



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

INSENERITEADUSKOND

Virumaa kolledž

**Tootmishoone laiendamine Kohtla-Järve tööstuspargis,  
kandefermi arvutused ja projekteerimine**

**Reconstruction of industrial building in Kohtla-Järve industrial  
park, calculation and design of load-bearing truss**

HOONETE E HITUSE ÕPPEKAVA RDBR06/11 LÕPUTÖÖ

RAKENDUS-KÕRGHARIDUSTÖÖ

Üliõpilane: Mart Vesker

Üliõpilaskood: 154177

Juhendaja: Gennadi Arjassov, dotsent

Kohtla-Järve 2022

## 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.

"....." ..... 2022.

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab rakendus-kõrgharidustööle esitatud nõuetele

"....." ..... 2022.

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....2022.

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

**LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS  
TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Mart Vesker (sünnikuupäev: 26.01.1966)

Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
**„Tootmishoone laiendamine Kohtla-Järve tööstuspargis, kandefermi  
projekteerimine ja arvutused“**, mille juhendaja on Gennadi Arjassov,

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

1. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

2. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

*<sup>1</sup>Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

\_\_\_\_\_ (allkiri)

\_\_\_\_\_ (kuupäev)

**TalTech Inseneriteaduskond Virumaa Kolledži**

**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Mart Vesker, 154177

Õppekava, peeriala: RDBR06/11 - Hoonete ehitus

Juhendaja: Gennadi Arjassov, dotsent, 372 55539689

Konsultant: Jekaterina Kriis, ehitusinsener

**Lõputöö teema:**

(eesti keeles) „Tootmishoone laiendamine Kohtla-Järve tööstuspargis, kandefermi projekteerimine ja arvutused“

(inglise keeles) „Reconstruction of industrial building in Kohtla-Järve industrial park, design and calculation of load-bearing truss“

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. Olemasoleva ehitise-tootmishoone kohta andmete kogumine, mõõdistamine, pildistamine ja kaardistamine asendiplaanil.
2. Tootmishoone laienduse kandefermi arvutamine.

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Koguda andmeid olemasoleva tööstushoone kohta (EHRist, kinnistusraamatust ja SA-It Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus. Mõõdistada pooleriolev ehitise-tootmishoone ja fikseerida ehitise kandeskeem. Teha fotod ja sisestada saadud andmed oma töökeskkonda arvutis (jpg. doc), teha esmased joonised mõõtmistulemustest (dwg.).	20.12.2021
2.	Koostada hoone arhitektuurne eskiis ja plaanilahendus. Täita lõputöö sissejuhatav osa (tiitelleht, ülesanne, sissejuhatus)	20.01.2022
3.	Koostada lõputöö põhiosa: tootmishoone laienduse kandefermi arvutused, ehitustehnoloogia.	20.04.2022
4.	Lõputöö esitamine	30.05.2022

**Töö keel:** eesti

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "30" mai 2022 a

**Üliõpilane:** Mart Vesker ..... ".....".....2022 a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Gennadi Arjasov ..... ".....".....2022 a  
/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöörde*

Kaitsmisele lubatud

".....".....2022.

Kaitsmiskomisjoni esimees .....  
/ nimi ja allkiri /

# SISUKORD

EESSÕNA .....	6
SISSEJUHATUS.....	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	9
1. PÕHIOSA.....	10
1.1. Asendiplaan ja arhitektuurne osa .....	10
1.1.2 Hoone paiknemine.....	11
1.1.3 Ehitusetapid .....	11
1.1.4 Arhitektuurne lahendus.....	11
1.1.5 Konstruktiivne lahendus .....	11
1.2 Konstruktiivne osa.....	11
1.2.1 Normdokumendid .....	11
1.2.2 Koormuste kogumine .....	12
1.2.3 Fermi staatiline arvutus .....	13
1.2.4 Fermi varraste dimensioneerimine .....	18
1.2.5 Fermi dimensioneerimise kokkuvõte.....	27
1.3 Tehnoloogiline osa.....	28
1.3.1 Teraskonstruksioonide valmistamisele esitatavad nõuded ja teraskonstruksioonide montaažiga seotud ohutusnõuded.....	28
KOKKUVÕTE.....	33
SUMMARY .....	34
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU .....	35
GRAAFILINE OSA .....	36

## EESSÕNA

Lõputöö teema valikul sai määravaks Kohtla-Järve tehнопargi territooriumil asuva ehitise-tootmishoone pooleliolev seisukord ja selle hästi vaadeldavad kandekonstruktsioonid. Käesolevas töös käsitletakse uut tööstushoone osa olemasoleva rajatise-tootmishoone laiendusena. Objekt, mida töös uuritakse ja arendatakse, asub Kohtla-Järvel, täpsemalt Kohtla-Järve tööstuspargi territooriumil. Ida-Viru tööstusparkide võrgustik (AS Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus) koosneb neljast eraldi tööstuspargist. Need on Narva, Jõhvi, Kohtla-Järve ja Kiviõli tööstuspargid. Piirkonnal on pikaajalise tööstuspiirkonna maine ja soodne geograafiline asukoht transpordiühenduste ja logistika seisukohalt.

