = 741,2 \text{ kNm} > M_{Ed} = 291,4 \text{ kNm}.$$

Ristlõike paindekandevõime on piisav.

### 3.5.5 Ristlõike põikjõukandevõime

Täidetud peab olema tingimus:  $V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$ , kus:

$V_{Ed}$  = ristlõikele mõjuv arvutuslik põikjõud;

$V_{pl,Rd}$  = ristlõike arvutuslik põikjõukandevõime.

Ristlõike lõikepindala:

$$A_v = (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = (30 - 2 \cdot 1,75) \cdot 1,0 = 2650 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1 \cdot 261 \cdot 10 = 2610 \text{ mm}^2$$

Vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1:2006 tabelile 6.18 leitakse ristlõike arvutuslik põikjõukandevõime:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2650 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \cdot 10^{-3} = 543,1 \text{ kN} > V_{Ed} = 102,1 \text{ kN}$$

Ristlõike lõikekandevõime on tagatud.

### 3.5.6 Tala seina nihkestabiilsuse kontroll

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{261}{10} = 26,1 < \frac{72}{\eta} \varepsilon = \frac{72}{1,0} \cdot 0,81 = 58,3$$

Tala seina mõlkumist ei toimu ning nihkestabiilsus on tagatud.

Kiivekandevõimekontroll pole vajalik, sest talad on omavahel seotud metallrestiga.

Tala on sobiv kasutamiseks vahelae konstruktsioonis.

### 3.6 Talade mahtude võrdlus

Tabelites 3.1 kuni 3.5 on toodud taladele kuluva materjali kogused erinevate vahekorruste lahenduste korral. Materjali maksumust, tööde teostamise hinda ning teisi tegureid arvestades saab leida talade maksumuse.

**Tabel 3.1.** Talade materjalide mahud lahenduse 1 korral (lisa 1, joonis 5).

Tala tähis	Tala ristlõige	Tala pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-1-1	HEA280	5,5	76,4	420,2	6	2521,2
T-1-2	HEA360	11,68	112	1308,16	15	19622,4
						<b>22143,6</b>

**Tabel 3.2.** Talade materjalide mahud lahenduse 2 korral (lisa 1, joonis 8).

Tala tähis	Tala ristlõige	Tala pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-1-1	HEA280	5,5	76,4	420,2	6	2521,2
						<b>2521,2</b>

**Tabel 3.3.** Talade materjalide mahud lahenduse 3 korral (lisa 1, joonis 16).

Tala tähis	Tala ristlõige	Tala pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-1-1	HEA280	5,5	76,4	420,2	9	3781,8
						<b>3781,8</b>

**Tabel 3.4.** Talade materjalide mahud lahenduse 4 korral (lisa 1, joonis 19).

Tala tähis	Tala ristlõige	Tala pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-1-1	HEA280	5,5	76,4	420,2	9	3781,8
T-1-2	HEA200	5,84	42,3	247,032	30	7410,96
						<b>11192,8</b>

**Tabel 3.5.** Talade materjalide mahud lahenduse 5 korral (lisa 1, joonis 22).

Tala tähis	Tala ristlõige	Tala pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-1-2	HEA280	5,5	76,4	420,2	9	3781,8
T-1-1	HEA160	11,68	30,4	355,072	15	5326,08
						<b>9107,88</b>

Tabelites 3.1 kuni 3.5 toodud andmeid kasutatakse töö kuuendas osas analüüside ja järelduste tegemiseks.

## 4 FERMIDE ARVUTUS

### 4.1 Arvutuste juhised ja konstruktsioonide kirjeldus

Fermi varraste arvutuse juhised on toodud standardis EVS-EN 1993-1-1. Fermide dimensioneerimise ja tugevuskontrolli näitena on toodud vahelae lahenduses 2 (vt lisa 1, joonis 8) kasutatava Fermi F-1-1 arvutus. Varraste dimensioneerimise näidetena on toodud varraste 1, 2 ja 3 arvutused. Samuti on näidatud fermis sõlmede tugevuskontroll. Fermi sõlmede arvutuse juhised on toodud standardis EVS-EN 1993-1-8. Teiste fermide arvutus on teostatud analoogselt. Kõikide fermide andmed on toodud tabelites 4.1 ja 4.2.

Vahelae konstruktsioonis kasutatakse teljega E1 paralleelseid ferme (F-1-1). Fermide samm on 1,4 meetrit ning sildeava 11,4 meetrit. Antud fermid toetuvad otstest HEA profiiliga peataladele. Sõrestiku ülemise vöö ristlõige on 140x140x5 mm, alumine vöö 120x120x5 mm. Võrguvarraste ristlõige on 80x80x3 mm. Terase tugevusklass on S355J2H.

### 4.2 Geomeetria ja abisuurused

#### 4.2.1 Geomeetria

Fermide pikkus L: 11,4 m

Fermide samm S: 1,4 m

#### 4.2.2 Abisuurused

Voolavuspiir	$f_y = 355 \text{ MPa}$
Elastsusmoodul	$E = 210000 \text{ MPa}$
Alaliskoormuste kandepiiriseisundi osavarutegur	$\gamma_G = 1,20$
Muutuvkoormuste kandepiiriseisundi osavarutegur	$\gamma_Q = 1,50$
Kombinatsioonitegur	$\psi_1 = 1,0$
Tegurid	$\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,0$

$$\eta = 1,0 \leftarrow (f_u \geq 460 \frac{N}{mm^2})$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{255}{f_y}} = \sqrt{\frac{255}{355}} \approx 0,81$$

### 4.3 Koormused

Normatiivne kasuskoormus:  $q_k = q_k \cdot S = 7,5 \cdot 1,4 = 10,5 \frac{kN}{m}$ .

Normatiivne alaliskoormus:  $g_k = g_k \cdot S = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \frac{kN}{m}$ .

Lähendusarvutuses on eeldatud dimensioneeritava fermi omakaaluks  $G = 0,46 \frac{kN}{m}$ .

Koormus kandepiirseisundis:

$$q_d = (g_k + G) \cdot \gamma_G + q_k \cdot \gamma_Q = (0,7 + 0,46) \cdot 1,2 + 10,5 \cdot 1,5 = 17,1 \frac{kN}{m}$$

Koormus kasutuspiirseisundis:

$$q_{ser} = (g_k + G) + \psi_1 \cdot q_k = (0,7 + 0,46) + 1,0 \cdot 10,5 = 11,7 \frac{kN}{m}$$

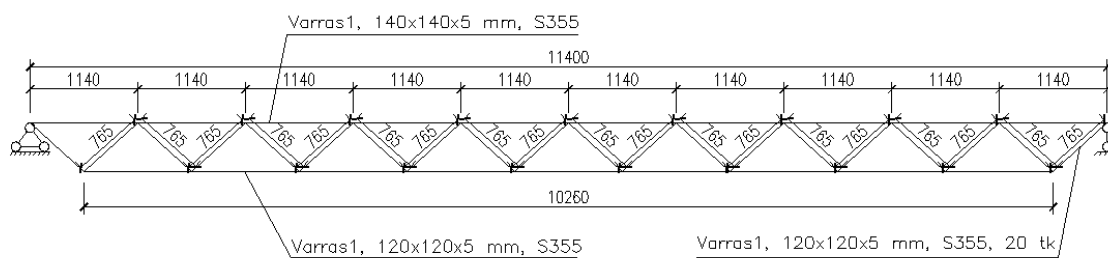
Arvutuslik põikjõud fermi surutud vöö otsas:

$$V_{Ed} = \frac{q_d \cdot L}{2} = \frac{17,1 \cdot 11,4}{2} = 97,5 kN.$$

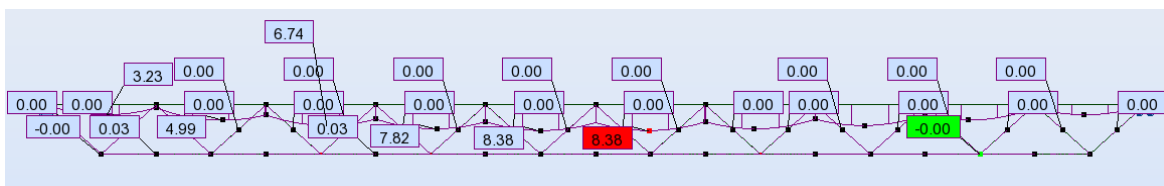
### 4.4 Staatika

Fermile mõjub kandepiirseisundis ühtlaselt jaotatud koormus  $q_d=17,1$  kN/m. Fermi staatika arvutusteks on kasutatud Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 programmi. Programmiga saadud tulemused on fermi varraste ja sõlmede tugevusarvutuste aluseks. Staatika arvutuste tulemused on toodud joonisel 4.1.

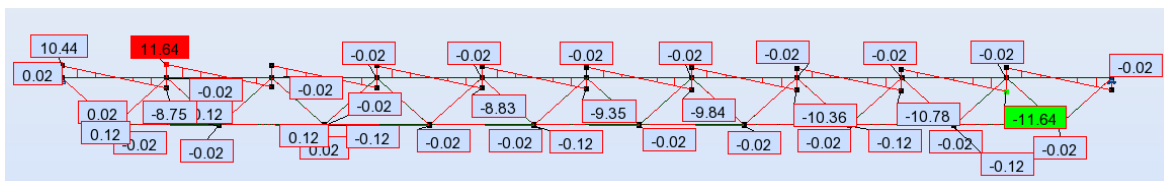
## FERMI MÕÕTMED (mm)



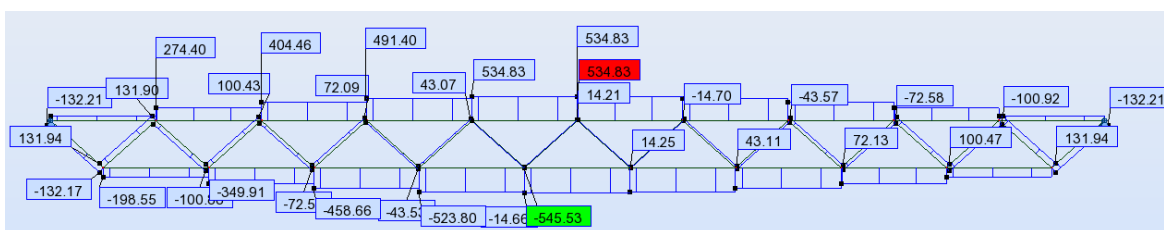
## PAINDEMOMENDI EPÜÜR (kNm)



## PÕIKJÕU EPÜÜR (kN)



## PIKIJÕUDUDE EPÜÜR (kN)



Joonis 4.1. Fermi geometria ja sisejõud.

### 4.5 Fermi surutud ja painutatud vöö dimensioneerimine (varras 1)

Varda sisejõud ja geometria vastavalt joonisele 4.1.

Vardas mõjuv maksimaalne paindemoment  $M_{cr}=8,4$  kNm.

Vardas mõjuv maksimaalne pikijõud  $N_{Ed}=534,8$  kN.

#### 4.5.1 Profili andmed

Eeldimensioneerimise käigus on valitud nelikanttoru profiiliga 140x140x5 mm.

Profili kõrgus	$h = 140 \text{ mm.}$
Profili laius	$b = 140 \text{ mm.}$
Seina paksus	$t = 5 \text{ mm.}$
Raadius	$r = 10 \text{ mm.}$
Ristlõike pindala	$A = 2636 \text{ mm}^2.$
Inertsiraadius	$i = 5,48 \text{ cm.}$
Plastneastupanumoment	$W_{pl} = 132,3 \text{ cm}^3.$
Nõtkepikkus	$L_{cr} = 0,9 \times L = 0,9 \times 1,14 = 1,03 \text{ m.}$

#### 4.5.2 Ristlõikeklassi määramine

Painutatud sein:

$$c = b - 2 \cdot (t + r) = 140 - 2 \cdot (5 + 10) = 110 \text{ mm.}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{110}{5} = 22 < 33\varepsilon = 26,73 .$$

Surutud sein:

$$c = b - 2 \cdot (t + r) = 140 - 2 \cdot (5 + 10) = 110 \text{ mm.}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{110}{5} = 22 < 33\varepsilon = 26,73$$

Antud profiili ristlõikeklass on 1.

#### 4.5.3 Survekandevõime kontroll

Vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1:2006 valemile 6.10 tuleb leida ristlõikeklassides 1, 2 ja 3 arvutuslik survekandevõime järgmiselt:

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2636 \cdot 355}{1,0} = 935780 \text{ N} = 935,8 \text{ kN.}$$



#### 4.5.4 Paindekandevõime kontroll

Kuna tegemist on 1. ristlõikeklassiga, siis leitakse arvutuslik paindekandevõime vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1:2006 valemile 6.13 järgmiselt:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{132300 \cdot 355}{1,0} = 46966500 \text{ Nmm} = 46,9 \text{ kNm}.$$

#### 4.5.5 Stabiilsuskontroll

Samaaegselt painutatud ja surutud varrastel peavad olema vastavalt standardile EVS-EN 1993-1-1 täidetud järgmised tingimused:

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

ja

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} \leq 1$$

Varda tingsaledus:

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{103}{5,48} = 18,72$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{18,72}{3,14} \sqrt{\frac{355 \cdot 10^6}{210 \cdot 10^9}} = 0,245$$

Nõtkekõvera leidmise tingimus.

Kuumpainutatud toruprofilide nõtkekõver on c ning hälbetegur  $\alpha = 0,21$ .

Nõtkekõverast sõltuv abisuurus on:

$$\phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,21 \cdot (0,245 - 0,2) + 0,245^2 \right] = 0,535.$$

Stabiilsuskao vormile vastav nõtketegur  $\chi$ :

$$\chi = \chi_z = \chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,535 + \sqrt{0,535^2 - 0,245^2}} = 0,99.$$

Ekvivalentse paindemomendi tegur  $C_{my}$  vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 12.23:

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{5,8}{8,4} = 0,69, \quad \psi=0$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 + 0,05 \cdot 0,69 = 0,985$$

Koosmõjutegur  $k_{yy}$  vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 12.24:

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

$$k_{yy} = 0,985 \cdot \left[ 1 + (0,245 - 0,2) \cdot \frac{534,8}{1 \cdot 935,8} \right] = 1,01 < 0,985 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{534,8}{1 \cdot 935,8} \right) = 1,439$$

Seega  $k_{yy} = 1,0$ .

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} = \frac{534,8}{0,99 \cdot 935,8} + 1 \cdot \frac{8,4}{46,9} = 0,764 < 1 \quad \rightarrow \text{täidetud!}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} = \frac{532,9}{0,99 \cdot 953,8} = 0,577 \leq 1 \quad \rightarrow \text{täidetud!}$$

Seega on varda 1 kandevõime ning üldstabiilsus surve ja painde koosmõjul tagatud.

#### 4.5.6 Põikjõukandevõime kontroll

Ristlõike põikjõukandevõimet on käsitletud käesoleva töö alajaotises 3.5.5.

Lõikepindala:

$$A_v = \frac{A \cdot h}{(b + h)} = \frac{2636 \cdot 140}{(140 + 140)} = 1318 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_M} = \frac{1318 \cdot \left( \frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 270100 \text{ N} = 270,1 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 270,1 \text{ kN} > V_{pl,Ed} = 97,5 \text{ kN}$$

Ristlõike põikjõukandevõime on tagatud.

## 4.6 Tõmmatud vardad

Tsentriliselt tõmmatud varda arvutuslik tõmbejõud  $N_{Ed}$  peab igas ristlõikes rahuldama tingimust:  $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$ , kus tsentriliselt tõmmatud elemendi arvutuslik tõmbekandevõime:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \text{ (standardi EVS-EN 1993-1-1 valem 6.6).}$$

### 4.6.1 Varda 2 dimensioneerimine

Varda sisejõud ja geomeetria vastavalt joonisele 4.1.

Vardas mõjuv maksimaalne pikijõud  $N_{Ed}=545,5\text{kN}$ .

Eeldimensioneerimise käigus on valitud nelikanttoru profiiliga 120x120x5 mm ristlõikepindalaga  $A= 2236 \text{ mm}^2$ .

Brutoristlõike arvutuslik plastne tõmbekandevõime

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2236 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 793,8\text{kN}$$

$$N_{Ed} = 545,5\text{kN} < N_{pl,Rd} = 793,8\text{kN}$$

Ristlõike tõmbetugevus on tagatud.

## 4.7 Fermi surutud varraste dimensioneerimine (varras 3)

Varda sisejõud ja geomeetria vastavalt joonisele 4.1.

Vardas mõjuv maksimaalne pikijõud  $N_{Ed}=132,2\text{kN}$

### 4.7.1 Profiili andmed

Eeldimensioneerimise käigus on valitud nelikanttoru profiiliga 80x80x3 mm.

$$h=b=80 \text{ mm}$$

$$t=3 \text{ mm}$$

$$r=6 \text{ mm}$$

$$A= 901 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl}=25,78 \text{ cm}^3$$

$$i=3,12 \text{ cm}$$

$$L=0,76 \text{ m}$$

$$L_{cr}=0,9 \times L=0,9 \times 0,76=0,69 \text{ m}$$

#### 4.7.2 Ristlõikeklassi määramine

$$c = b - 2 \cdot (t + r) = 80 - 2 \cdot (3 + 6) = 62 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{62}{3} = 20,67 < 33\varepsilon = 26,73.$$

Antud profiili ristlõikeklass on 1.

#### 4.7.3 Varda nõtkekandevõime leidmine

Vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 tabelile 6.47 leitakse ristlõikeklassidesse 1, 2 ja 3 kuuluvate surutud varraste arvutuslik nõtkekandevõime järgmiselt:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}.$$

Varda tingsaledus  $\bar{\lambda}_z$ :

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{22,1}{3,14} \sqrt{\frac{355 \cdot 10^6}{210 \cdot 10^9}} = 0,289, \text{ kus varda saledus } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{69}{3,12} = 22,1$$

Nõtkekõvera leidmise tingimus:

Vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 tabelile 6.2 on kuumpainutatud toruprofiilide nõtkekõvera  $\alpha$  ning hälbetegur  $\alpha = 0,21$ .

Nõtketeguri  $\chi$  leidmiseks vajalik abisuurus:

$$\phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,21 \cdot (0,289 - 0,2) + 0,289^2 \right] = 0,551$$

Stabiilsuskao vormile vastav nõtketegur  $\chi$ :

$$\chi = \chi_y = \chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,551 + \sqrt{0,551^2 - 0,289^2}} = 0,98 \rightarrow OK$$

Varda nõtkekandevõime:

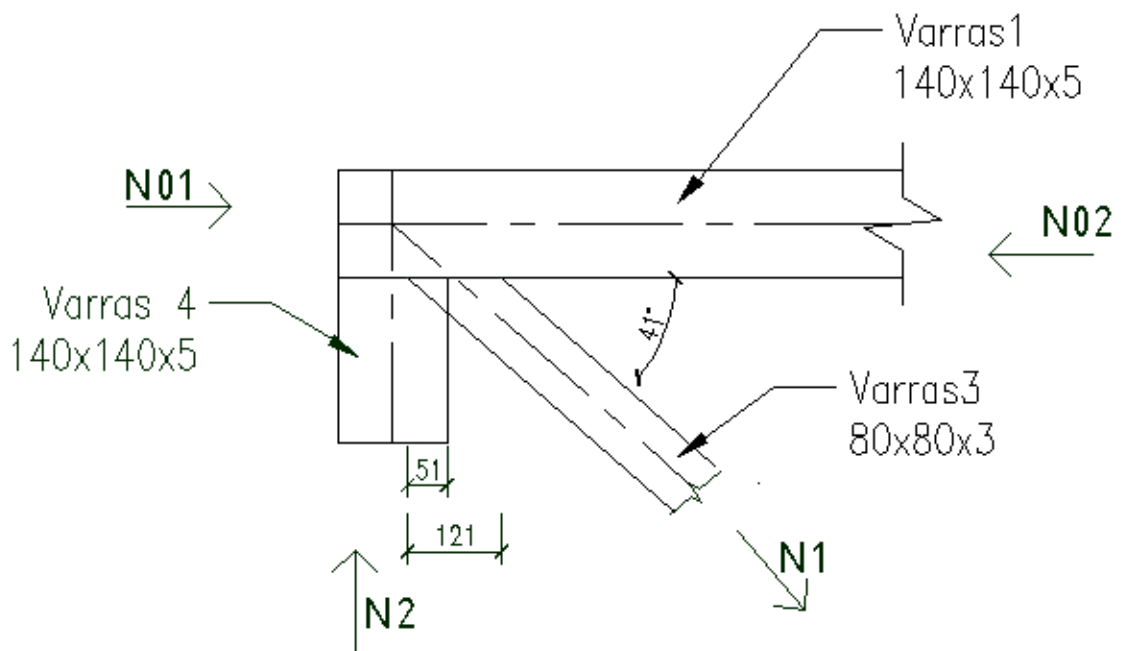
$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,98 \cdot \frac{901 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 313,4 \text{ kN} > N_{Ed} = 133,5 \text{ kN} .$$

Varda nõtkekandevõime on tagatud.

#### 4.8 Fermi sõlmede tugevuskontroll

Nelikanttorudest tasapinnaliste sõrestike liidete arvutusmeetodika on antud EVS-EN-1993-1-8 peatükis 7. Arvutusmeetodika kehtivuspiirid on antud eelnimetatud standardi tabelis 7.8.

##### 4.8.1 Sõlme 1 tugevuskontroll



Joonis 4.2. Sõlm 1.