Töö alustamiseks koguti algmaterjali tööstushoone kohta nii EHRist, Kinnistusraamatust kui ka SA-lt Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus. Mõõdistati pooleliolev hoone ja tehti fotod. Tegemist on monteeritud raudbetoonkarkassiga hoonega. Vastavalt EHRi andmetele on hoone esmaseks kasutuselevõtu aastaks 2004. ning hoone on projekteeritud silikaattelliste tootmiseks.

Käesoleva rakenduskõrgharidusõppe lõputöö tegemise juures soovin tänada oma juhendajat Gennadi Arjassovit.

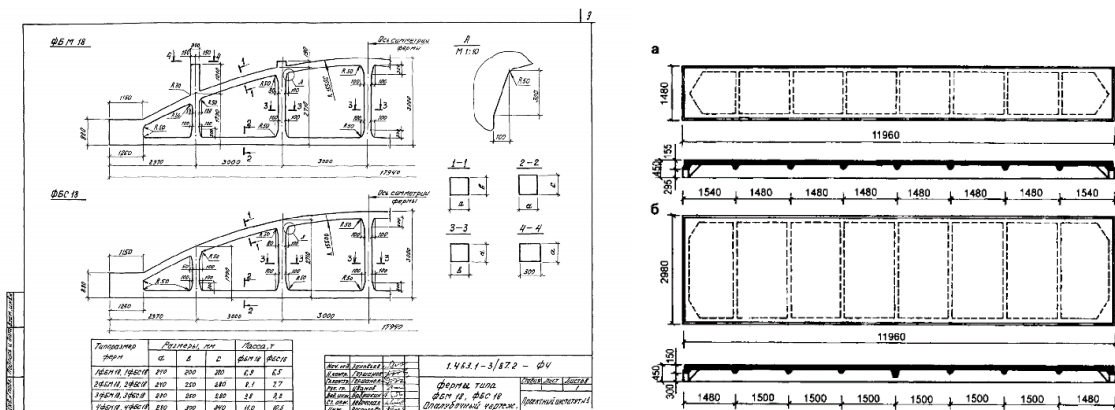
# SISSEJUHATUS

Lõputöö eesmärgiks on teraskonstruksioonil tootmishoone kandefermi arvutus. Eelnevalt on uuritud olemasolevat pooleliiolevat ehitist-toomishoonet Kohtla-Järvel ja selle kandekonstruksioone, mis andis autorile idee teemavalikuks. Olemasoleva rajatise-tootmishoone kandesüsteemi moodustavad monteeritavad raudbetoon põikraamid, mille osadeks on 400x400 mm raudbetoonpostid ning suuresildelised raudbetoonfermid seeriast ФБС18, ava silletega 18 m. Postid on sammuga 6 m ja 12 m. Sama sammuga on asetatud põikraamid. Katusepaneelide pikkus vastab põikraamide sammule. Tegemist on standardse lahendusega: „Postid on kinnitatud jäigalt vundamendi külge ja töötavad momenti vastuvõtivate konsoolidena. Fermid on toetatud postidele liigendühendusega. Sel moel saavutatakse stabiilne põikraam, mis võtab vastu nii vertikaal- kui ka horisontaalkoormusi. Kogu hoone karkass moodustub hulgast põikraamidest, mis paigaldatakse kindla sammuga“. (Valgur J. 2011)

Käesolevas töös pakutakse eskiis-lahendus pooleli jäänud tootmishoone laiendamiseks.



Joonis 1. Vaade olemasolevale ehitisele ja ehitise kandekonstruksioonidele. Autori fotod.



Joonis 2. Olemasoleva ehitise raudbetoonfermi ja katusepaneeli kataloogijoonis.

Töö osadeks on:

- Kavandatava hoone arhitektuurse eskiisi lahendamine
- Kavandatava hoone kandefermi staatika uurimine ja fermi dimensioneerimine
- Teraskonstruktsioonide valmistamisele esitatavate tehniliste nõuete osa
- Tööohutuse ja tehnoloogia osa

Uue hooneosa plaanilahendus järgib olemasoleva tootmishoone plaani. Kavandatava teraskonstruktsioonhoone postide sammuks on valitud vastavalt 6 m. Fermi aluse ruumi kõrguseks on vastavalt 6 m. Fermi kandeava sildeks on 18 m.



## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

$A_k$	koormatud pindala
$A$	varda (bruto) ristlõikepindala
$A_{net}$	netoristlõike pindala
$b_i$	fermi posti ristlõike kõrgus
$b_0$	fermi vöö ristlõike kõrgus.
$d$	elemendi seina pikkus ja
$F_d$	koormuse $F$ arvutusväärtuse üldkuju
$f_y$	voolavuspiir
$\rho$	tihedus
$g$	alaline koormus
$q$	ajutine koormus
$gd$	arvutuslik omakaalukoormus
$gk$	normatiivne omakaalukoormus
$i$	ristlõike inertsiraadius
$kN$	kilonjuuton
$\bar{\lambda}$	varda tingsaledus
$\lambda$	varda saledus
$la$	varda pikkus
$NSd$	varda arvutuslik sisejõud
$N_{t,Rd}$	ristlõike arvutuslik tõmbekandevõime
$N_{c,Rd}$	ristlõike arvutuslik survekandevõime
$N_{b,Rd}$	arvutuslik nõtkekandevõime
$t_w$	elemendi seina paksus
$N_{b,Rd}$	tsentriliselt surutud varda nõtkekandevõime
$X$	nõtketegur, mis leitakse sõltuvalt varda tingsaledusest
$\pi$	pii
$R_{Ad}$	toereaktsioon punktis A
$S_k$	normatiivne lumekoormus maapinnal
$X$	nõtketegur
$\gamma_{M0}$	osavarutegur

# 1. PÕHIOOSA

## 1.1. Asendiplaan ja arhitektuurne osa

### Ehitise üldandmed EHR'st

Ehitise liik - Hoone

Ehitise nimetus - Silikaattelliste tsehh / pooleli

Ehitisregistri kood - 120268895

Esmase kasutuselevõtu aasta - 2004

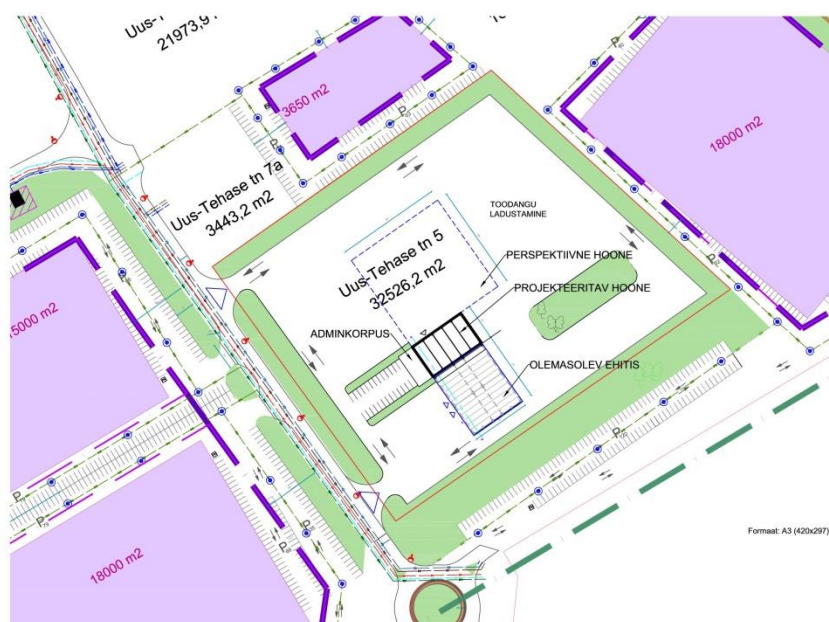
Kinnistu pindala - 35526 m<sup>2</sup>

Peamine kasutamise otstarve - 12515 Ehitusmaterjalide ja -toodete tööstuse hoone

Ehitise koha-aadress - Ida-Viru maakond, Kohtla-Järve linn, Järve linnaosa, Uus-Tehase tn 5.

Asendiplaan on käeolevas töös lahendatud eskiisina, kus on näidatud olemasoleva rajatise-tootmishoone ja laiendatava osa asukoht krundil, pääsud krundile, parkimine ja võimalik liikluskeem. Kogu tehnopargi ala on eelnevalt kruntideks jaotatud ja kommunikatsioonidega varustatud.

Asendiplaan on toodud graafilises osas.



Joonis 3. Asendiplaani eskiis

## **1.1.2 Hoone paiknemine**

Hoone paikneb 100 % tootmismaal. Hoone katastritunnus on 32210:003:0009.

## **1.1.3 Ehitusetapid**

Kinnistule kavandatud ehitused on planeeritud ehitada kahes või kolmes etapis.