Sõlmes 1 mõjuvad varrastele järgmised arvutuslikud sisejõud:

$$N_{01,Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$N_{02,Ed} = -99,2 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed}=132,2\text{kN}$$

$$N_{2,Ed}=-97,5\text{ kN}$$

Sõlme geomeetria:

$$\text{Varraste vaheline nurk } \theta_1=90^0$$

$$\text{Varraste vaheline nurk } \theta_2=41^0$$

$$\text{Ekstsentrilisus } e=0\text{ mm}$$

$$\text{Ülekatte projektsiooni pikkus } q=51\text{ mm}$$

$$\text{Pealmise võrguvarva } p=121\text{ mm}$$

Ruutristlõikega toruprofiilist 140x140x5 varda 1 vajalikud ristlõikeparameetrid vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 12.3:

Terase klass S355 ( $f_{y,0}=355\text{ MPa}$ ),  $\varepsilon=0,81$ .

$$\text{Ristlõike laius} \quad b_0=140\text{ mm}$$

$$\text{Ristlõike kõrgus} \quad h_0=140\text{ mm}$$

$$\text{Ristlõike seina paksus} \quad t_0=5\text{ mm}$$

$$\text{Ümardusraadius} \quad r_0=10\text{ mm}$$

Ruutristlõikega toruprofiilist 80x80x3 varda 3 vajalikud ristlõikeparameetrid vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 12.3:

Terase klass S355 ( $f_{y,0}=355\text{ MPa}$ ),  $\varepsilon=0,81$ .

$$\text{Ristlõike laius} \quad b_1=80\text{ mm}$$

$$\text{Ristlõike kõrgus} \quad h_1=80\text{ mm}$$

$$\text{Ristlõike seina paksus} \quad t_1=3\text{ mm}$$

$$\text{Ümardusraadius} \quad r_1=6\text{ mm}$$

Ruutristlõikega toruprofiilist 140x140x5 varda 4 vajalikud ristlõikeparameetrid vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 12.3:

Terase klass S355 ( $f_{y,0}=355\text{ MPa}$ ),  $\varepsilon=0,81$ .

$$\text{Ristlõike laius} \quad b_1=140\text{ mm}$$

$$\text{Ristlõike kõrgus} \quad h_1=140\text{ mm}$$

$$\text{Ristlõike seina paksus} \quad t_1=5\text{ mm}$$

$$\text{Ümardusraadius} \quad r_1=10\text{ mm}$$

### Ristlõikeklassi määramine varrastele 1, 3 ja 4.

- Varras 1:

$$c = b_0 - 2 \cdot (t_0 + r_0) = 140 - 2 \cdot (5 + 10) = 110 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_0} = \frac{110}{5} = 22 < 33\varepsilon = 26,73$$

Antud varda ristlõikeklass on 1.

- Varras 3:

$$c = b_1 - 2 \cdot (t_1 + r_1) = 80 - 2 \cdot (3 + 6) = 62 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_1} = \frac{62}{3} = 22,67 < 33\varepsilon = 26,73 \quad \text{RK1}$$

Antud varda ristlõikeklass on 1.

- Varras 4

$$c = b_0 - 2 \cdot (t_0 + r_0) = 140 - 2 \cdot (5 + 10) = 110 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_0} = \frac{110}{5} = 22 < 33\varepsilon = 26,73 \quad \text{RK1}$$

Antud varda ristlõikeklass on 1.

### Liite määratlemine.

Kontrollitakse, kas antud liidet saab käsitleda ülekattega K-liitena.

$$\lambda_{ov} = \frac{q}{p} = 42,2\%$$

$$25\% \leq \lambda_{ov} = 42,2 \leq 100\% \quad \text{-> on täidetud.}$$

$$\frac{b_i}{b_j} = \frac{b_1}{b_2} = 0,57 < 0,75 \quad \text{-> ei ole täidetud.}$$

Seega ei saa antud liidet käsitleda ülekattega K-liitena. Antud liite tugevust kontrollitakse kahe eraldi Y-liitena. Y-liidete arvutusmetoodika kehtivuspiirid vastavalt EVS-EN 1993-1-8:2006 tabelile 7.8.

## Varraste 1 ja 3 vahelise liite tugevuskontroll

### Arvutuseelduste kontroll

Nelikanttorust tasapinnaliste sõrestike keevisliidete arvutusmetoodika kehtivuspiirid on toodud standardi EVS-EN 1993-1-8:2006 tabelis 7.8. Y-liidete puhul peavad olema täidetud järgnevad tingimused:

$$\frac{b_i}{b_0} = \frac{b_1}{b_0} = \frac{80}{140} = 0,57 > 0,25 \quad \text{->täidetud.}$$

Kõik vardad kuuluvad vähemalt ristlõikeklassi 2 ->täidetud.

$$\frac{b_i}{t_i} = \frac{b_1}{t_1} = \frac{80}{3} = 26,7 < 35 \quad \text{->täidetud.}$$

$$\frac{h_i}{t_i} = \frac{h_1}{t_1} = \frac{80}{3} = 26,7 < 35 \quad \text{->täidetud.}$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{140}{140} = 1 < 2,0 \quad \text{->täidetud.}$$

$$0,5 \leq \frac{h_i}{b_i} = \frac{h_1}{b_1} = \frac{80}{80} = 1 < 2,0 \quad \text{->täidetud.}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{140}{5} = 28 < 35 \quad \text{->täidetud.}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{140}{5} = 28 < 35 \quad \text{->täidetud.}$$

Kõik tingimused on täidetud.

Kuna  $\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{80}{140} = 0,57 < 0,85$ , saab määravaks vöö liitepinna kandevõime.

Liite kandevõime on tagatud, kui  $N_{i,Rd} \geq N_{i,Ed}$ .

### Abisuurused

Kuna tegu on tõmmatud vardaga, siis  $k_n=1$ .

$$\eta = \frac{h_1}{b_0} = \frac{80}{140} = 0,57.$$

Vöö liitepinna kandevõime:



$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2}{(1-\beta) \cdot \sin \theta_2} \cdot \left( \frac{2\beta}{\sin \theta_2} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 5^2}{(1-0,57) \cdot \sin 41^\circ} \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,57}{\sin 41^\circ} + 4\sqrt{1-0,57} \right) / 1,0 =$$

$$= 136,4 \text{ kN}$$

Kuna on täidetud tingimus  $N_{1,Rd}=136,4 \text{ kN} \geq N_{1,Ed} = 132,2 \text{ kN}$ , on sõlme kandevõime tagatud.

## Varda 1 ja varda 4 vahelise liite tugevuskontroll

### Arvutuseelduste kontroll

Nelikanttorust tasapinnaliste sõrestike keevisliidete arvutusmetoodika kehtivuspiirid on toodud standardi EVS-EN 1993-1-8:2006 tabelis 7.8. Y-liidete puhul peavad olema täidetud järgnevad tingimused:

$$\frac{b_i}{b_0} = \frac{b_2}{b_0} = \frac{140}{140} = 1 > 0,25 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

Kõik vardad kuuluvad vähemalt ristlõikeklassi 2  $\rightarrow$  täidetud.

$$\frac{b_i}{t_i} = \frac{b_2}{t_2} = \frac{140}{5} = 28 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$\frac{h_i}{t_i} = \frac{h_2}{t_2} = \frac{140}{5} = 28 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{140}{140} = 1 < 2,0 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$0,5 \leq \frac{h_i}{b_i} = \frac{h_2}{b_2} = \frac{140}{140} = 1 < 2,0 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{140}{5} = 28 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{140}{5} = 28 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

Kõik tingimused on täidetud.

Liite kandevõime on tagatud, kui  $N_{i,Rd} \geq N_{i,Ed}$ .

### Abisuurused

$$\beta = \frac{b_2}{b_0} = \frac{140}{140} = 1. \quad \text{Kuna } 0,85 \leq \beta \leq 1,0, \text{ siis saab määravaks kas vöö külgpinna}$$

mõlkekandevõime või võrguvarda kandevõime.

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{N_{02,ED}}{A_0 \cdot f_{y,0}} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0} \cdot f_{y,0}} = \frac{99,2 \cdot 10^3}{2636 \cdot 355} + \frac{0}{112,9 \cdot 355} = 0,11$$

Kuna tegu on surutud vardaga, siis

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \leq 1,0$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,11}{120} = 1,26 \Rightarrow k_n = 1,0$$

$$\eta = \frac{h_1}{b_0} = \frac{80}{140} = 0,67$$

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y,o} \cdot t_0}{f_{y,i} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{140/5} \cdot \frac{355 \cdot 5}{355 \cdot 5} \cdot 140 = 50 \text{ mm} < b_i = 140 \text{ mm}$$

Vöö külgpinna mõlkekandevõime:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y,0} \cdot t_0}{\sin \theta_1} \left( \frac{2 \cdot h_i}{\sin \theta_1} + 10 \cdot t_0 \right) / \gamma_{M5} = \frac{355 \cdot 5}{\sin 90^\circ} \left( \frac{2 \cdot 140}{\sin 90^\circ} + 10 \cdot 5 \right) / 1,0 = 585,8 \text{ kN}$$

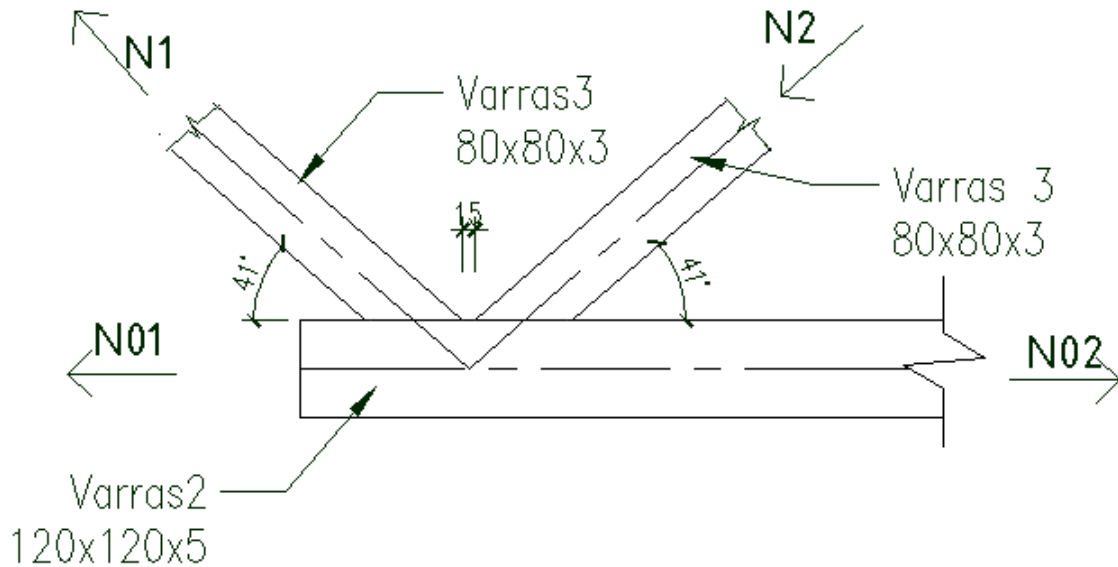
Kuna on täidetud tingimus  $N_{1,Rd} = 585,8 \text{ kN} \geq N_{1,Ed} = 97,5 \text{ kN}$ , on sõlme kandevõime tagatud.

**Võrguarda kandevõime:**

$$N_{1,Rd} = f_{y,i} \cdot t_i \cdot (2 \cdot h_i - 4 \cdot t_i + 2 \cdot b_{eff}) / \gamma_{M5} = 355 \cdot 5 \cdot (2 \cdot 140 - 4 \cdot 140 + 2 \cdot 50) / 1,0 = 639 \text{ kN}$$

Kuna on täidetud tingimus  $N_{1,Rd} = 639 \text{ kN} \geq N_{1,Ed} = 97,5 \text{ kN}$ , on sõlme kandevõime tagatud.

#### 4.8.2 Sõlme 2 tugevuskontroll



Joonis 4.3. Sõlm 2.

Sõlmes 2 mõjuvad varrastele järgmised arvutuslikud sisejõud:

$$N_{01,Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$N_{02,Ed} = 198,6 \text{ kN}$$

$$N_{1,E} = 132,2 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = -132 \text{ kN}$$

Sõlme geomeetria:

$$\text{Varraste vaheline nurk } \theta_1 = 41^\circ$$

$$\text{Varraste vaheline nurk } \theta_2 = 41^\circ$$

$$\text{Ekstsentrilisus } e = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Vaba lõigu pikkus } g = 8 \text{ mm}$$

Ruutristlõikega toruprofilist 120x120x5 varda 2 vajalikud ristlõikeparameetrid vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 12.3.

$$\text{Terase klass S355 (} f_{y,0} = 355 \text{ MPa), } \epsilon = 0,81.$$

$$\text{Ristlõike laius } b_0 = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Ristlõike kõrgus } h_0 = 120 \text{ mm}$$

Ristlõike seina paksus	$t_0=5$ mm
Ümardusraadius	$r_0=10$ mm

Ruutristlõikega toruprofilist 80x80x3 varda 3 vajalikud ristlõikeparameetrid vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) tabelile 12.3

Terase klass S355 ( $f_{y,0}=355$  MPa),  $\epsilon=0,81$ .

Ristlõike laius	$b_1=80$ mm
Ristlõike kõrgus	$h_1=80$ mm
Ristlõike seina paksus	$t_1=3$ mm
Ümardusraadius	$r_1=6$ mm

### Ristlõikeklassi määramine

- Varras 2:

$$c = b_0 - 2 \cdot (t_0 + r_0) = 120 - 2 \cdot (5 + 10) = 90 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_0} = \frac{90}{5} = 18 < 33\epsilon = 26,73$$

Antud varda ristlõikeklass on 1.

- Varras 3:

$$c = b_2 - 2 \cdot (t_2 + r_2) = 80 - 2 \cdot (3 + 6) = 62 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_2} = \frac{62}{3} = 20,67 < 33\epsilon = 26,73$$

Antud varda ristlõikeklass on 1.

### Liite määratlemine

Kontrollitakse kas antud liidet saab käsitleda ülekatteta K-liitena.

$$0,5 \cdot (1 - \beta) \leq \frac{g}{b_0} \leq 1,5 \cdot (1 - \beta), \text{ kusjuures } g \geq t_1 + t_2$$

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{80 + 80 + 80 + 80}{4 \cdot 120} = 0,67$$

$$g = 15 > 3 + 3 = 6$$

-> on täidetud.

$$0,5 \cdot (1 - 0,67) = 0,167 > \frac{15}{120} = 0,125 < 0,5 \cdot (1 - 0,67) = 0,5$$

-> ei ole täidetud.

Seega ei saa antud liidet käsitleda ülekatteta K-liitena. Antud liite tugevust kontrollitakse kahe eraldi Y-liitena. Y-liidete arvutusmetoodika kehtivuspiirid vastavalt EVS-EN 1993-1-8:2006 tabelile 7.8. Kuna vardad on ühesuguse ristlõikega, kehtib järgnev kontroll mõlema võrguvaru puhul.

$$\frac{b_i}{b_0} = \frac{b_1}{b_0} = \frac{80}{120} = 0,67 > 0,25 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

Kõik vardad kuuluvad vähemalt ristlõikeklassi 2  $\rightarrow$  täidetud.

$$\frac{b_i}{t_i} = \frac{b_1}{t_1} = \frac{80}{3} = 26,7 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$\frac{h_i}{t_i} = \frac{h_1}{t_1} = \frac{80}{3} = 26,7 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{120}{120} = 1 < 2,0 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$0,5 \leq \frac{h_i}{b_i} = \frac{h_1}{b_1} = \frac{80}{80} = 1 < 2,0 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{120}{5} = 24 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{120}{5} = 24 < 35 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

Kõik tingimused on täidetud.

Kuna  $\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{80}{120} = 0,67 < 0,85$ , saab määravaks vöö liitepinna kandevõime.

### Varraste 2 ja 3 vahelise liite tugevuskontroll tõmbele

Liite tõmbekandevõime on tagatud, kui  $N_{i,Rd} \geq N_{i,Ed}$ .

Abisuurus:

$$\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{80}{120} = 0,67.$$

Kuna tegu on tõmmatud vardaga, siis  $k_n = 1$ .

$$\eta = \frac{h_1}{b_0} = \frac{80}{120} = 0,67.$$

Vöö liitepinna kandevõime:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2}{(1-\beta)\sin\theta_1} \left( \frac{2\eta}{\sin\theta_1} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 5^2}{(1-0,67) \cdot \sin 41^\circ} \left( \frac{2 \cdot 0,67}{\sin 41^\circ} + 4\sqrt{1-0,67} \right) / 1,0 = 174,6 \text{ kN}$$

Kuna on täidetud tingimus  $N_{1,Rd}=174,6 \text{ kN} \geq N_{1,Ed} = 132,2 \text{ kN}$ , on sõlme kandevõime tagatud.

### Varraste 2 ja 3 vahelise liite tugevuskontroll survele

Liite kandevõime on tagatud, kui  $N_{i,Rd} \geq N_{i,Ed}$ .

Abisuurused:

$$\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{80}{120} = 0,67$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{N_{02,Ed}}{A_0 \cdot f_{y,0}} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0} \cdot f_{y,0}} = \frac{198,6 \cdot 10^3}{2236 \cdot 355} + \frac{0}{80,91 \cdot 355} = 0,25$$

Kuna tegu on surutud vardaga, siis:

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \leq 1,0$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,25}{120} = 1,15 \Rightarrow k_n = 1,0$$

$$\eta = \frac{h_1}{b_0} = \frac{80}{140} = 0,67.$$

Vöö liitepinna kandevõime:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2}{(1-\beta)\sin\theta_1} \left( \frac{2\eta}{\sin\theta_1} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 5^2}{(1-0,67) \cdot \sin 41^\circ} \left( \frac{2 \cdot 0,67}{\sin 41^\circ} + 4\sqrt{1-0,67} \right) / 1,0 = 174,6 \text{ kN}$$

Kuna on täidetud tingimus  $N_{1,Rd}=174,6 \text{ kN} \geq N_{1,Ed} = 132,2 \text{ kN}$ , on sõlme kandevõime tagatud.

## 4.9 Fermide mahtude võrdlus

Tabelites 4.1 ja 4.2 on toodud postidele kuluva materjali kogused vahekorruste lahenduste 2 ja 3 korral. Materjali maksumust, tööde teostamise hinda ning teisi tegureid arvestades saab leida postide maksumuse.

**Tabel 4.1.** Fermi F-1 (lisa 1, joonis 8) valmistamiseks vaja mineva materjali kogus.

Varda nr	Varda ristlõige (m)	Varda pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Varda mass (kg)	Varraste arv (tk)	Varraste mass kokku (kg)
1	140x140x5	11,54	20,7	238,878	1	238,9
2	120x120x5	10,26	17,6	180,576	1	180,6
3	80x80x3	0,66	7,07	4,6662	20	93,3
4	140x140x5	0,215	20,7	4,4505	2	8,9
						<b>521,7</b>

**Tabel 4.2.** Fermi F-2 (lisa 1, joonis 16) valmistamiseks vaja mineva materjali kogus.

Varda nr	Varda ristlõige (m)	Varda pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Varda mass (kg)	Varraste arv (tk)	Varraste mass kokku (kg)
1	70x70x3	5,735	6,13	35,1556	1	35,2
2	60x60x3	4,56	5,19	23,6664	1	23,7
3	60x60x3	0,73	5,19	3,7887	10	37,9
						<b>96,7</b>

Tabelites 4.1 kuni 4.2 toodud andmeid kasutatakse töö kuuendas osas analüüside ja järelduste tegemiseks.

## 5 POSTIDE ARVUTUS

### 5.1 Arvutuste juhised ja konstruktsioonide kirjeldus

Postide arvutuse juhised on toodud standardis EVS-EN 1993-1-1. Postide dimensioneerimise näitena on toodud vahelaehenduses 1 (lisa 1, joonis 5) kasutatava posti P-1-1 arvutus. Teiste fermide arvutus on teostatud analoogselt. Kõikide postide andmed on toodud tabelites 5.1 kuni 5.5.

Vahelaekonstruktsioonis kasutatakse nelikanttorust posti (P-1-1), mis toetavad peatalasid. Postid ja peatalad on omavahel ühendatud teraslehtede abil poltliitega.

### 5.2 Geomeetria ja abisuurused

#### 5.2.1 Geomeetria

Posti pikkus L: 2,72 m

#### 5.2.2 Abisuurused

Voolavuspiir

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

Elastsusmoodul

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

Tegurid

$$\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,0$$

$$\eta = 1,0 \leftarrow (f_u \geq 460 \frac{N}{\text{mm}^2})$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{255}{f_y}} = \sqrt{\frac{255}{355}} \approx 0,81$$

### 5.3 Koormused ja sisejõud

Lähendusarvutuses on eeldatud dimensioneeritavaks postiks nelikanttoru ristlõikega 90x90x3 mm omakaaluga on  $G = 0,81 \frac{kN}{m}$  (Ehituskonstruktori käsiraamat, 2010, tabel 12.3). Postile toetuvale talale T-1-1 mõjuv arvutuslik põikjõud  $V_{Ed} = 205,4 \text{ kN}$ .