## **1.1.4 Arhitektuurne lahendus**

Käesolevas lõputöös vaadeldava uue hooneosa plaanilahendus järgib olemasoleva tootmishoone plaani. Hoone postide samm ühtib olemasoleva ehitise kandepostide sammuga. Ruumi kõrgus ja fermi sildeava on vastavalt 6 m ja 18 m, mis kordab olemasoleva ehitise samasid mõõte. Välisseinte materjaliks on sandwichpaneelid Ruukki paksusega 200 mm. Hoonele on projekteeritud lamekatus, kaldega 4 kraadi. Katusekatteks on PVC rullmaterjal. Katuslaed ehitatakse kandvale profiilplekile. Katuse soojajuhtivus on  $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

## **1.1.5 Konstruktiivne lahendus**

Kavandatava hoone kandekonstruktsiooniks on terasest põikraam-konstruktsioon, mis moodustub teraspostidest ja tasapinnalistest fermidest. Põikraami postid kinnituvad jäigalt kannvundamendile. Vahelaed puuduvad, katuslaed toetuvad fermidele, millele toetub kandev ja konstruktsiooni jäigastav profiilplekk. Katuslagi on soojustatud mineraalvillaga ja kaetud PVC-kattega.

Hoone plaan, vaated, lõige ja katuslae sõlm on toodud graafilises osas.

## **1.2 Konstruktiivne osa**

### **1.2.1 Normdokumendid**

Lõputöö koostamisel on lähtutud järgmistest normdokumentidest:

- Riigikogu 11.02.2015 seadus „Ehitusseadustik“ (kehtiv alates 01.07.2015);
- Majandus ja taristuministri 17.07.2015 määrus nr. 97 „Nõuded ehitusprojektile“ (kehtiv alates 21.07.2015);
- Standard EVS 932:2017 „Ehitusprojekt“;
- Standard EVS 920-1:2013 „Katuseehitusreeglid. Osa 1: Üldreeglid“;
- Standard EVS-EN 1990:2002/A1:2006/AC:2010 Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused.
- Standard EVS-EN 1991-1-1:2002/AC:2009 Eurokoodeks 1 „Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused.“
- Standard EVS-EN 1991-1-3:2006/AC:2009 Eurokoodeks 1 „Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-3: Lumekoormus.“;

- Standard EVS-EN 1991-1-4:2005/A1:2010 Eurokoodeks 1 „Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Tuulekoormus.”;
- Standard EVS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015 Eurokoodeks 3 Teraskonstruksioonide projekteerimine osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks.
- Standard EVS-EN 1090-2:2018 Teras- ja alumiiniumkonstruksioonide valmistamine. Osa 2: Tehnilised nõuded teraskonstruksioonidele. [4]

### 1.2.2 Koormuste kogumine

Tabel 1 Koormuste kogumine. Alalised koormused

Koormuse nimetus	Normatiivne väärtus	Osa-varutegur	Arvutuslik väärtus (Fd)
1. Alalised koormused (g)	kN/m <sup>2</sup>		kN/m <sup>2</sup>
1.1 PVC katusekate PROTAN SE 1,6 mm ühekihiline $g_k=1,75\text{kg/m}^2$	0,02	1,2	0,024
1.2 PAROC ROB 80(t), 20 mm $\rho = 175 \text{ kg / m}^3$ $p = 175 \cdot 0,02 = 3,5\text{kg/m}^2$	0,03	1,2	0,04
1.3 PAROC ROS 40g, 180 mm nominaaltihedus keskmiselt $\rho = 110 \text{ kg / m}^3$ $p = 110 \cdot 0,18 = 19,8\text{kg/m}^2$	0,19	1,2	0,228
1.4 Aurutõke P = 1 kg/m <sup>2</sup>	0,01	1,2	1,2
1.5 PAROC ROS 50, 50 mm $\rho = 110 \text{ kg / m}^3$ $p = 110 \cdot 0,05 = 5,5 \text{ kg/m}^2$	0,054	1,2	0,065
1.6 Kandev profiilplekk Ruukki T130M-75L-930, 0,8 mm kaal 10.3 kg/m <sup>2</sup>	0,1	1,2	0,12
Alalised koormused KOKKU	0,41	1,2	0,5

Tabel 2 Koormuste kogumine. Ajutised koormused

Koormuse nimetus	Normatiivne väärtus kN/m <sup>2</sup>	Osa-varutegur $\gamma$	Lume-koormuse kujutegur $\mu_i$	Arvutuslik väärtus (F <sub>d</sub> )
2. Ajutised koormused (q)				kN/m <sup>2</sup>
2.1 Lumekoormus 1,5 kN/m <sup>2</sup> S = 1,5 · 13,5 * 0,8 = 16,2 kN	1,5	1,5	0,8	1,2
Ajutised koormused KOKKU	1,5			1,2
KOKKU g+q				1,7

Koondkoormus sõlmes [2] :

$$F = \sum p \cdot A_k, \quad (1.1)$$

kus  $A_k$  on koormatud pindala

$$A_k = 2,25 \cdot 6,0 = 13,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Arvutuslik koormus sõlmes } F_d = 1,7 \cdot 13,5 = 22,95 \text{ kN}$$

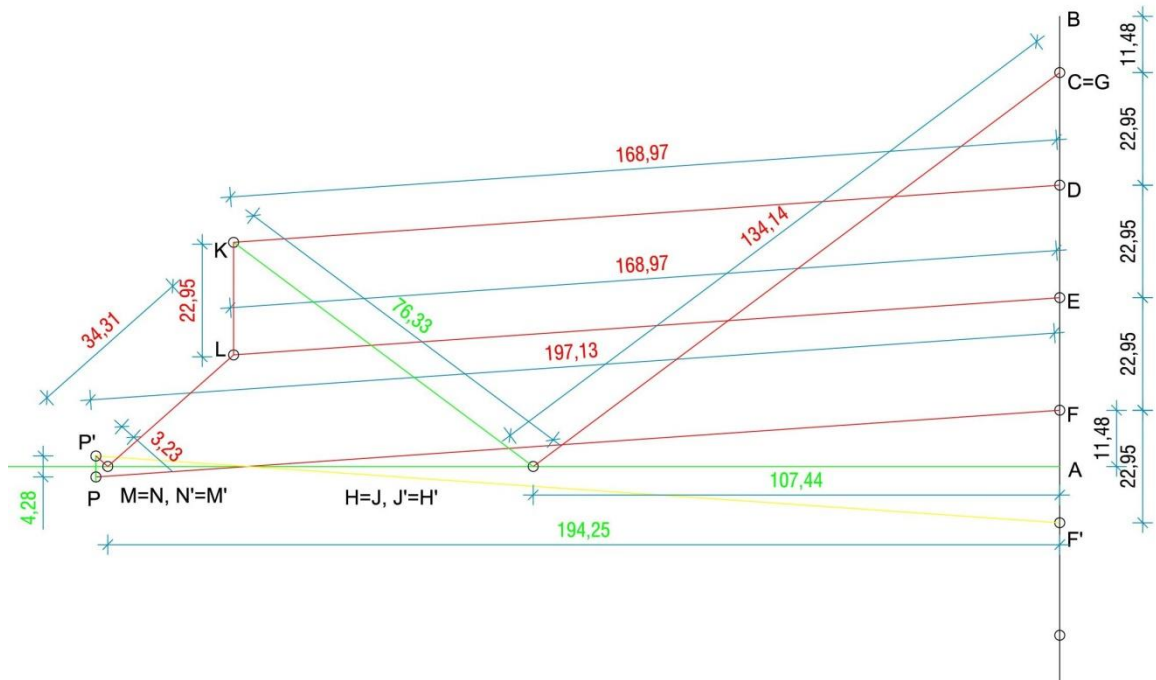
### 1.2.3 Fermi staatiline arvutus [2]

Määratakse toereaktsioonid:

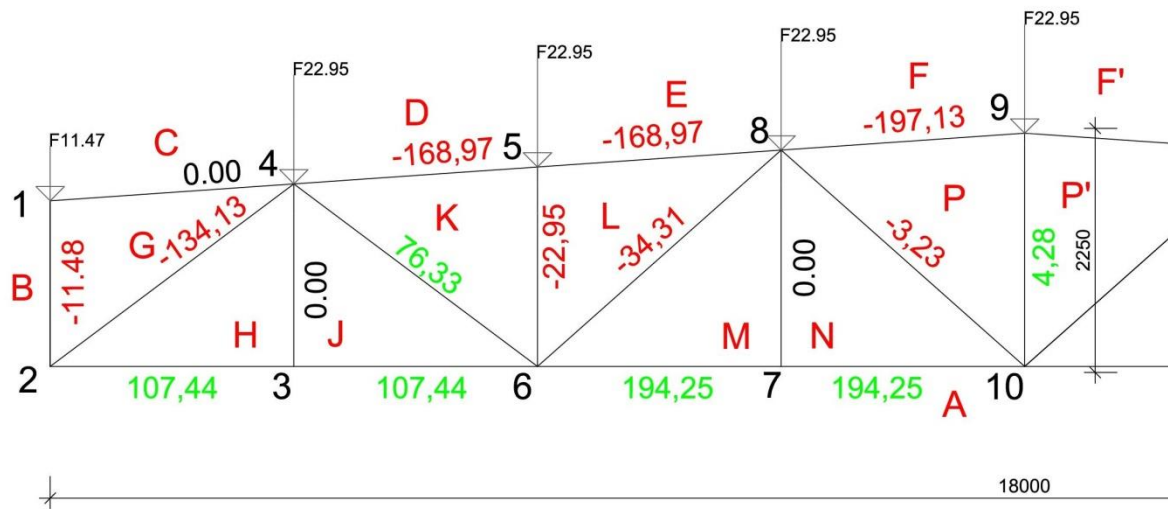
$$R_{Ad} = R_{Bd} = \left(7F_d + \frac{2F_d}{2}\right) : 2 = 4 F_d = 4 \cdot 22,95 = 91,8 \text{ kN} \quad (1.2)$$