Postile P-1-1 mõjuv arvutuslik pikijõud

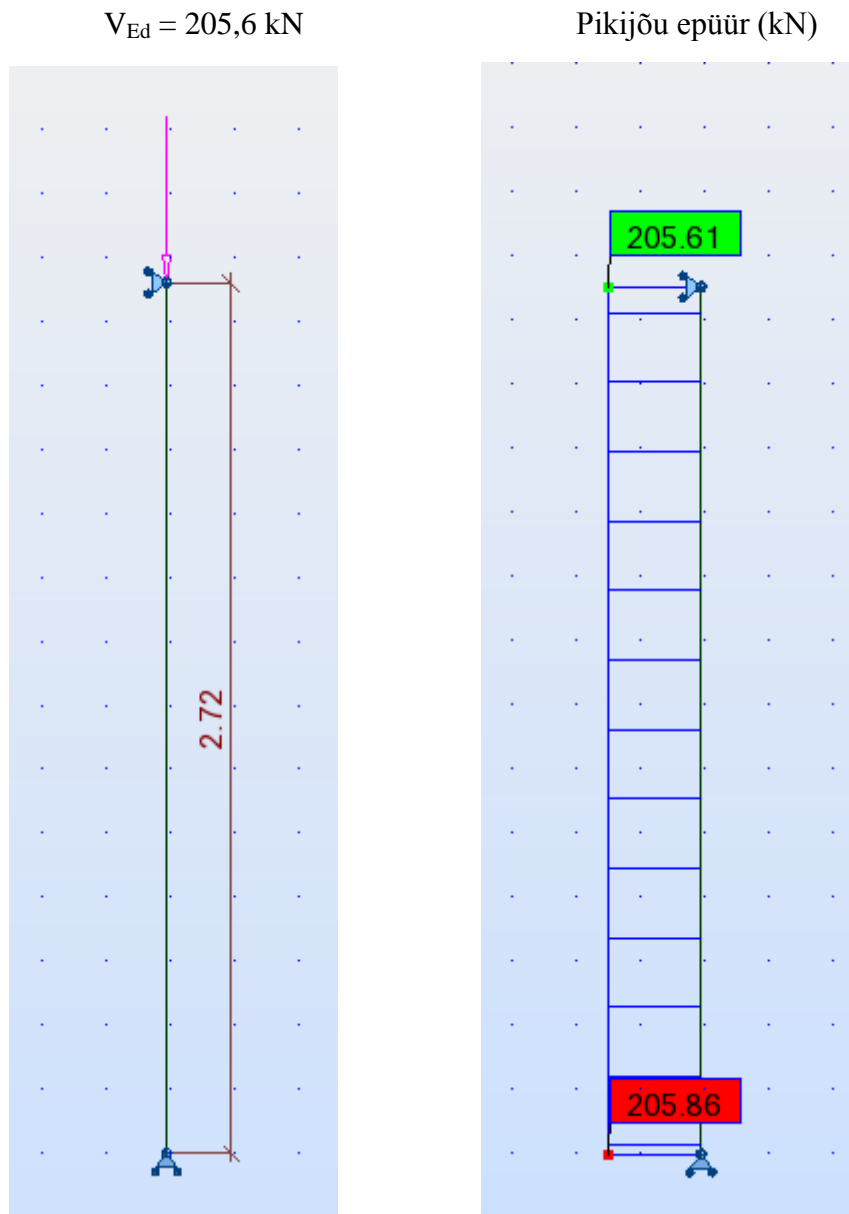


$$N_{Ed} = V_{Ed} + G \cdot H \cdot \gamma_G = 205,4 + 0,081 \cdot 2,72 \cdot 1,2 = 205,6 \text{ kN} .$$

#### 5.4 Staatika

Fermi staatika arvutusteks on kasutatud Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 programmi. Programmiga saadud tulemused on tala tugevusarvutuste aluseks. Staatika arvutuste tulemused on toodud joonisel 5.1.

#### POSTI P-1 KOORMUSSKEM



Joonis 5.1. Posti geomeetria ja sisejõud.

## 5.5 Posti dimensioneerimine

### 5.5.1 Profiili andmed

Postiks on nelikanttoru mõõtmetega 90x90x3 mm.

$$\text{Posti omakaal } G = 8,01 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 0,081 \frac{\text{kN}}{\text{m}} .$$

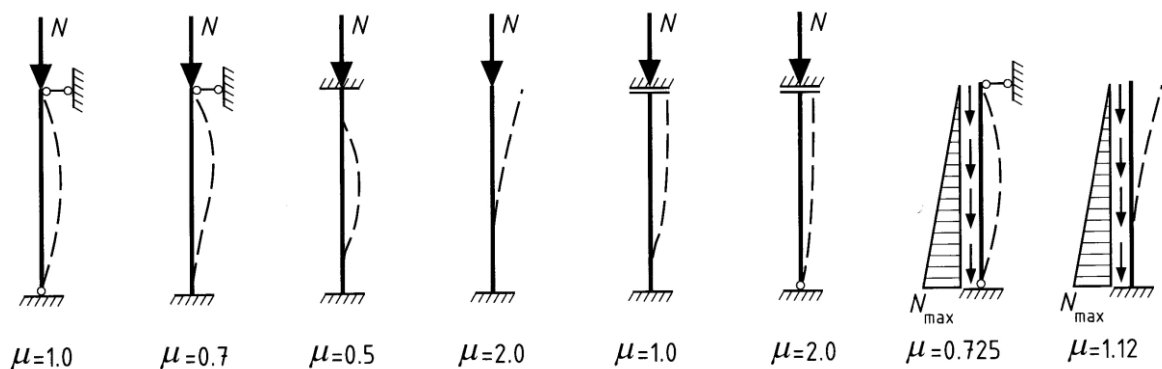
Profiili kõrgus  $a = 90 \text{ mm}$ .

Seina paksus  $t = 3 \text{ mm}$ .

Raadius  $r = 6 \text{ mm}$ .

Ristlõike pindala  $A = 1021 \text{ cm}^2$ .

Inertsiraadius  $i_z = i_y = 3,53 \text{ cm}$ .



**Joonis 5.2.** Varraste nõtkepikkuste sõltuvus varraste otste kinnitusest. Ehituskonstruktori käsiraamatu (2010) joonis 12.3.

$$L_{cr} = \mu \cdot L = 1,0 \cdot 2,7 = 2,72 \text{ m} \text{ (nõrgema telje suhtes võetud nõtkepikkus).}$$

### 5.5.2 Ristlõikeklassi määramine

$$c = b - 2 \cdot (t + r) = 90 - 2 \cdot (3 + 6) = 72 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{72}{3} = 24 < 33\varepsilon = 26,73$$

Antud profiili ristlõikeklass on 1.

### 5.5.3 Nõtkekandevõime leidmine

Täidetud peab olema tingimus:  $N_{b,Rd} > N_{Ed}$ , kus:

$N_{b,Rd}$  = surutud varda arvutuslik nõtkekandevõime ;

$N_{Ed}$  = postile mõjuv arvutuslik pikijõud.

Vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 tabelile 6.47 leitakse ristlõikeklassides 1, 2 ja 3 kuuluvate surutud varraste arvutuslik nõtkekandevõime järgmiselt:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}},$$

Varda saledus:

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{272}{3,53} = 77,054$$

Tingsaledus  $\bar{\lambda}_z$  paindenõtkel:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{77,054}{3,14} \sqrt{\frac{355 \cdot 10^6}{210 \cdot 10^9}} = 1,0$$

Nõtkekõvera leidmise tingimus:

Vastavalt standardi EVS-EN 1993-1-1 tabelile 6.2 on kuumpainutatud toruprofiilide nõtkekõrver a ning hälbetegur  $\alpha = 0,21$ .

Nõtketeguri  $\chi$  leidmiseks vajalik abisuurus:

$$\phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,21 \cdot (1,0 - 0,2) + 1,0^2 \right] = 1,197$$

Stabiilsuskao vormile vastav nõtketeguri  $\chi$ ,

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,197 + \sqrt{1,197^2 - 1,0^2}} = 0,665 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{täidetud.}$$

Arvutuslik nõtkekandevõime:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,665 \cdot 10,21 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} \cdot 10^{-3} = 240,9 \text{ kN} > N_{Ed} = 205,4 \text{ kN}$$

Posti nõtkekandevõime on tagatud.

## 5.6 Postide mahtude võrdlus

Tabelites 5.1 kuni 5.5 on toodud postidele kuluva materjali kogused erinevate vahekorruste lahenduste korral. Materjali maksumust, tööde teostamise hinda ning teisi tegureid arvestades saab leida postide maksumuse.

**Tabel 5.1.** Postide materjalide mahud lahenduse 1 korral (lisa 1, joonis 5).

Posti tähis	Posti ristlõige	Posti pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Posti mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-1-1	90x90x3	2,72	8,01	21,7872	12	261,4
						<b>261,4</b>

**Tabel 5.2.** Postide materjalide mahud lahenduse 2 korral (lisa 1, joonis 8).

Posti tähis	Posti ristlõige	Posti pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Posti mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-1-1	90x90x3	2,735	8,01	21,9074	12	262,9
						<b>262,9</b>

**Tabel 5.3.** Postide materjalide mahud lahenduse 3 korral (lisa 1, joonis 16).

Posti tähis	Posti ristlõige	Posti pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Posti mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-1-1	90x90x3	2,725	8,01	21,8273	18	392,9
						<b>392,9</b>

**Tabel 5.4.** Postide materjalide mahud lahenduse 4 korral (lisa 1, joonis 19).

Posti tähis	Posti ristlõige	Posti pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Posti mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-1-1	90x90x3	2,875	8,01	23,0288	18	414,5
						<b>414,5</b>

**Tabel 5.5.** Postide materjalide mahud lahenduse 5 korral (lisa 1, joonis 22).

Posti tähis	Posti ristlõige	Posti pikkus (m)	Ristlõike omakaal (kg/m)	Posti mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-1-1	90x90x3	2,913	8,01	23,3331	18	420,0
						<b>420,0</b>

Tabelites 5.1 kuni 5.5 toodud andmeid kasutatakse töö kuuendas osas analüüside ja järelduste tegemiseks.

## 6 TULEMUSTE ANALÜÜS JA JÄRELDUSED

### 6.1 Vahelae projekteeritud variantide iseloomustus

Vahelagi on projekteeritud eraldiseisvaks rajatiseks, mida saab rajada etappide kaupa. Iga etapp hõlmab olemasoleva hoone ühte raudbetoonpostide vahelist risküliku kujulist ala mõõtmetega 6x12 meetrit. Projekteeritav konstruktsioon koosneb üksikutest tasapinnalistest kandjatest, mis on ühtseks tervikuks seotud. Horisontaalsuunalise jäikuse tagamiseks seotakse põrandat kandvad elemendid olemasolevate betoonpostidega.

**Esimese vahelae lahenduse** (lisa 1, joonis 5) eeliseks on see, et löövide keskele ei jää postide rida. Puudusteks on viiest võrreldavast lahendusest suurim materjalikulu ning laetalade suurest kaalust tulenev paigaldamise keerukus siseruumides. Montaaži teeb keerukaks ka laetalade pikkus (11,4 m).

**Teise vahelae lahenduse** (lisa 1, joonis 8) eeliseks on see, et löövide keskele ei jää postide rida. Puudusteks on fermi ehitamise töömahukus ning nende pikkusest (11,54 m) tulenev paigaldamise keerukus siseruumides.

**Kolmanda vahelae lahenduse** (lisa 1, joonis 16) eelisteks on kõige väiksem materjalikulu ning fermi pikkusest tulenev lihtsam paigaldus. Puudusteks on löövi keskele jääv postide rida, samuti fermi ehitamise keerukus ja kulukus.

**Neljandal vahelae lahendusel** (lisa 1, joonis 19) teiste lahenduste ees eelised puuduvad. Miinuseks on löövi keskele jääv postide rida.

**Viiendal vahelae lahendusel** (lisa 1, joonis 22) teiste lahenduste ees eelised puuduvad. Miinusteks on löövi keskele jääv postide rida, samuti peatalade pikkusest (11,4 m) tulenev paigalduse keerukus.

### 6.2 Vahelae erinevate variantide mahtude võrdlus

Kokkuvõtteks on esitatud kõigi viie lahenduse puhul ehituseks kuluva terase mahtude võrdlus.

**Tabel 6.1.** Lahendusvariantide 1 kuni 5 kogumassid.

Lahendus	Terase mass (kg)
1	7468
2	3536
3	2779
4	4289
5	3596

Analüüsidest kõiki vahelae lahendusi, osutus tellija jaoks sobivaimaks lahendus nr 2 (lisa 1, joonis 5).

## 7 GRAAFILISE OSA KIRJELDUS

Laohoone plaan on toodud lisa 1 joonisel 5 ning planeeritava vahelae ala plaan ning lõige vastavalt joonistel 2 ja 3.

Analüüsi tulemusena valiti koos tellijaga vahelae variant nr. 2, mille kohta koostati järgnevad joonised:

- postide plaan (lisa 1, joonis 7);
- talade ja fermide plaan (lisa 1, joonis 8);
- lõiked A-A (lisa 1, joonis 9) ja B-B (lisa 1, joonis 10);
- postid (lisa 1, joonis 11);
- talad ja fermid (lisa 1, joonis 12);
- montaažisõlmed (lisa 1, joonised 13 ja 14).

. Nende vahelae variantide kohta, mis ei osutunud sobivaks, koostati järgnevad joonised:

- postide plaanid (lisa 1, joonised 4, 15, 18 ja 21)
- talade plaanid (lisa 1, joonised 5, 16, 19 ja 22)
- lõiked (lisa 1, joonised 6, 17, 20 ja 23)



## KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli projekteerida laohoonesse lisapinna saamiseks sobiv vahelae lahendus. Selleks on töös võrreldud viit erinevat vahelae lahendust ning nende ehituseks kuluvate materjalide mahtusid. Samuti on hinnatud lahenduste funktsionaalsust ning rajamise keerukust. Projekteerimise aluseks olid tellija soovid, kohapeal tehtud mõõtmised ja Eesti Vabariigis kehtivad standardid.

Võrreldi viit erinevat varianti, mis koosnesid erinevatest fermide, talade ja postide konfiguratsioonidest.

Esimesena on kirjeldatud hoonet ning selgitatud vahelae konstruktiivset lahendust. Kirjeldatakse vahelae jäikuse tagamist. Samuti on leitud vahelaele mõjuvad koormused, mille alusel on tehtud kandekonstruktsioonide dimensioneerimine ning tugevuskontrollid.

Järgmisena on dimensioneeritud vahelae kandekonstruktsiooni talad ning vastavalt sisejõududele teostatud tugevuskontrollid.

Seejärel on dimensioneeritud fermid. Samas on viidud läbi varraste ja sõlmede tugevuskontrollid.

Viimasena on dimensioneeritud postid. Ruutristlõikega nelikanttorudest teraspostid dimensioneeritakse vastavalt fermidelt või laetaladelt ning peataladelt neile mõjuvale koormusele.

Töö lõpus analüüsitakse saadud tulemusi. Järelduste tulemusena valiti koos tellijaga välja sobivaim vahelae lahendus ning tehti vajalikud joonised.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ehituskonstruktori käsiraamat, Tiit Masso. Ehitame Tallinn 2010.
2. Teraskonstruksioonide arvutus Eurokoodeks 3 järgi, Kalju Loorits. Eesti Teraskonstruksiooniühing, 2008.
3. EVS-EN 1993-1-1:2006 „Eurokoodeks 3: Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks“. Eesti standardikeskus, 2006.
4. EVS-EN 1993-1-1:2006 „Eurokoodeks 3: Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-8: Liidete projekteerimine“. Eesti standardikeskus, 2006.
5. EVS-EN 1991-1-1:2002 „Eurokoodeks 1:Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused“. Eesti standardikeskus, 2002.
6. Metal Disain [http://metaldis.ee/images/pdf/catalog/Metaldis\\_Catalog\\_Estonian.pdf](http://metaldis.ee/images/pdf/catalog/Metaldis_Catalog_Estonian.pdf) (30.04.2014).
7. Anstar OY <http://www.anstar.fi/wp-content/uploads/2013/02/ATP-eng-2013.pdf> (10.05.2014).

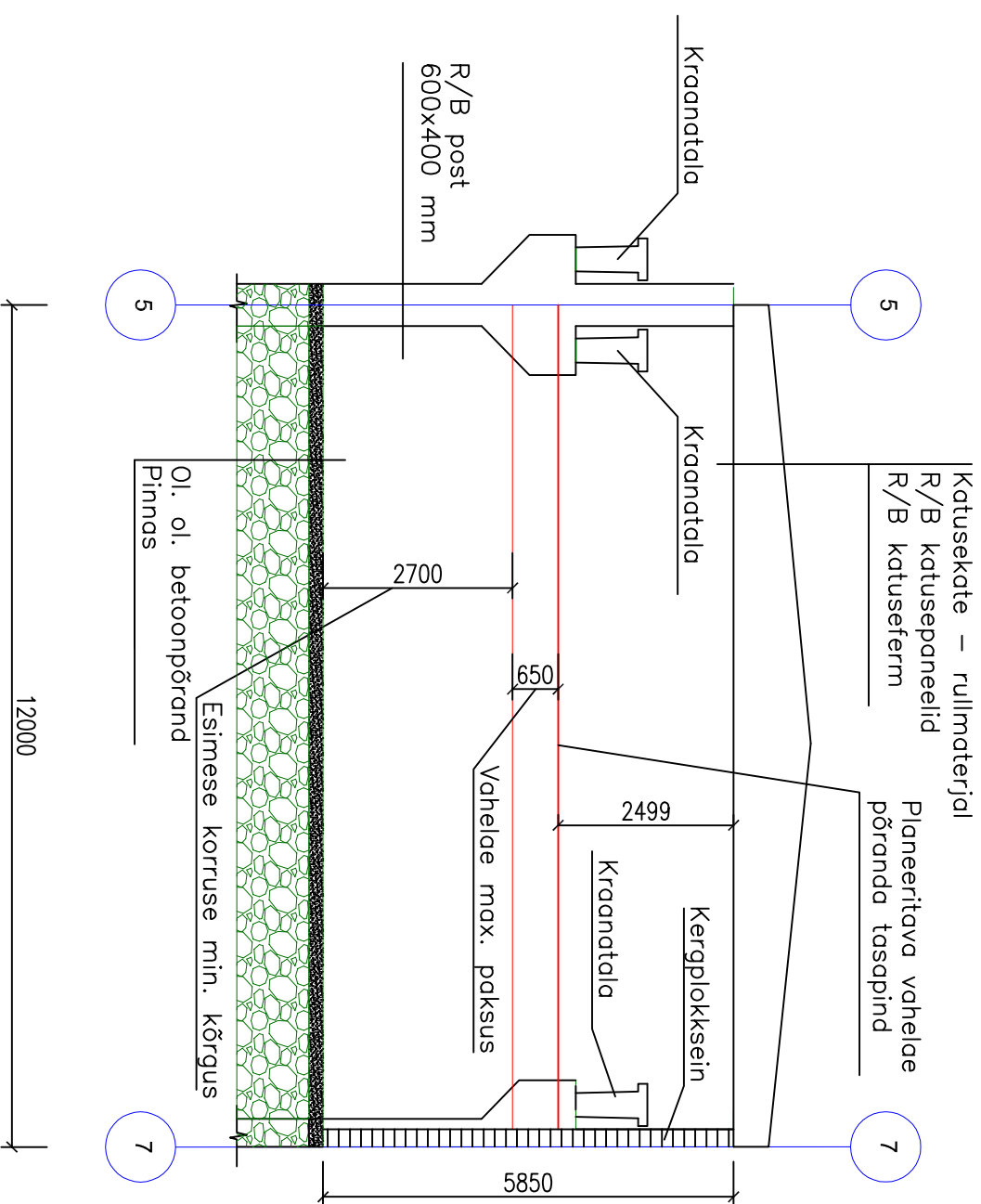
## LISAD

Lisa 1: Joonised .....	3
Joonis 1. Hoone plaan .....	3
Joonis 2. Olemasoleva olukorra plaan .....	4
Joonis 3. Olemasoleva olukorra plaan .....	5
Joonis 4. Lahendus 1 /Postide plaan .....	6
Joonis 5. Lahendus 1 /Talade plaan .....	7
Joonis 6. Lahendus 1 /Lõige.....	8
Joonis 7. Lahendus 2 /Postide plaan .....	9
Joonis 8. Lahendus 2 /Taladeja fermide plaan .....	10
Joonis 9. Lahendus 2 / Lõige A-A .....	11
Joonis 10. Lahendus 2 / Lõige B-B.....	12
Joonis 11. Lahendus 2 / Postid.....	13
Joonis 12. Lahendus 2 / Talad ja fermid .....	14
Joonis 13. Lahendus 2 / Montaažisõlmed 1 .....	15
Joonis 14. Lahendus 2 / Montaažisõlmed 2 .....	16
Joonis 15. Lahendus 3 /Postide plaan .....	17
Joonis 16. Lahendus 3 /Talade ja fermide plaan .....	18
Joonis 17. Lahendus 3 /Lõige.....	19
Joonis 18. Lahendus 4 /Postide plaan .....	20
Joonis 19. Lahendus 4 /Talade plaan .....	21
Joonis 20. Lahendus 4 /Lõige.....	22
Joonis 21. Lahendus 5 /Postide plaan .....	23
Joonis 22. Lahendus 5 /Talade plaan .....	24
Joonis 23. Lahendus 5 /Lõige.....	25

# Ol. ol. olukord


## Lõige A-A

M 1:100



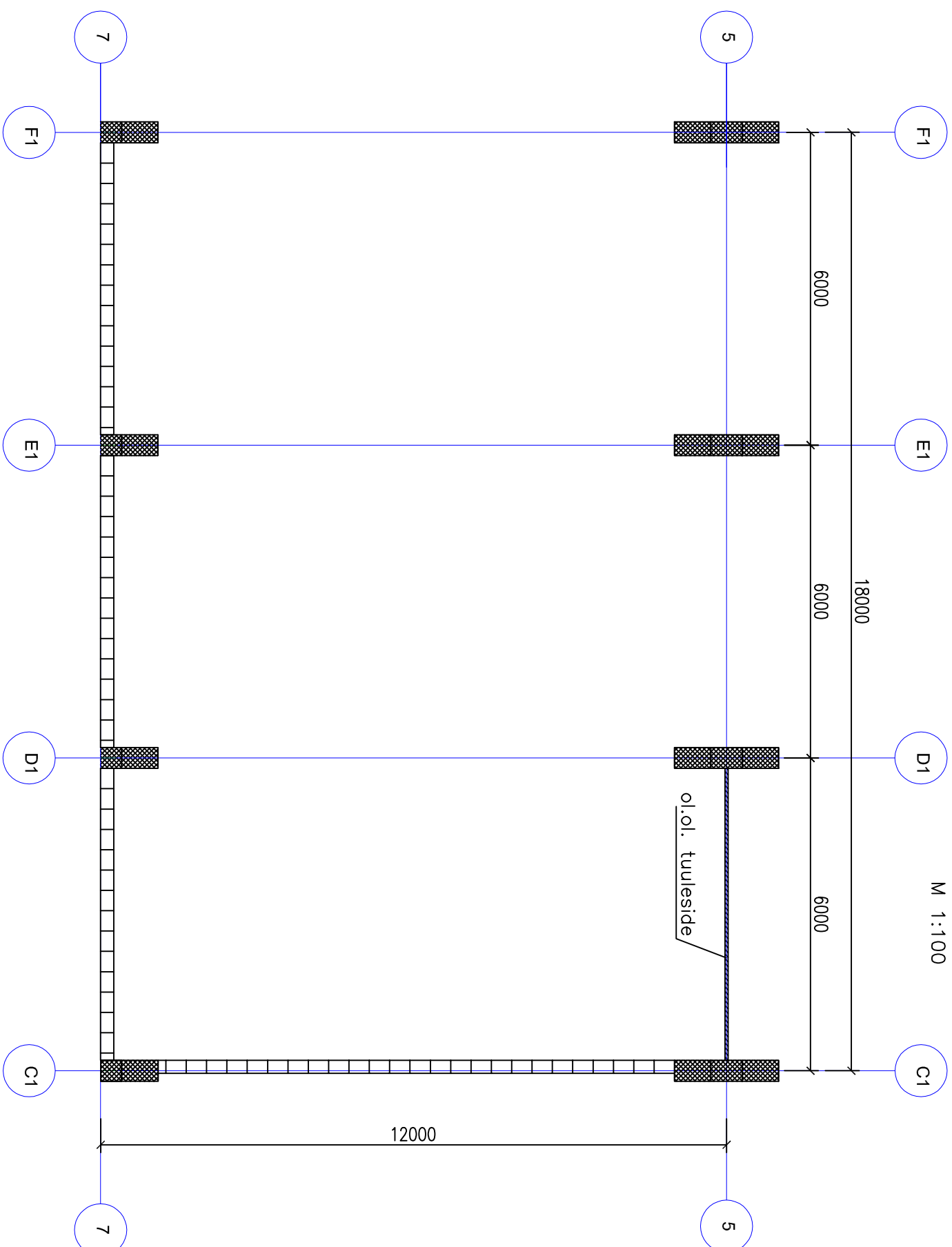
Tingimärgid

-  Kergplakksein
-  R/B Postid 600\*400 mm

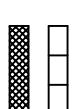
		Tellija: <b>OÜ D.M.D.</b>			Objekt: <b>Laohoone</b>		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev		Nimetus: <b>Ol. ol. olukord</b>		
Koostas	Indrek Sikk				<b>Lõige A-A</b>		
Juhendas	Lauri Reinart				Lehti: 3	Lehti: 23	Mõõtkava: 1:100
TTÜ Tartu Kolledž							

# O.l. olukord Piaan


M 1:100



Tingmärgid



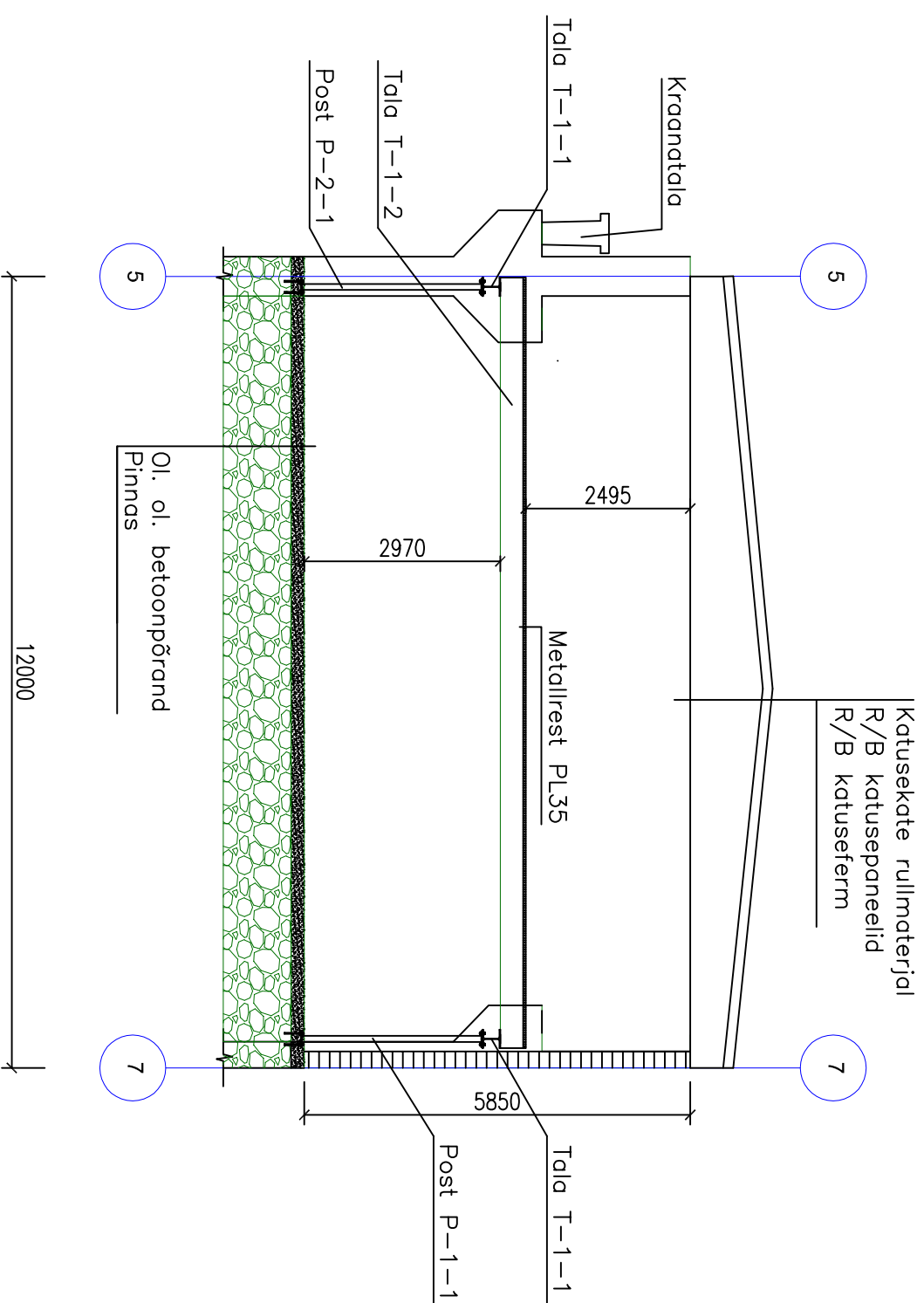
Kergplokksein  
R/B Postid 600\*400 mm

		Tellija: OÜ D.M.D.			Objekti: Laahoone		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev		Nimetus:		
Koostas	Indrek Sikk				O.l. olukord		
Juhendas	Lauri Reinart				Piaan		
TTÜ Tartu Kolledž					Lehti:	Lehti:	Mõõtkava:
					2	23	1:100

# Lahendus 1

## Lõige A-A

M 1:100




Tingmäärgid

-  Kergplokksein
-  R/B Postid 600\*400 mm

Märkused:

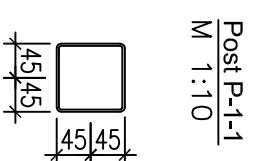
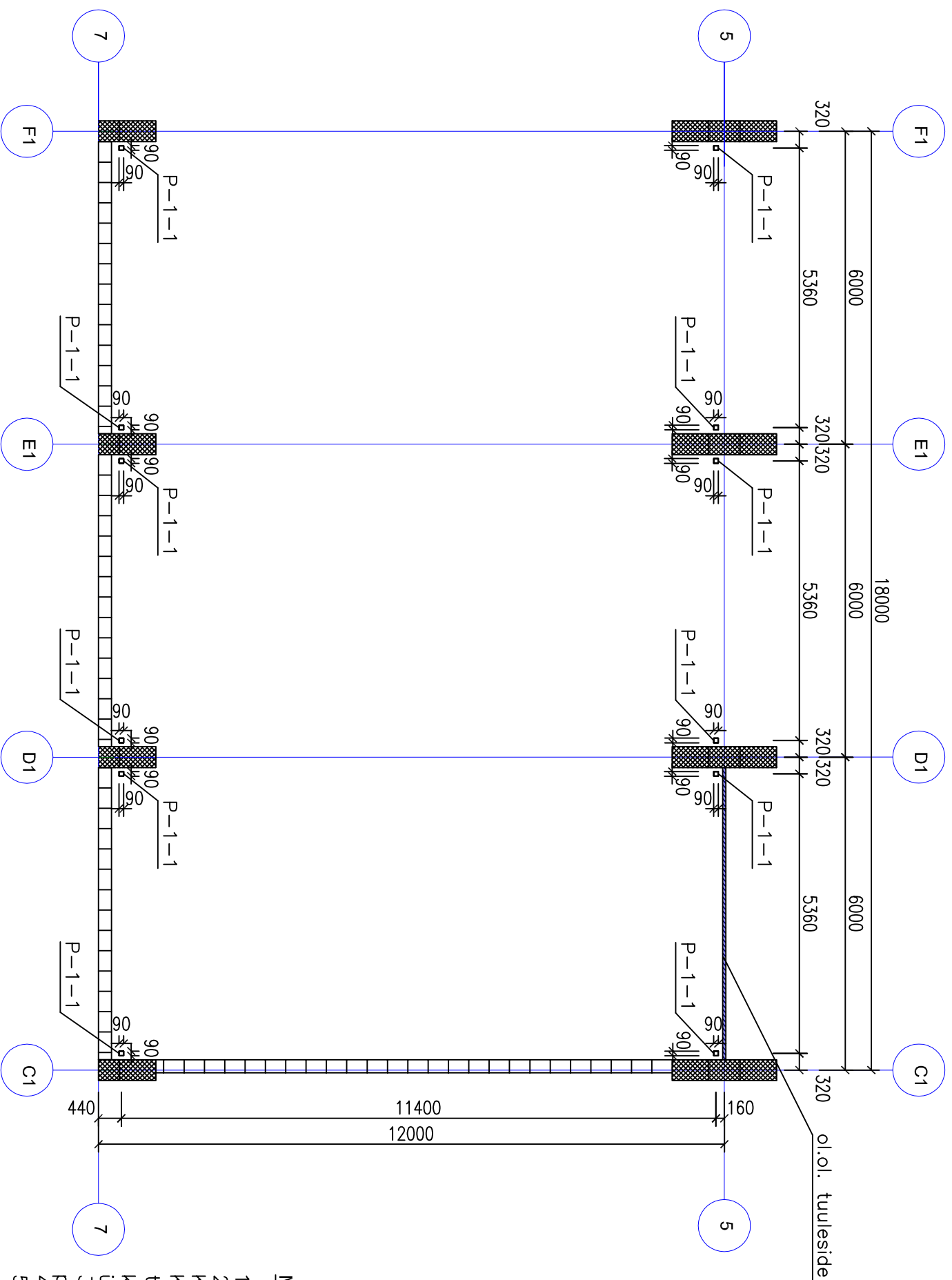
1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõimedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Lahtised toruprofiilide otsad sulgeda teraslehtedega.
4. Elementid kinnitada poltühendusega joonisel näidatud viisil.
5. Postide plaan on toodud joonisel 4.
6. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 5.

		Tellija: OÜ D.M.D.		Objekt: Laohoone	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	
Koostas	Indrek Sikk			Lahendus 1	
Juhendas	Lauri Reinart			Lõige A-A	
TTÜ Tartu Kolledž				Lehti:	6
				Lehti:	23
				Möötkava:	1:100

# Lahendus 1

## Postide plaan

M 1:100



**Tingmäärigid**

Keraplakksein

R/B Postid 600\*400 mm

**Märkused:**

1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terrasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonkatise. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Postide spetsifikatsioon sisalduvad ainult postide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisadetailid.
4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 5.
5. Lõige on toodud joonisel 6.

**Postide spetsifikatsioon:**

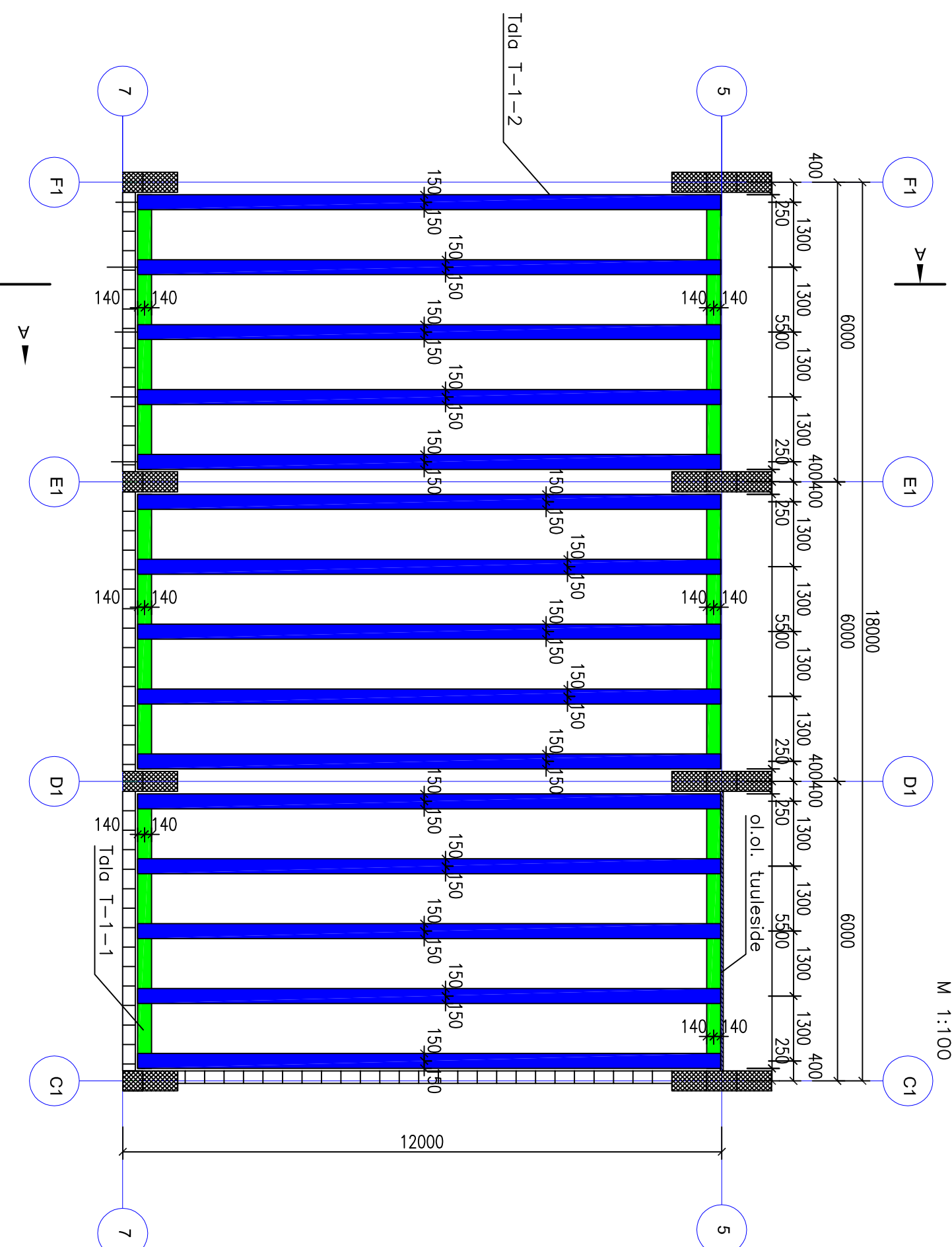
Tähis	Posi pikkus (m)	Posi ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Posi mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-1-1	2.72	90x90x3	8.01	21.8	12	261.6
						261.6

	Tellijä:	OÜ D.M.D.		Objekt:	Laohoone		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	Lahendus 1		
	Indrek Sikk			Postide plaan			
	Juhendas	Lauri Reinart		Lehti:	4	Lehti:	23
TTÜ Tartu Kolledž				Mõõtkava:	1:100		

# Lahendus 1

## Talade plaan

M 1:100



**Tingmärgid**

	Kergrakksein
	R/B Postid 600*400 mm
	Tala T-1-2
	Tala T-1-1

**Märkused:**

1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõimedel näidatule. Kõik keevisõimblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisete teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  (t – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Talade ja fermide spetsifikatsioonis sisalduvad ainult talade ja fermide põhiprofiilid, ei sisaldu sõimelehed ja lisadetailid.
4. Postide plaan on toodud joonisel 4.
5. Lõige A–A toodud joonisel 6.

**Talade spetsifikatsioon:**

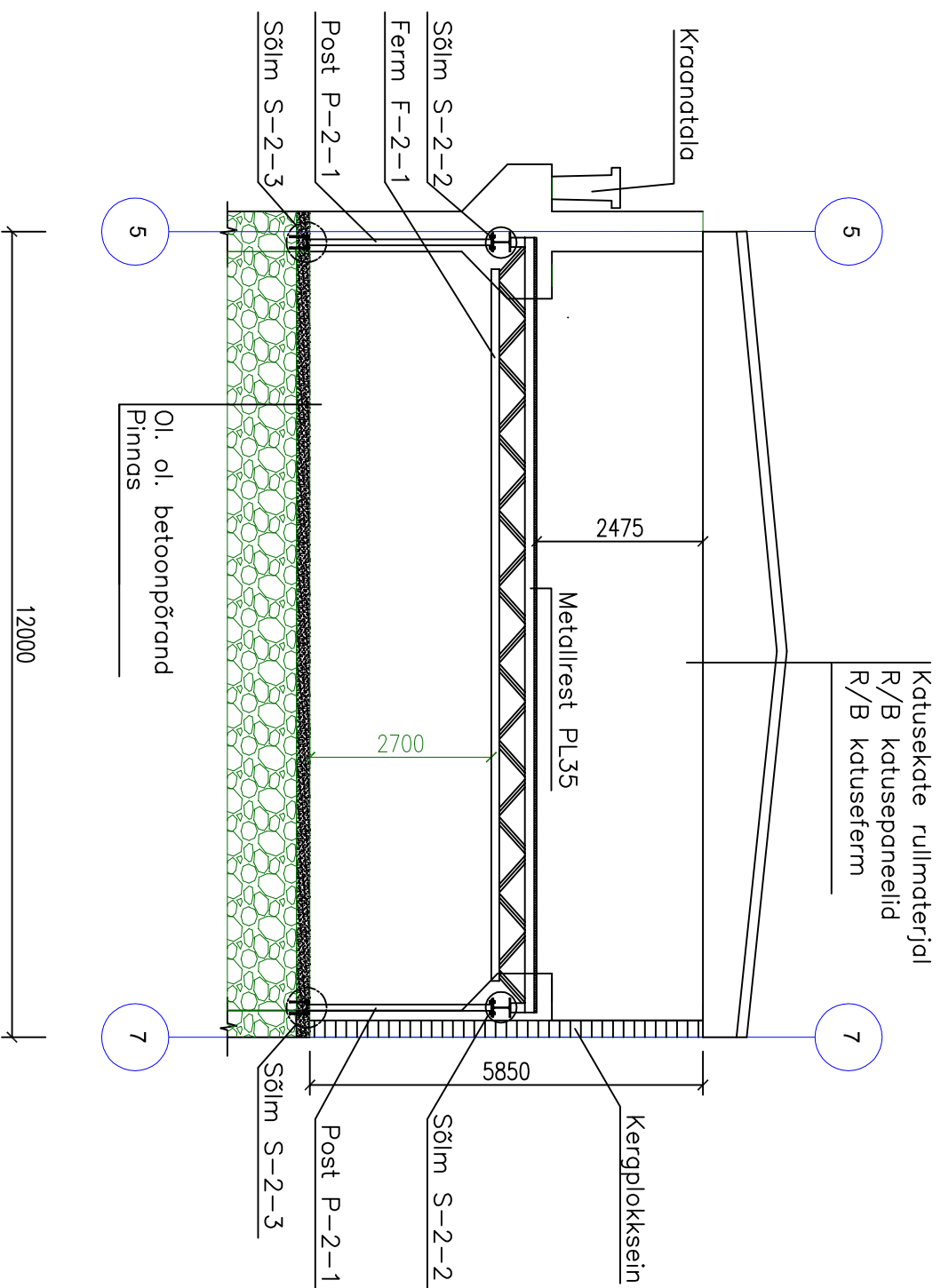
Tähis	Tala pikkus (m)	Tala ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-1-1	5.5	HEA280	76.4	420.2	6	2521.2
T-1-2	11.68	HEA360	112	1308.2	15	19623.0
						22144.2