Määratakse varraste sisejõudude suurused ja nende summad:

Rajatakse Maxwell-Kremona diagramm.

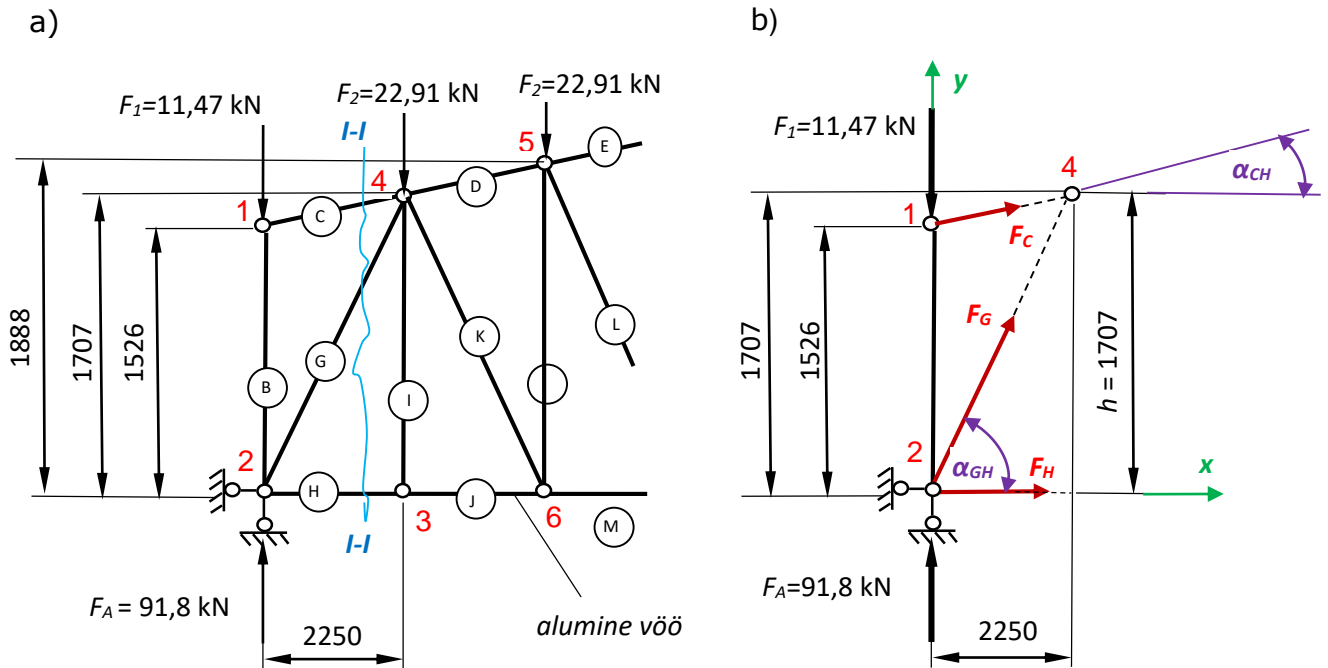


Joonis 4. Sisejõudude määramine graafilisel meetodil (Maxwell-Cremona diagramm).



Joonis 5. Sisejõudude jaotus fermi elementidel.

**Sisejõudude määramine lõikemeetodil** (graafilise meetodi kontroll). [1]



Joonis 6. Fermi sisejõudude määramine lõikemeetodil. [1]

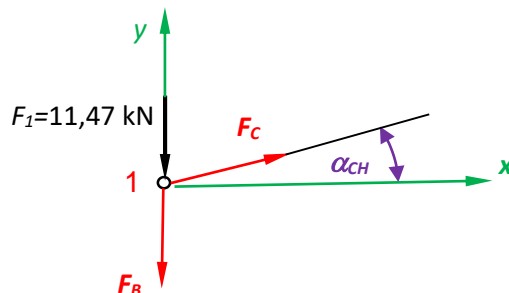
Arvutuskäik:

Kogu käesolev arvutuskäik on võetud ja tuletatud G. Arjassovi õppematerjalist. [1]

Esiteks eraldame sõlme **1**, kuhu koondub kaks varrast (vt Joonist 6a) ja vaatleme selle tasakaalu (vt Joonist 7).