	Tellijä: OÜ D.M.D.	Objekt: Laohoone
Koostas	Nimi: Allkiri	Nimetus: Lahendus 1
Juhendas	Indrek Sikk	Talade plaan
	Lauri Reinart	
Ttj Tartu Kolledž		Lehti: 5
		Lehti: 23
		Mõõtkava: 1:100




## Lahendus 2 Lõige A-A

M 1:100



### Märkused:

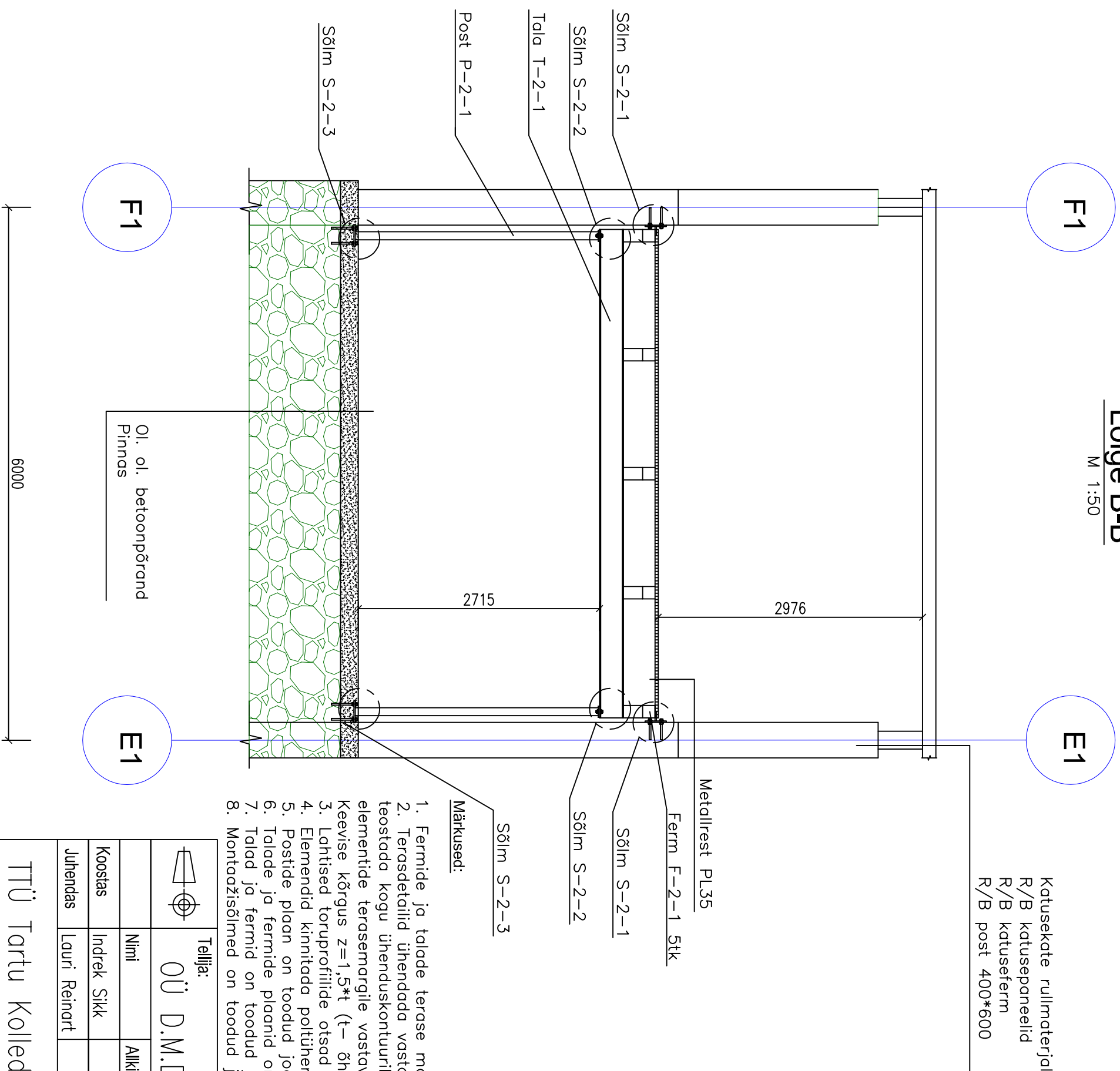
1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõimedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Lahtised toruprofiilide otsad sulgeda teraslehtedega.
4. Elemendid kinnitada poltühendusega joonisel 7.
5. Postide plaan on toodud joonisel 7.
6. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 8.
7. Talad ja fermid on toodud joonisel 12, postid joonisel 11.
8. Montaažisõimmed on toodud joonistel 13 ja 14.

		Tellija: <b>OÜ D.M.D.</b>		Objekt: Laohoone	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	
Koostas	Indrek Sikk			Lahendus 2	
Juhendas	Lauri Reinart			Lõige A-A	
TTÜ Tartu Kolledž				Leht:	Lehti:
				9	23
					Mõõtkava:
					1:100

## Lahendus 2

### Lõige B-B

M 1:50



Katusekate rullmaterjal  
R/B katusepaneelid  
R/B katuseferm  
R/B post 400\*600

Metallrest PL35

Ferm F-2-1 5tk

Sõlm S-2-1

Sõlm S-2-2

Sõlm S-2-3

Märkused:

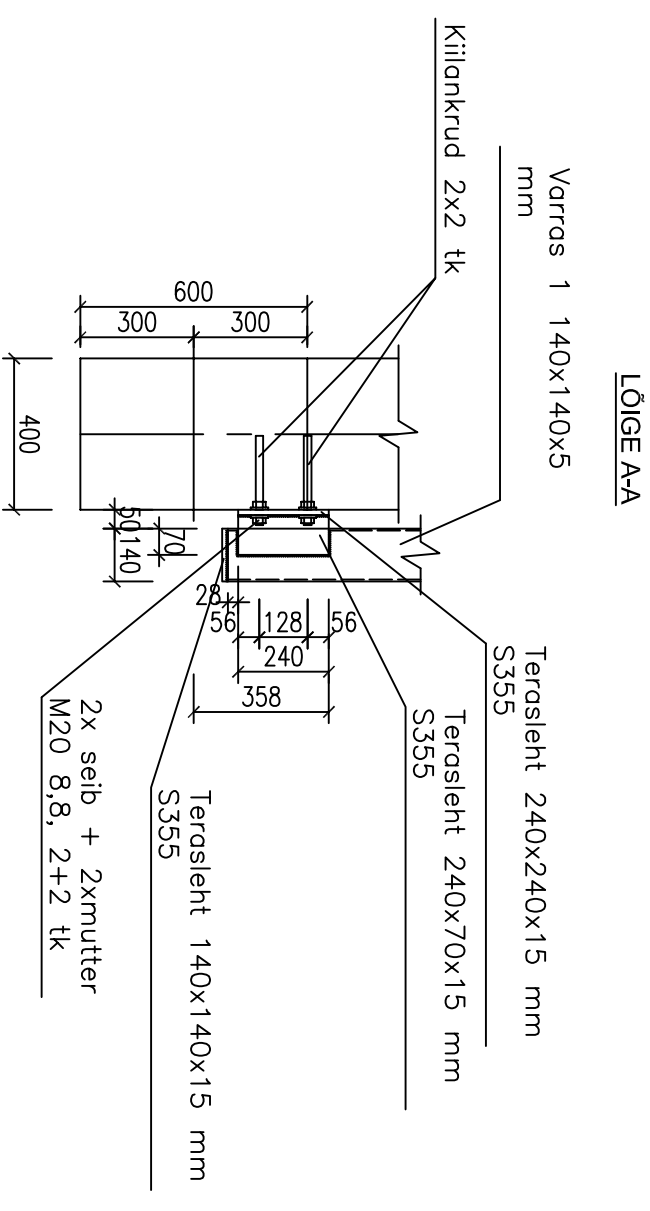
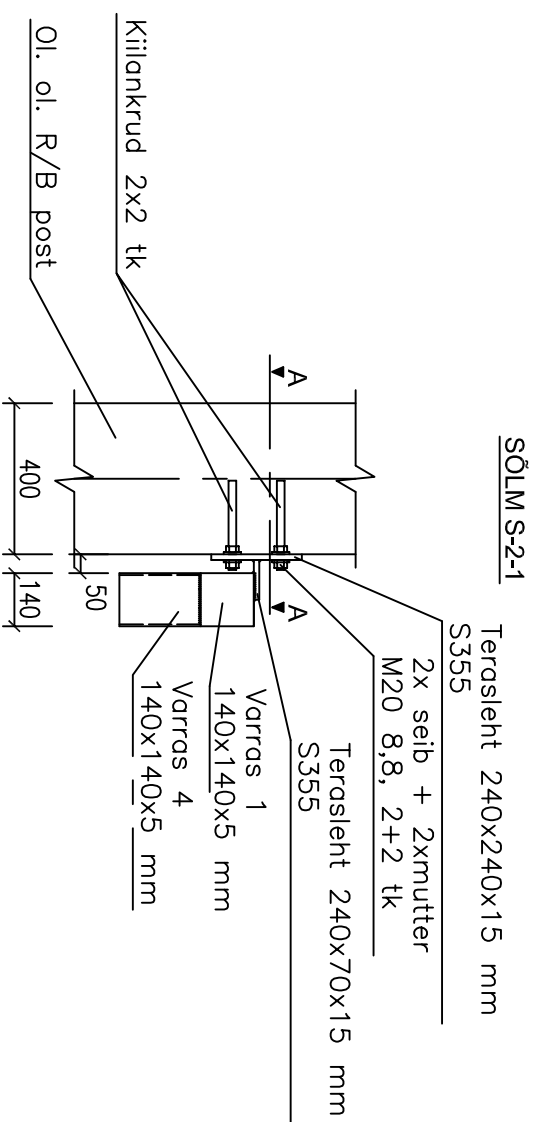
- Fermide ja talade terase mark S355J2H.
- Terasdetailid ühendada vastavalt montaažiõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  — õhema ühendatava elemendi paksus).
- Lahtised toruprofiilide otsad sulgeda teraslehtedega.
- Elemendid kinnitada põltühendusega joonisel näidatud viisil.
- Postide plaan on toodud joonisel 7.
- Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 8.
- Talad ja fermid on toodud joonisel 12, postid joonisel 11.
- Montaažiõlmed on toodud joonistel 13 ja 14.

		Tellijä:	OÜ D.M.D.			Objekt:	Laohoone				
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		Lahendus 2					
Koostas	Indrek Sikk			Lõige B-B							
Juhendas	Lauri Reinart										
TTÜ Tartu Kolledž						Lehti:	10	Lehti:	23	Möötkava:	1:50

## Lahendus 2

### Montaažišõlmed 1

M 1:20



- Märkused:**
1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
  2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažišõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevuselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonkaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
  3. Elemendid kinnitada poltühendusega joonisel näidatud viisil.
  4. Postide plaan on toodud joonisel 7.
  4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 8.
  5. Lõiked A–A ja B–B on toodud joonistel 9 ja 10.

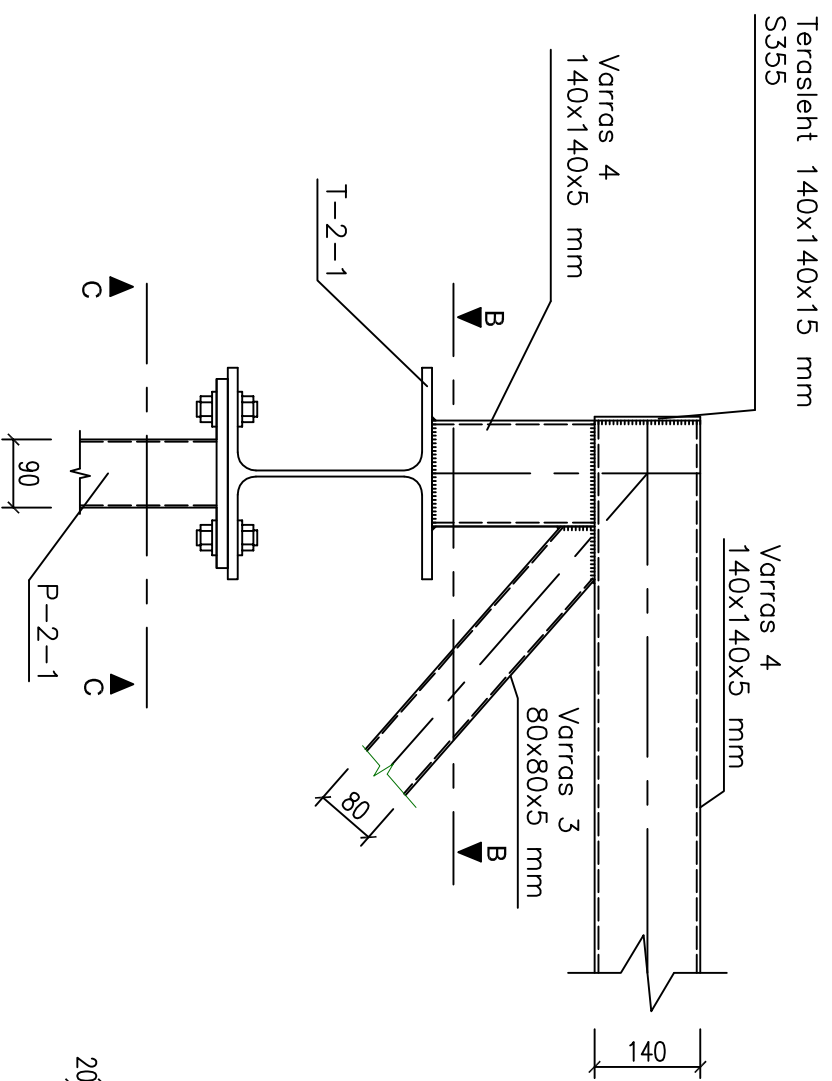
	Tellijä: OÜ D.M.D.		Objekt: Laohoone	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Lahendus 2
Koostas	Indrek Sikk			Montaažišõlmed 1
Juhendas	Lauri Reinart			
Ttj Tartu Kolledž			Lehti: 13	Lehti: 23
				Mõõtkava: 1:20

## Lahendus 2

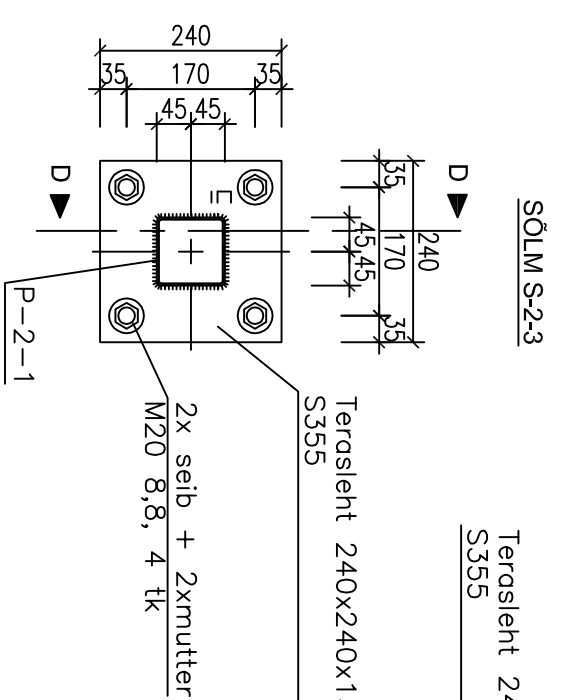
### Montaazisõlmed 2

M 1:10

SÕLM S-2-2

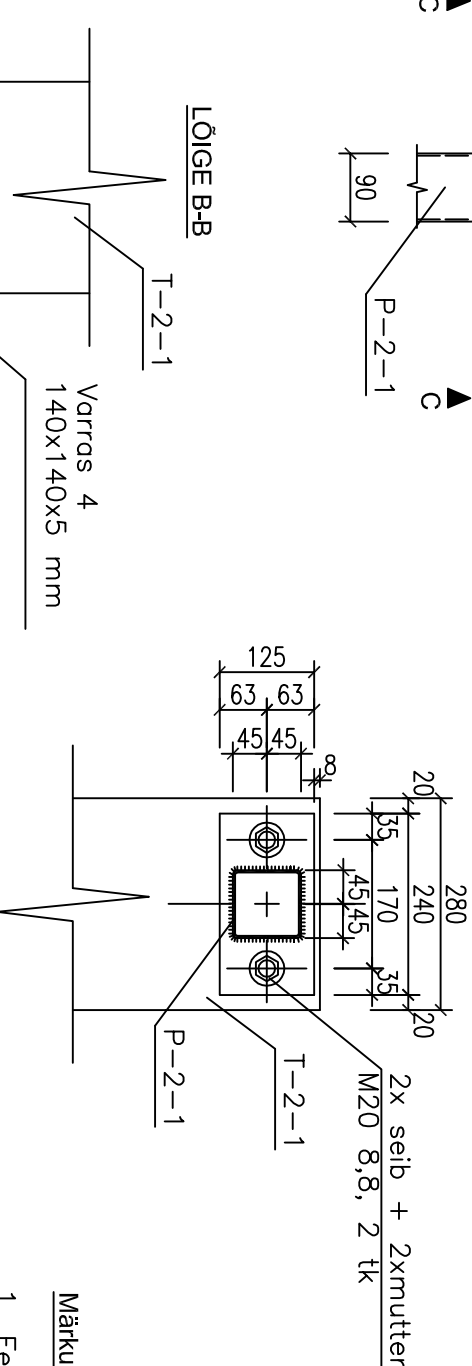
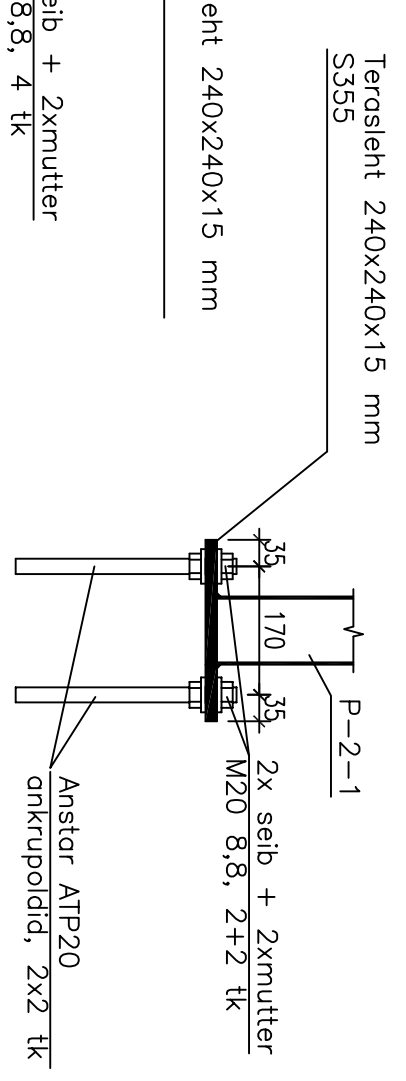


LÕIGE C-C

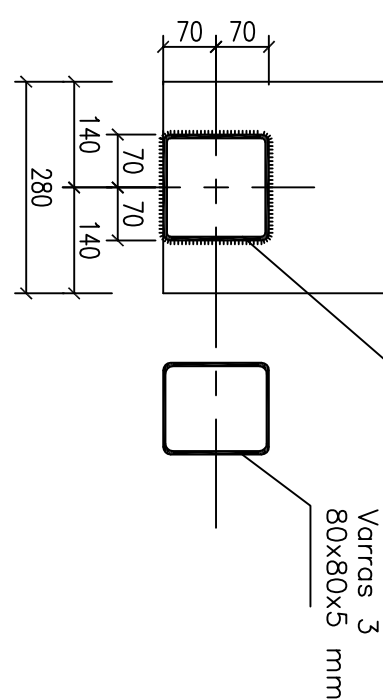


SÕLM S-2-3


LÕIGE D-D



LÕIGE B-B



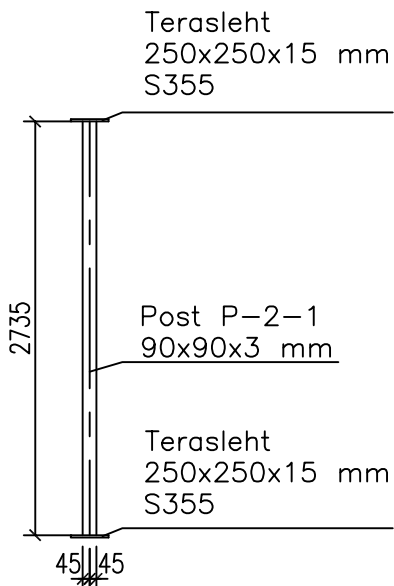
- Märkused:**
1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
  2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaazisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5 \cdot t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
  3. Elemendid kinnitada põtühendusega joonisel näidatud viisil.
  4. Postide plaan on toodud joonisel 7.
  4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 8.
  5. Lõiked A–A ja B–B on toodud joonistel 9 ja 10.