Oletame, et vardad on tõmmatud, st et sisejõud **F<sub>B</sub>** ja **F<sub>C</sub>** on suunatud sõlmest eemale.

Koostame kaks tasakaaluvõrrandit (Joonis 7).



Joonis 7. Sõlme 1 eraldamine. [1]

$$\sum F_{kx} = 0; F_C \cdot \cos \alpha_{CH} = 0, \quad (1.3)$$

$$\sum F_{ky} = 0; -F_1 - F_B + F_C \cdot \sin \alpha_{CH} = 0. \quad (1.4)$$

Võrrandist (1.3) leiame sisejõu  $F_C$

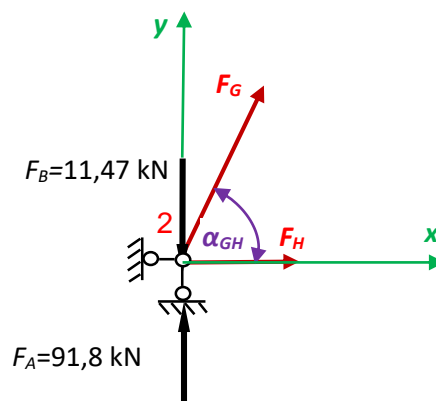
$$F_C \cdot \cos \alpha_{CH} = 0 \Rightarrow F_C = 0, \quad (1.5)$$

võrrandist (1.4) sisejõud  $F_B$  on

$$\begin{aligned} \sum F_{ky} = 0; -F_1 - F_B + F_C \cdot \sin \alpha_{CH} = 0 &\Rightarrow -F_1 - F_B + 0 = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow F_B = -F_1 = -11,47 \text{ kN} &\text{ (varras on surutud)}. \end{aligned} \quad (1.6)$$

Eraldame toesõlme **2**, kuhu koondub kolm varrast (vt Joonist 6a.), millest üks on juba leitud  $F_B = -11,47 \text{ kN}$  (vt valemit (4)) ja vaatleme selle tasakaalu (vt Joonist 8.).

Koostame kaks tasakaaluvõrrandit (Joonis 8.) [1]



Joonis 8. Toesõlme 2 eraldamine. [1]

$$\sum F_{kx} = 0; F_H + F_G \cdot \cos \alpha_{GH} = 0, \quad (1.7)$$

$$\sum F_{ky} = 0; F_A - F_B + F_G \cdot \sin \alpha_{GH} = 0 \quad (1.8)$$

Võrrandist (1.8) leiame sisejõu  $F_G$

$$F_A - F_B + F_G \cdot \sin \alpha_{GH} = 0 \Rightarrow F_G \cdot \sin \alpha_{GH} = -F_A + F_B \Rightarrow$$



$$\Rightarrow F_G = \frac{-F_A + F_B}{\sin \alpha_{GH}} = \frac{-91,80 + 11,47}{\sin 37,2^\circ} \approx -132,9 \quad \text{kN} \quad (\text{varras on surutud}),$$

(1.9)

aga võrrandist (1.7) leiame sisejõu  $F_H$

$$F_H + F_G \cdot \cos \alpha_{GH} = 0 \Rightarrow F_H = -F_G \cdot \cos \alpha_{GH} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_H = -(-132,9) \cdot \cos 37,2^\circ \approx -105,9 \quad \text{kN} \quad (\text{varras on surutud}),$$

(1.10)

kus

$$\alpha_{GH} = \arctan \frac{1707}{2550} \approx 37,2^\circ \text{ ning}$$

$$\alpha_{CH} = \arctan \frac{(1707 - 1526)}{2550} \approx 4,6^\circ \quad (\text{vt Joonist 6a}).$$

(1.11)

Võrdleme saadud analüütilisi tulemusi graafilisega meetodiga

Suhteline erinevus on

$$\Delta F_H = \frac{\left| F_H^{Anal} \right| - \left| F_H^{Graf} \right|}{\left| F_H^{Anal} \right|} 100\% \Rightarrow \Delta F_H = \frac{|-105,9| - |-107,44|}{|105,9|} 100\% \approx 1,45\%$$

(1.12)

Näeme, et suhtelised erinevused on väikesed. [1]

Tabel 3 Sisejõudude koondtabel

Varras	Sisejõud, kN	Märkus
<b>ÜLEMINE VÖÖ</b>		
C-G	0.0	
K-D	-168,97	Surve
L-E	-168,97	Surve
P-F	-197,13	Surve
<b>ALUMINE VÖÖ</b>		
H-A	107,44	Tõmme
J-A	107,44	Tõmme