		Tellija: <b>OÜ D.M.D.</b>		Objekt: <b>Laohoone</b>	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	
Koostas	Indrek Sikk			Lahendus 2	
Juhendas	Lauri Reinart			Montaazisõlmed 2	
TTÜ Tartu Kolledž			Lehti:	Lehti:	Mõõtkava:
			14	23	1:10

## Lahendus 2

### Postid

M 1:50



**Märkused:**

1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keeviselega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Postide spetsifikatsioonis sisalduvad postide põhiprofiilid, sõlmelehed seal ei sisaldu.
4. Postide plaan on toodud joonisel 7.
5. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 8.
6. Lõiked A–A ja B–B on toodud joonistel 9 ja 10.
5. Montaažisõlmed on toodud joonistel 13 ja 14.

Talade spetsifikatsioon:

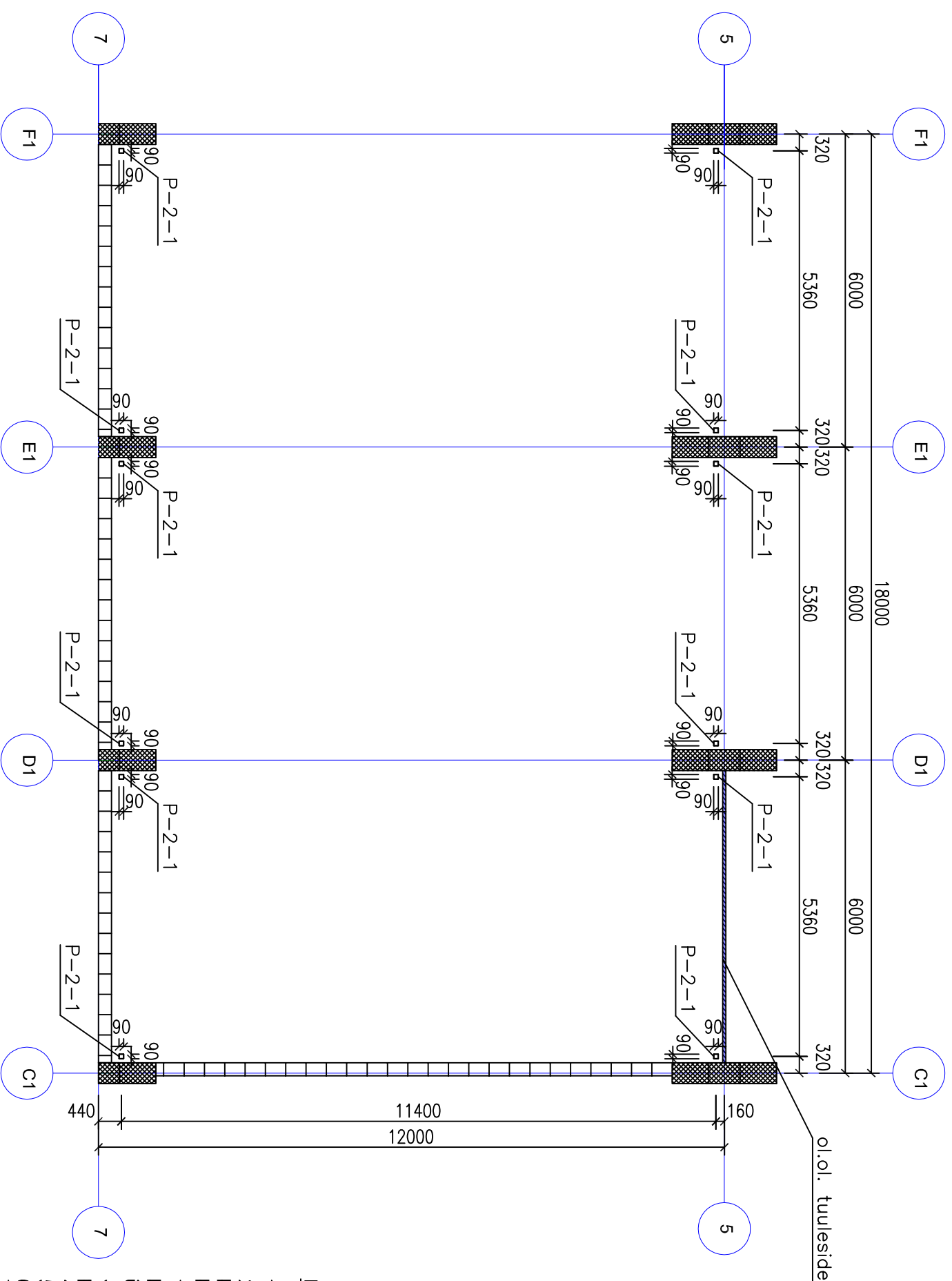
Tähis	Posti pikkus (m)	Posti ristlõige	Ristlõike omakaal (kg/m)	Posti mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-2-1	2.735	90x90x3	8.01	21.9	4	87.6
						87.6

	Tellija: OÜ D.M.D.			Objekt: Laohoone		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Lahendus 2 Postid		
Koostas	Indrek Sikk					
Juhendas	Lauri Reinart					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 11	Lehti: 23	Mõõtkava: 1:50

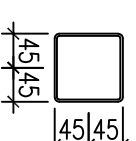
## Lahendus 2

### Postide plaan

M 1:100



Post P-2-1  
M 1:10



#### Tingimärgid

- Kergplokksein
- R/B Postid 600\*400 mm

#### Märkused:

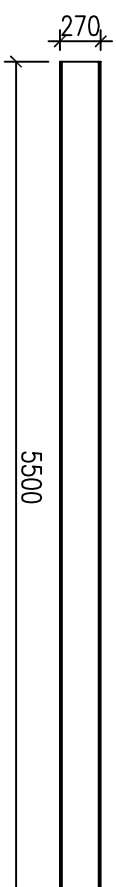
1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Postide spetsifikatsioon sisalduvad ainult postide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisadetailid.
4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 8.
5. Montaažisõlmed on toodud joonistel 13 ja 14.
6. Postid on toodud joonisel 11.
7. Lõiked A–A ja B–B on toodud vastavalt joonistel 9 ja 10.

#### Postide spetsifikatsioon:

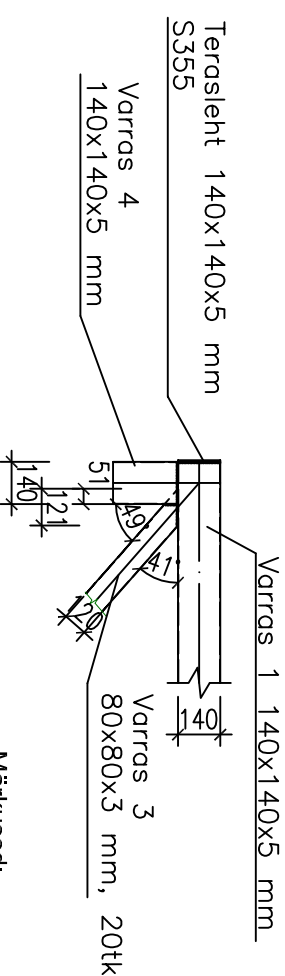
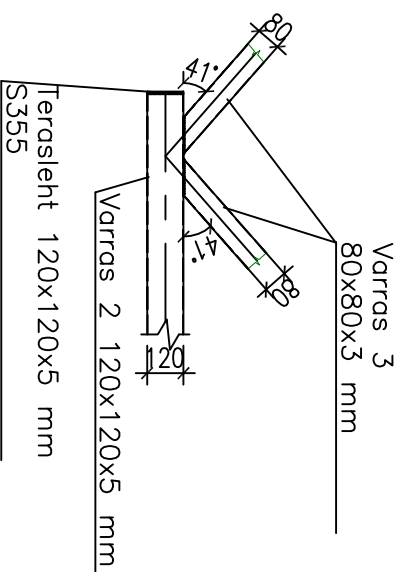
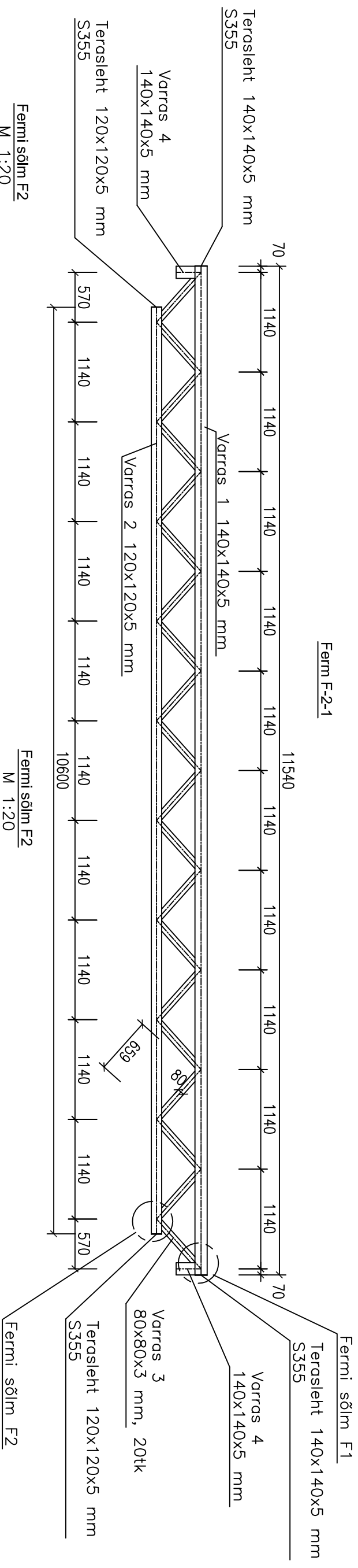
Tähis	Posi pikkus (m)	Posi ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Posi mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-2-1	2.735	90x90x3	8.01	21.9	12	262.9

	Tellijä:	OÜ D.M.D.		Objekt:	Laohoone	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	Lahendus 2	
	Indrek Sikk				Postide plaan	
	Juhendas	Lauri Reinart		Lehti:	7	Mõõtkava: 1:100
TTÜ Tartu Kolledž				Lehti:	23	

Tala T-2-1  
HEA280



Lahendus 2  
Tala ja ferm  
M 1:50



Talade spetsifikatsioon:

Tähis	Tala pikkus (m)	Tala risttõige	Risttõike oma-kaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-2-1	5.5	HEA280	76.4	420.2	6	2521.2

Fermide spetsifikatsioon:

Varda nr	Varda pikkus (m)	Varda risttõige	Risttõike oma-kaal (kg/m)	Varda mass (kg)	Varraste arv (tk)	Varraste mass kokku (kg)
1	11.54	140x140x5	20.7	238.9	1	238.9
2	10.26	120x120x5	17.6	180.6	1	180.6
3	0.659	80x80x3	7.07	4.7	20	93.2
4	0.215	140x140x5	20.7	20.7	2	8.9

Märkused:

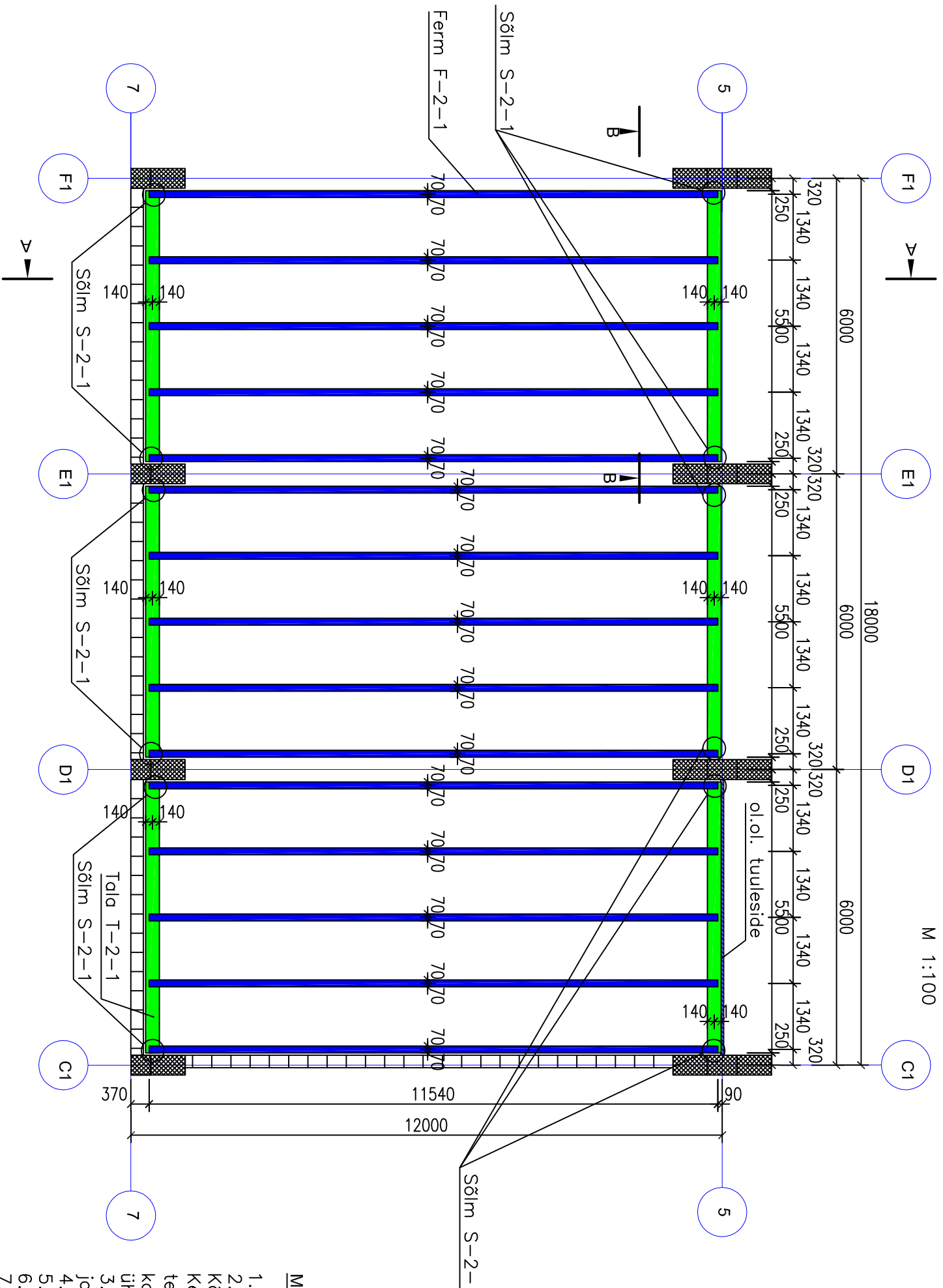
1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5 \cdot t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Lahtised toruprofiilide otsad sulgeda teraslehtedega.
4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonistel 8.
5. Lõiked A–A ja B–B on toodud joonistel 9 ja 10.
6. Montaažisõlmed on toodud joonistel 13 ja 14.

	Tellijä: OÜ D.M.D.	Objekt: Laohoone
Koostas	Nimi Indrek Sikk	Allkiri
Juhendas	Lauri Reinart	Kuupaev
TTÜ Tartu Kolledž	Leht: 12	Lehti: 23
		Möötkava: 1:50



## Lahendus 2 Talade ja fermide plaan

M 1:100



Tingmäärgid

	Kergplakksein
	R/B Postid 600*400 mm
	Ferm F-2-1
	Tala T-2-1

Märkused:

1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaits. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Talade ja fermide spetsifikatsioonis sisalduvad ainult talade ja fermide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisadetailid.
4. Postide plaan on toodud joonisel 8.
5. Montaažisõlmed on toodud joonistel 13 ja 14.
6. Talad ja fermid on toodud joonisel 11.
7. Lõiked A-A ja B-B on toodud vastavalt joonistel 9 ja 10.

Talade spetsifikatsioon:

Tähis	Tala pikkus (m)	Tala ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-2-1	5.5	HEA280	76.4	420.2	6	2521.2

Fermide spetsifikatsioon:

Tähis	Fermi pikkus (m)	Fermi oma-kaal (kg)	Fermide arv (tk)	Fermide mass kokku (kg)
F-2-1	11.54	521.5	15	7822.5

	Tellijä: OÜ D.M.D.	Objekt: Laohoone
Koostas	Nimi: Indrek Sikk	Nimetus: Lahendus 2
Juhendas	Lauri Reinart	Talade ja fermide plaan
TTÜ Tartu Kolledž		Lehti: 8
		Lehti: 23
		Mõõtkava: 1:100



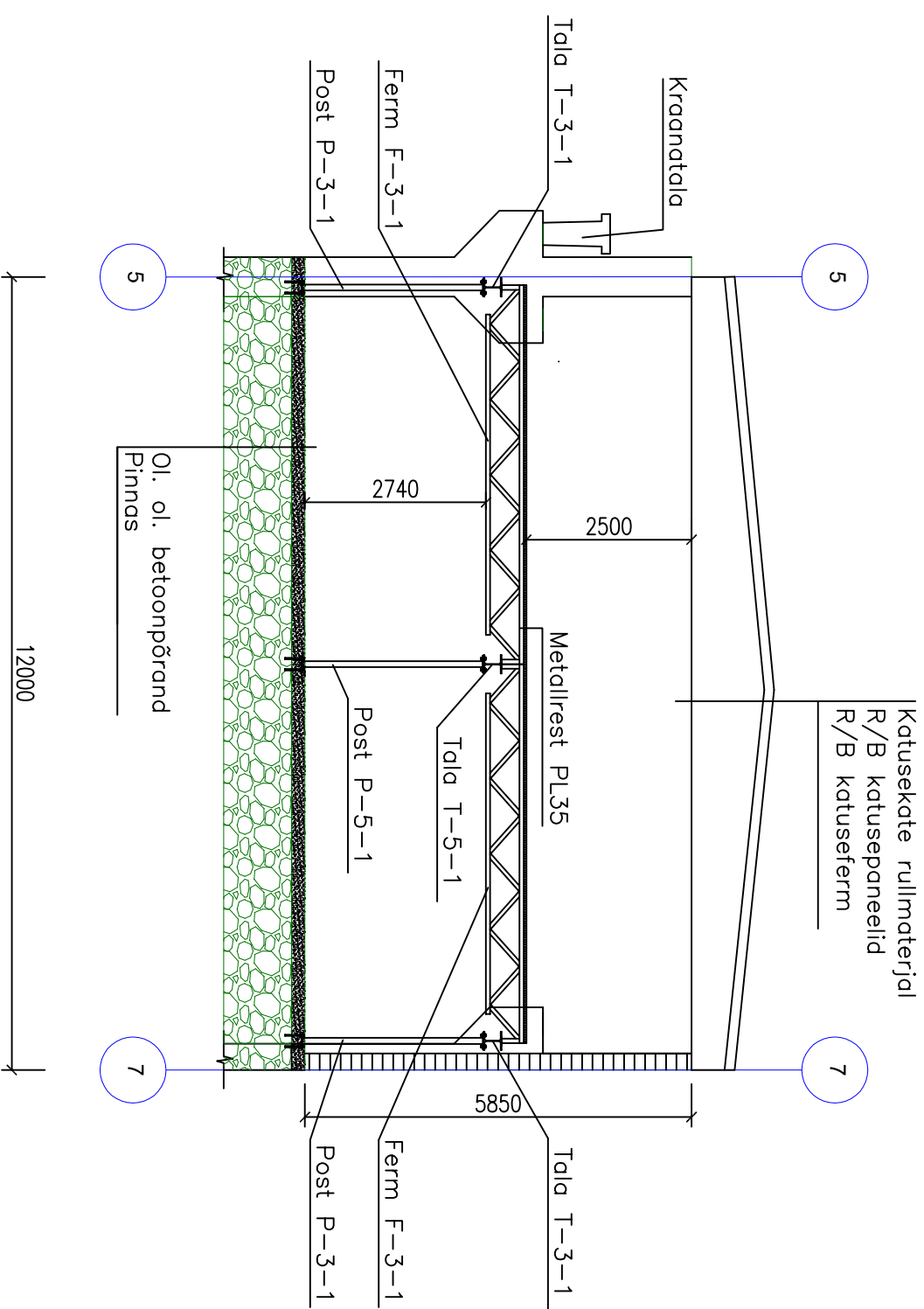
# Lahendus 3

## Lõige A-A

M 1:100

Tingmängid

□ □ □ Kergplokksein



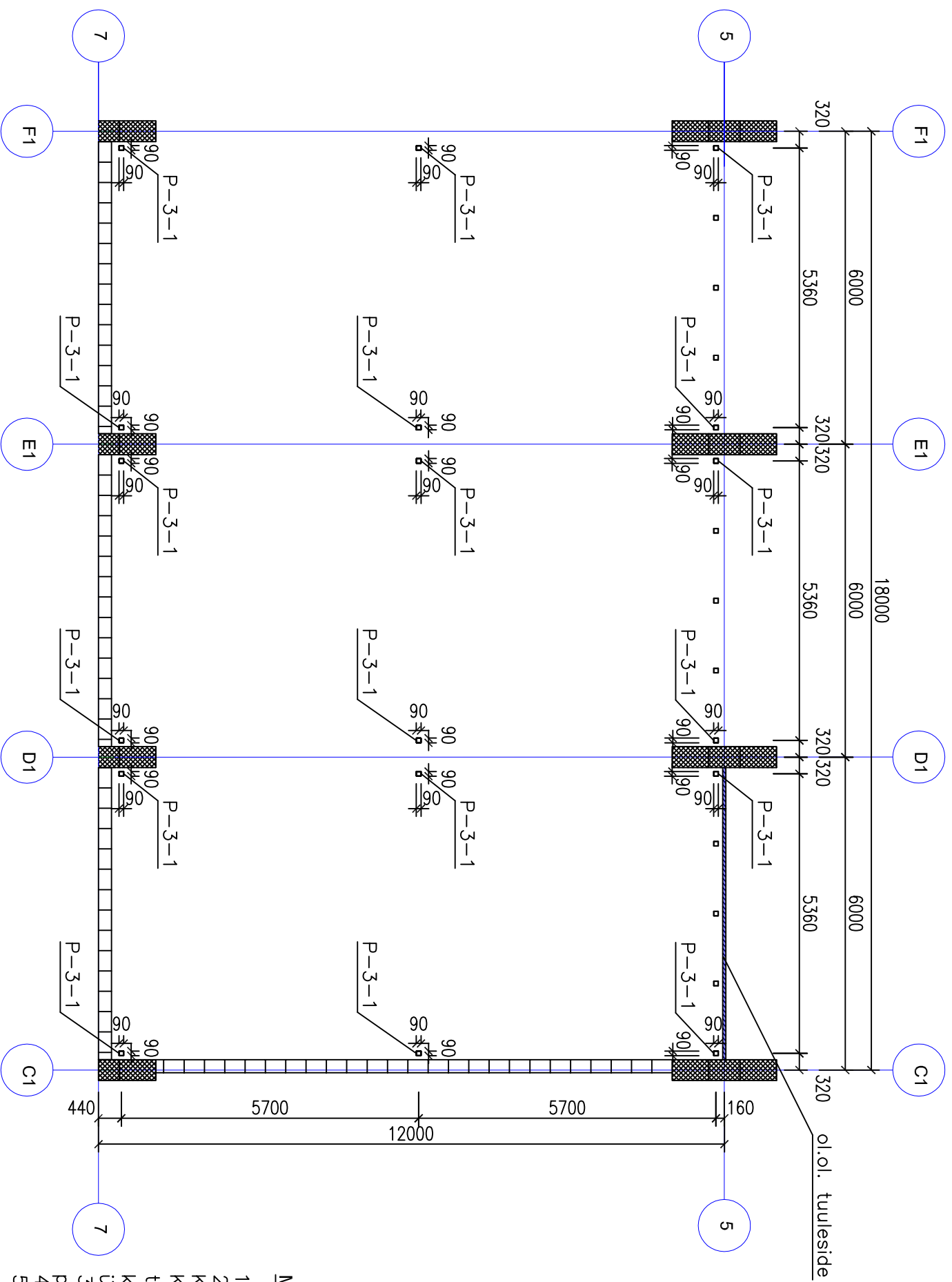
Märkused:

1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõimedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Lahtised toruprofiilide otsad sulgeda teraslehtedega.
4. Elementid kinnitada poltühendusega joonisel näidatud viisil.
5. Postide plaan on toodud joonisel 15.
6. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 16.

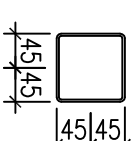
		Tellija: OÜ D.M.D.		Objekt: Laohoone	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	
Koostas	Indrek Sikk			Lahendus 3	
Juhendas	Lauri Reinart			Lõige A-A	
TTÜ Tartu Kolledž				Lehti:	Möötkava:
				17	1:100
				23	

## Lahendus 3 Postide plaan

M 1:100



Post P-3-1  
M 1:10



### Tingmängid

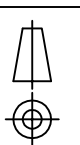
 Kergplokksein  
 R/B Postid 600\*400 mm

### Märkused:

1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselktrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonkatise. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Postide spetsifikatsioon sisalduvad ainult postide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisetailid.
4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 16.
5. Lõige on toodud joonisel 17.

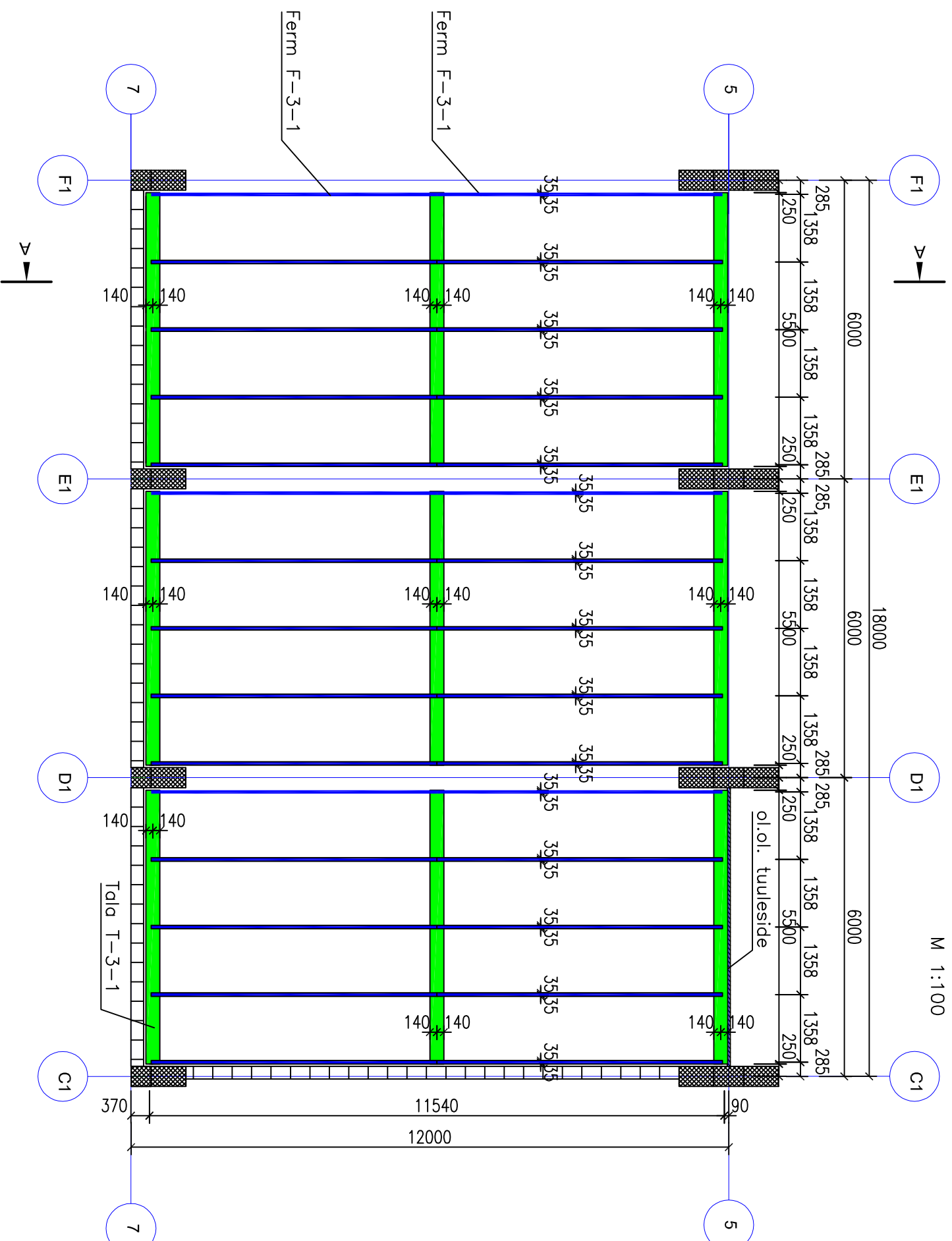
### Postide spetsifikatsioon:

Tähis	Posi pikkus (m)	Posi ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Posi mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-3-1	2.725	90x90x3	8.01	21.8	18	392.9

	Tellijä:	OÜ D.M.D.			Objekt:	Laohoone			
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	Lahendus 3				
	Indrek Sikk			Postide plaan					
	Juhendas	Lauri Reinart							
TÜÜ Tartu Kolledž				Lehti:	15	Lehti:	23	Mõõtkava:	1:100

## Lahendus 3 Talade ja fermide plaan

M 1:100



Tingmärgid

	Kergplokksein
	R/B Postid 600*400 mm
	Ferm F-3-1
	Tala T-3-1

Talade spetsifikatsioon:

Tähis	Tala pikkus (m)	Tala ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-3-1	5.5	HEA280	76.4	420.2	9	3781.8

Fermide spetsifikatsioon:

Tähis	Fermi pikkus (m)	Fermi oma-kaal (kg)	Fermide arv (tk)	Fermide mass kokku (kg)
F-3-1	5.74	96.7	30	2901

Märkused:

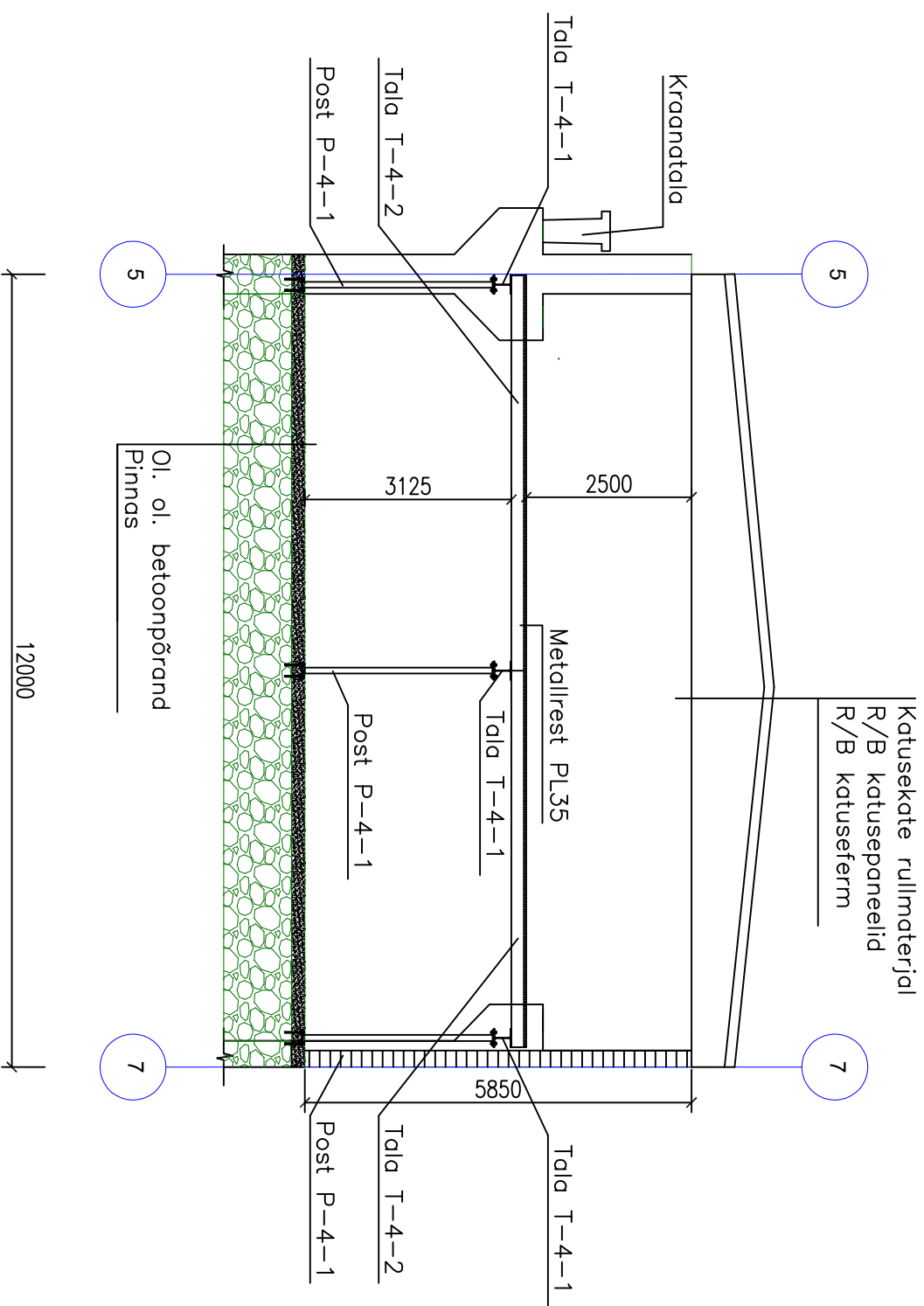
1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaits. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Talade ja fermide spetsifikatsioonis sisalduvad ainult talade ja fermide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisadetailid.
4. Postide plaan on toodud joonisel 15.
5. Lõige A–A toodud joonisel 17.

	Tellijä: OÜ D.M.D.	Objekt: Laohoone
	Nimi: Allkiri	Nimetus: Lahendus 3
	Koostas: Indrek Sikk	
	Juhendas: Lauri Reinart	

	Lehti: 16	Lehti: 23	Mõõtkava: 1:100
TÜÜ Tartu Kolledž			

# Lahendus 4 Lõige A-A


M 1:100



Tingmäärgid

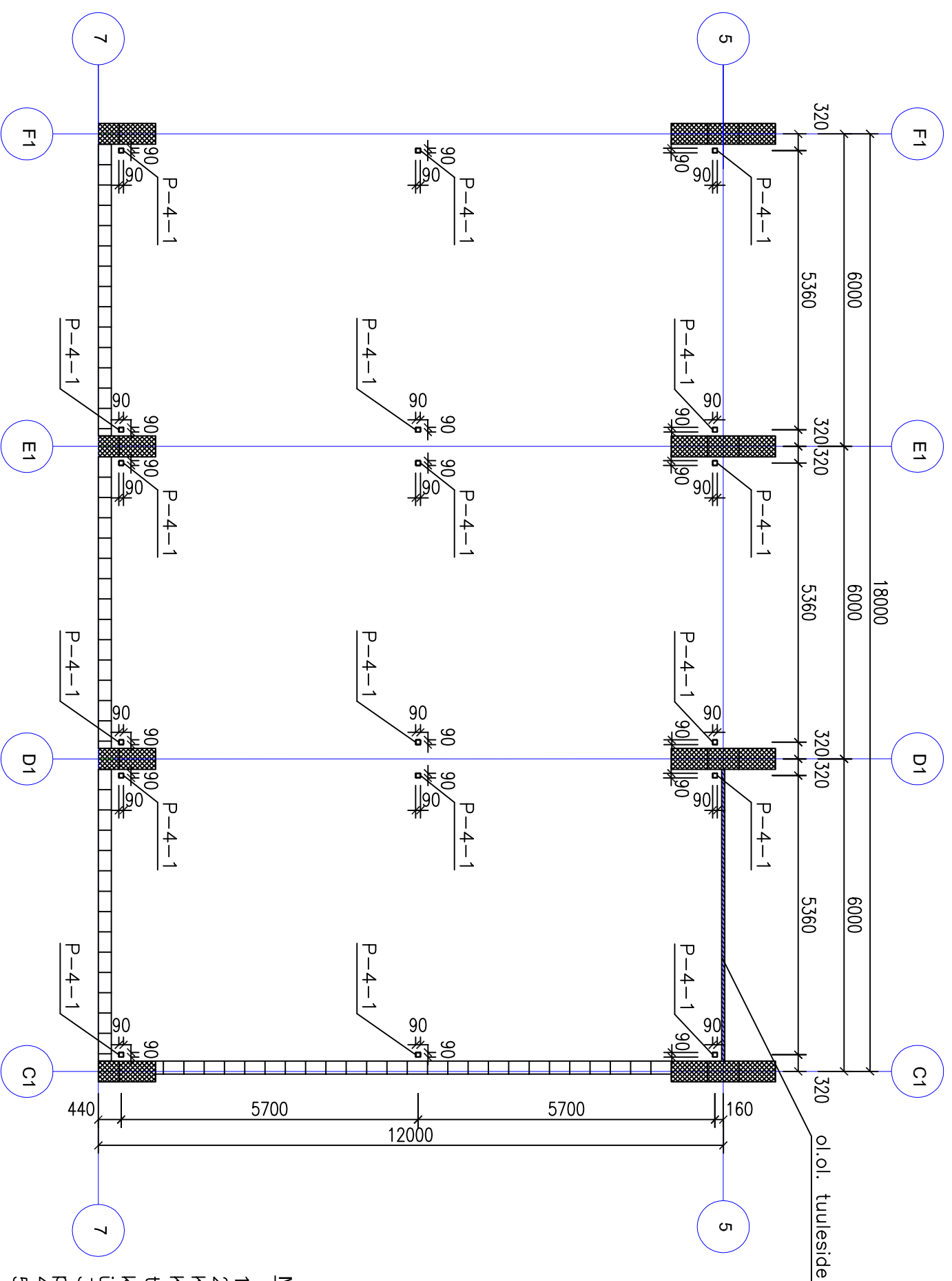
-  Kergplokksein
-  R/B Postid 600\*400 mm

- Märkused:**
1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
  2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõimedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
  3. Lahtised toruprofiilide otsad sulgeda teraslehtedega.
  4. Elementid kinnitada poltühendusega joonisel näidatud viisil.
  5. Postide plaan on toodud joonisel 18.
  6. Talade plaan on toodud joonisel 19.

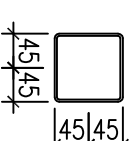
		Tellijä: OÜ D.M.D.		Objekt: Laohoone	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Lahendus 4	
Koostas	Indrek Sikk			Lõige A-A	
Juhendas	Lauri Reinart			Lehti: 20	Lehti: 23
TtÜ Tartu Kolledž				Möötkava: 1:100	

## Lahendus 4 Postide plaan

M 1:100



Post P-4-1  
M 1:10



Tingmargid

- Kerfplokksein
- R/B Postid 600\*400 mm

Märkused:

1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terrasetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonkatise. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Postide spetsifikatsioon sisalduvad ainult postide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisetailid.
4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 19.
5. Lõige on toodud joonisel 20.

Postide spetsifikatsioon:

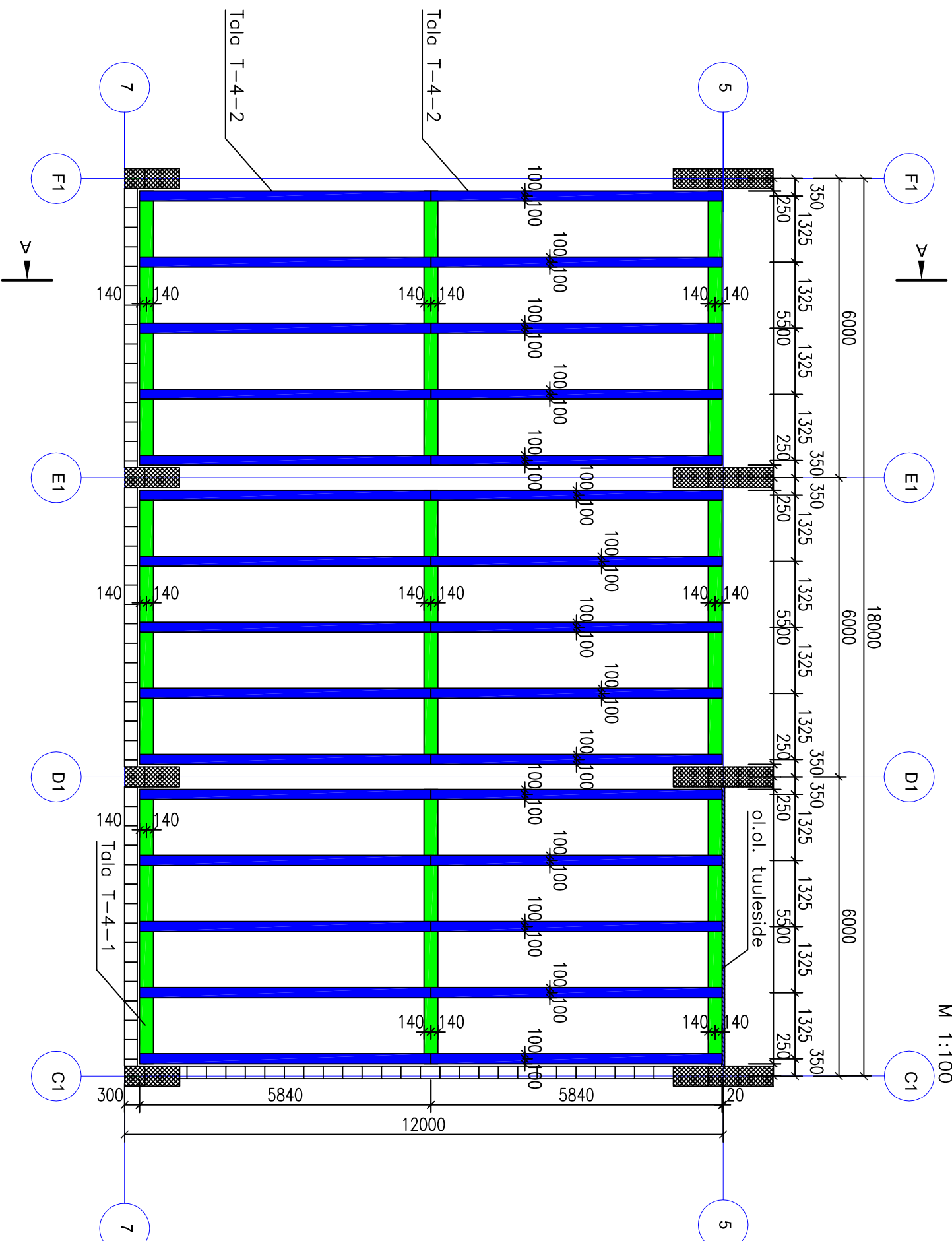
Tähis	Posi pikkus (m)	Posi ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Posi mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-4-1	2.875	90x90x3	8.01	23.0	18	414.5

	Tellijä: <b>ÕÜ D.M.D.</b>	Objekt: <b>Laohoone</b>
Koostas	Nimi Indrek Sikk	Allkiri Kuupäev
Juhendas	Lauri Reinart	Nimetus: <b>Lahendus 4 Postide plaan</b>
TTÜ Tartu Kolledž		Lehti: 18
		Lehti: 23
		Mõõtkava: 1:100



## Lahendus 4 Talade plaan

M 1:100



### Tingimärgid

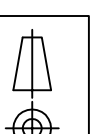
	Kergplokksein
	R/B Postid 600*400 mm
	Tala T-4-2
	Tala T-4-1

### Märkused:

1. Ruutristliõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõimedel näidatule. Kõik keevisõimblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitsese. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Talade ja fermide spetsifikatsioonis sisalduvad ainult talade ja fermide põhiprofiilid, ei sisaldu sõimelehed ja lisadetailid.
4. Postide plaan on toodud joonisel 18.
5. Lõige A–A toodud joonisel 20.

### Talade spetsifikatsioon:

Tähis	Tala pikkus (m)	Tala ristliõige	Ristliõike oma-kaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-4-1	5.5	HEA280	76.4	420.2	9	3781.8
T-4-2	5.84	HEA200	42.3	247	30	7410
						11191.8



Tellijä: OÜ D.M.D.

Objekt:

Laohoone

Nimi

Allkiri

Kuupäev

Nimetus:

Indrek Sikk

Lahendus 4

Juhendas

Lauri Reinart

Talade plaan

TTÜ Tartu Kolledž

Lehi:

19

Lehi:

23

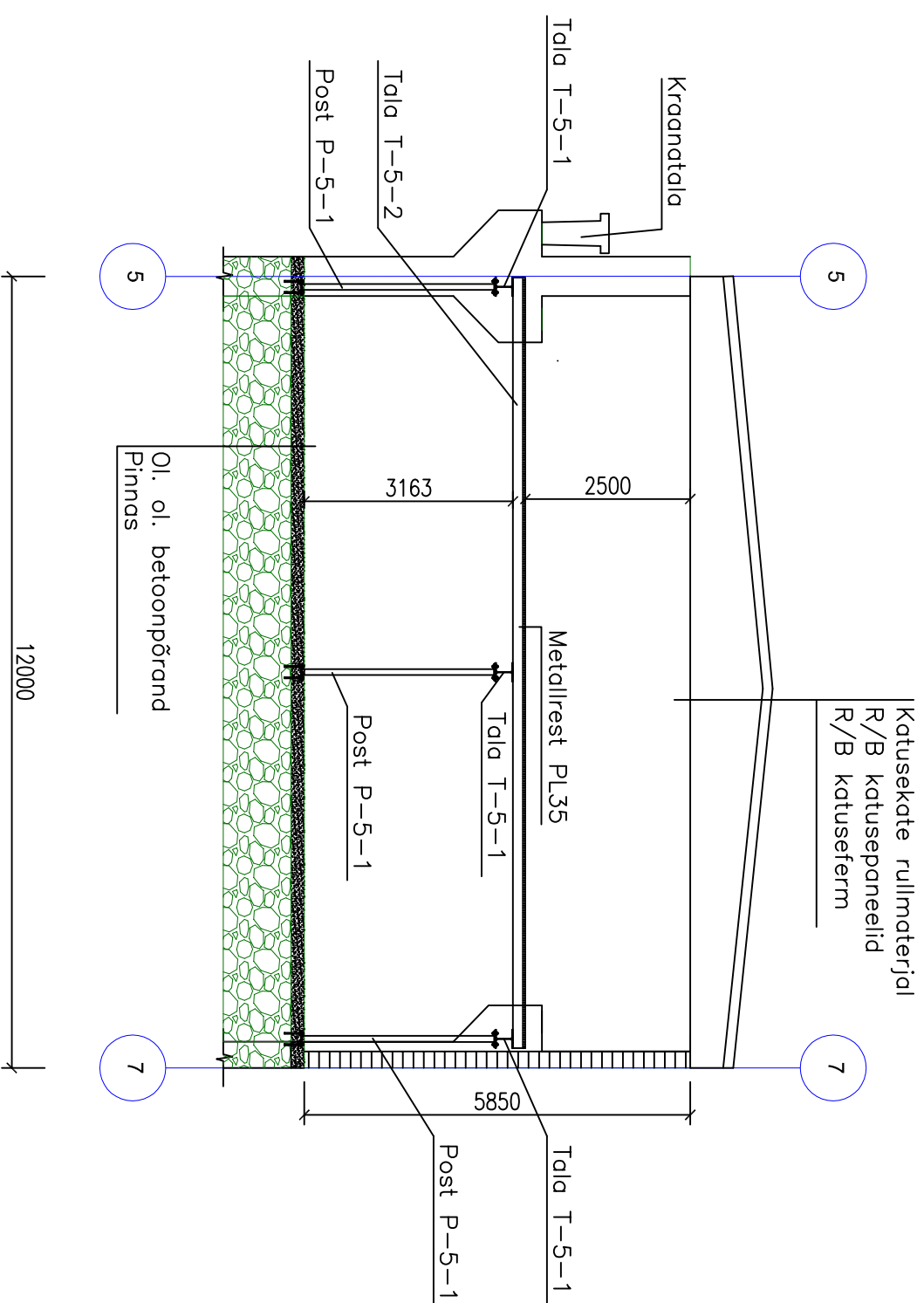
Mõõtkava:

1:100

# Lahendus 5

## Lõige A-A

M 1:100




### Tingmäärgid

-  Kergplokksein
-  R/B Postid 600\*400 mm

### Märkused:

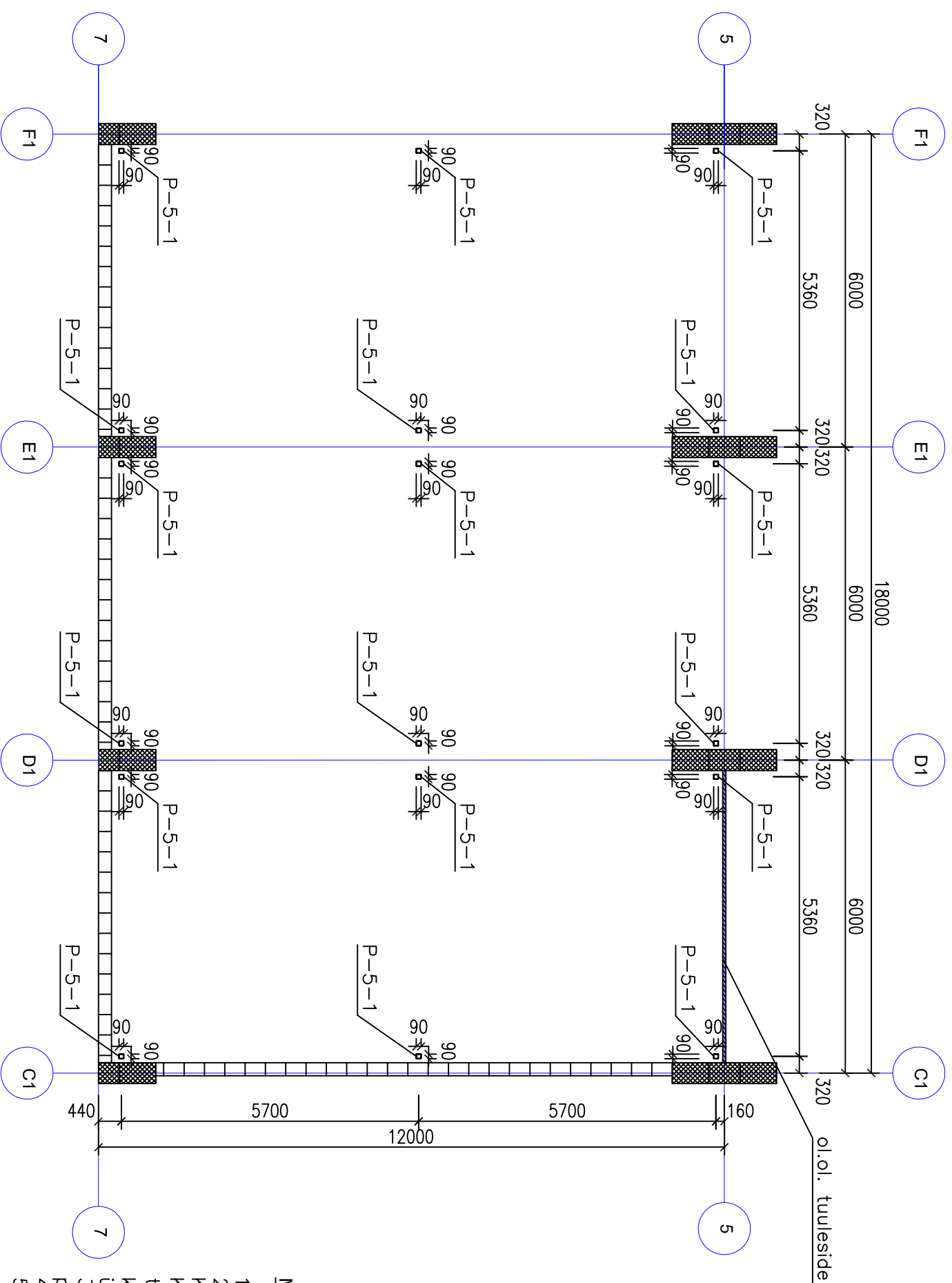
1. Fermide ja talade terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõimedel näidatule. Kõik keevisõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitse. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Lahtised toruprofiilide otsad sulgeda teraslehtedega.
4. Elementid kinnitada poltühendusega joonisel näidatud viisil.
5. Postide plaan on toodud joonisel 21.
6. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 22.

		Tellijä: OÜ D.M.D.		Objekt: Laohoone	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Lahendus 5	
Koostas	Indrek Sikk			Lõige A-A	
Juhendas	Lauri Reinart			Lehti: 23	Lehti: 23
TTÜ Tartu Kolledž				Mõõtkava: 1:100	

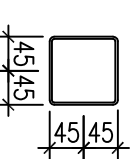
# Laendus 5

## Postide plaan

M 1:100



Post P-5-1  
M 1:10



### Tingimärgid

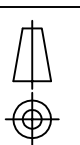
-  Kerfplokksein
-  R/B Postid 600\*400 mm

### Märkused:

1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevsõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonkatise. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
3. Postide spetsifikatsioon sisalduvad ainult postide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisetailid.
4. Talade ja fermide plaanid on toodud joonisel 22.
5. Lõige on toodud joonisel 23.

Postide spetsifikatsioon:

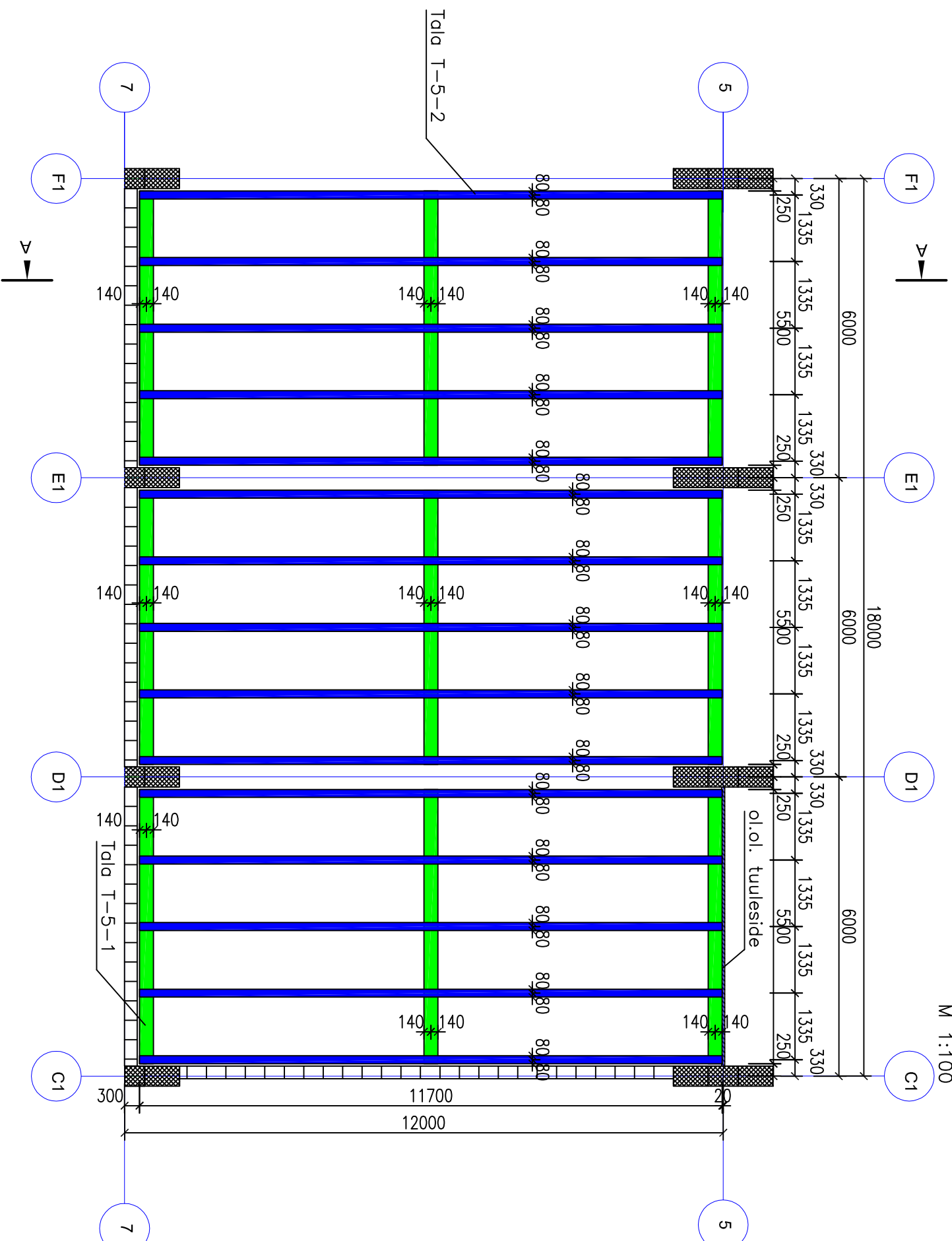
Tähis	Posi pikkus (m)	Posi ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Posi mass (kg)	Postide arv (tk)	Postide mass kokku (kg)
P-5-1	2.913	90x90x3	8.01	23.3	18	420
						420

	Tellijä:	OÜ D.M.D.		Objekt:	Laohoone		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	Laendus 5		
Koostas	Indrek Sikk			Postide plaan			
Juhendas	Lauri Reinart						
TÜÜ Tartu Kolledž				Lehti:	21	Lehti:	23
				Mõõtkava:		1:100	



## Lahendus 5 Talade plaan

M 1:100



**Tingimärgid**

	Keraplakksein
	R/B Postid 600*400 mm
	Tala T-5-2
	Tala T-5-1

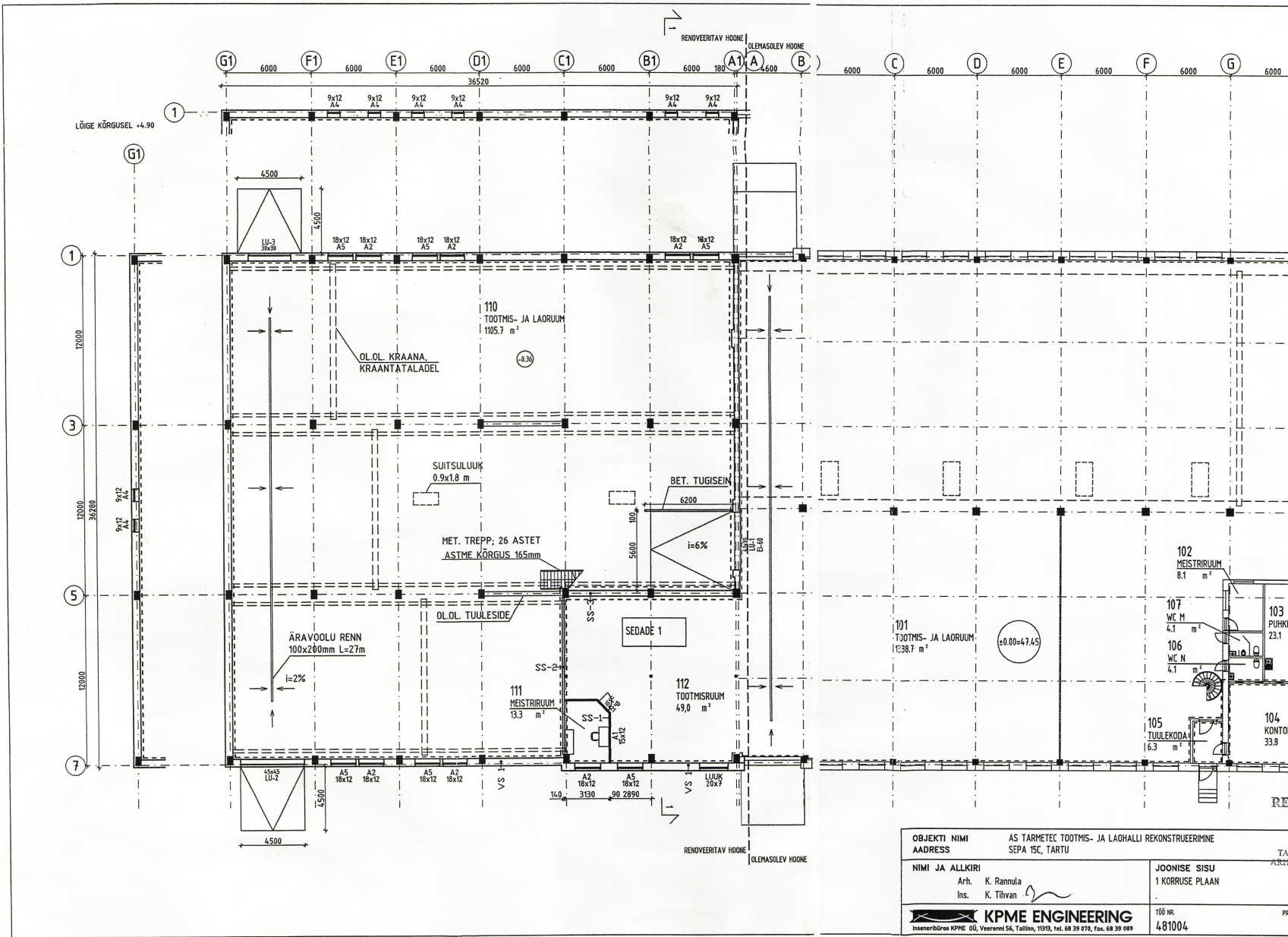
**Märkused:**

1. Ruutristlõikega toruprofiilide terase mark S355J2H.
2. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule.
3. Terasdetailid ühendada vastavalt montaažisõlmedel näidatule. Kõik keevsõmblused teostada kogu ühenduskontuuril. Keevituselektrood valida keevisega ühendatavate elementide terasemargile vastavalt (S355, võrdtugev). Keevisele teostada korrosioonikaitses. Keevise kõrgus  $z=1,5*t$  ( $t$  – õhema ühendatava elemendi paksus).
4. Talade ja fermide spetsifikatsioonis sisalduvad ainult talade ja fermide põhiprofiilid, ei sisaldu sõlmelehed ja lisadetailid.
5. Postide plaan on toodud joonisel 21.
6. Lõige A–A toodud joonisel 23.

**Talade spetsifikatsioon:**

Tähis	Tala pikkus (m)	Tala ristlõige	Ristlõike oma-kaal (kg/m)	Tala mass (kg)	Talade arv (tk)	Talade mass kokku (kg)
T-5-1	5.5	HEA280	76.4	420.2	9	3781.8
T-5-2	11.68	HEA160	30.4	355.1	15	5326.1
						9107.9

	Tellija:	OÜ D.M.D.		Objekt:	Laohoone		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	Lahendus 5		
	Koostas	Indrek Sikk		Talade plaan			
	Juhendas	Lauri Reinart					
TTÜ Tartu Kolledž				Lehti:	22	Lehti:	23
						Mõõtkava:	1:100



OBJEKTI NIMI ADDRESS	AS TARMETEC TOOTMIS- JA LAOHALLI REKONSTRUEERIMINE SEPA 15C, TARTU	TA Aadress
NIMI JA ALLKIRI Arh. K. Rannula Ins. K. Tihvan	JOOISE SISU 1 KORRUSE PLAAN	
<b>KPME ENGINEERING</b> <small>Inseneribüroo KPME OÜ, Veereni 56, Tallinn, 11393, tel. 68 39 970, fax. 68 39 989</small>		Töö nr. <b>481004</b>