M-A	194,25	Tõmme
N-A	194,25	Tõmme
POSTID		
B-G	-11,48	Surve
H-J	0,0	
K-L	-22,95	Surve
M-N	0,0	
P-P'	4,28	Tõmme
DIAGONAALID		
G-H	-134,13	Surve
J-K	76,33	Tõmme
L-M	-34,31	Surve
N-P	-3,23	Surve

### 1.2.4 Fermi varraste dimensioneerimine [2,3]

Projekteeritav ferm on tasandsõrestik ning staatikaga määratud, kehtib seos

$$V = 2s - 3,$$

(1.13)

kus  $s$  on sõlmede arv ja  $V$  on varraste arv. Lisaks peavad kõik varrastevahelised väljad olema kolmnurksed (Arjassov. G 2014). [1]

Esmalt dimensioneeritakse fermi alumine ja ülemine vöö. Vöö dimensioneerimisel, st fermi elementide ristlõike leidmisel võetakse aluseks fermi arvutuskeemi suurima sisejõuga varda väärtus. [2]

**Alumise vöö** dimensioneerimine teostatakse järgnevalt:

Alumine vöö on tsentriliselt tõmmatud kogu pikkusel. Tsentriliselt tõmmatud varda igas ristlõikes peab olema täidetud tingimus:

$$NSd \leq N_{t,Rd} \tag{1.14}$$

kus

$NSd$  - varda arvutuslik sisejõud

$N_{t,Rd}$  - ristlõike arvutuslik tõmbekandevõime

Tsentriliselt tõmmatud elemendi tõmbekandevõime [3]:

$$N_{t,Rd} = \min\{N_{pl,Rd}$$

$$N_{t,Rd} = \min\{N_{u,Rd}$$

(1.15)

kus

$$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ brutoristlõike arvutuslik plastne tõmbekandevõime}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9A_{net} \frac{f_y}{\gamma_{M2}} \text{ netoristlõike arvutuslik tõmbekandevõime}$$

Fermi alumise vöö sisejõu maksimaalne väärtus on 194,25 kN (vardad M-A, N-A). [3]

Nõutav ristlõike pindala leiatakse valemiga:

$$A = \frac{NSd \cdot \gamma_{M0}}{f_y}$$

(1.16)

$$A = \frac{194,25 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{235} = 909,25 \text{ mm}^2 = 9,09 \text{ cm}^2$$

Valitakse nelikanttoru 80x80x4 mm,  $A = 11,75 \text{ cm}^2$ ,  $G = 9,22 \text{ kg/m}$

**Ülemise vöö** dimendiseerimine teostatakse järgnevalt:

Ülemine vöö on tsentriliselt surutud kogu pikkusel. Tsentriliselt surutud varda igas ristlõikes peab olema täidetud tingimus [2]:

$$NSd \leq N_{c,Rd} ,$$

(1.17)

kus  $N_{c,Rd}$  - on ristlõike arvutuslik survekandevõime, mis määratakse vastavalt ristlõikeklassile. Eeldatakse, et ristlõige vastab klassile 1, 2, või 3. Fermi ülemise vöö sisejõu maksimaalne väärtus on -197,13 kN (vardad F-P, P'-F'). [3]

Nõutav ristlõike pindala leiatakse valemiga (vt vsalemit 1.16):

$$A = \frac{NSd \cdot \gamma_{M0}}{f_y}$$

$$A = \frac{197,13 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{235} = 922,73 \text{ mm}^2 = 9,22 \text{ cm}^2$$

Valitakse nelikanttoru 80x80x4 mm,  $A = 11,75 \text{ cm}^2$ ,  $G = 9,22 \text{ kg/m}$

Kontrollitakse postide ristlõikeklassi.

Fermi postid võivad olla nii surutud kui ka tõmmatud. Kui elemendi seinad on surutud, siis on ka vööd surutud. [2]

Seinad:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{(h-3t)}{t_w} = \frac{80-12}{4} = 17 \leq 33\varepsilon, \quad (1.18)$$

kus  $d$  on elemendi seina pikkus ja  $t_w$  on elemendi seina paksus.

Vööd:

$$\frac{b-3t_f}{t_f} = \frac{80-12}{4} = 17 \leq 42\varepsilon, \quad (1.19)$$

kus  $b$  on elemendi vöö seinä pikkus ja  $t_f$  on elemendi vöö seinä paksus. Ristlõige vastab 1. klassile.

Kontrollitakse tsentriselt surutud varda üldstabiilsust e nõtkekandevõimet. [2]

Täidetud peab olema tingimus (vt valemirt 1.17):

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd} ,$$

kus  $N_{b,Rd}$  - arvutuslik nõtkekandevõime

Tsentriselt surutud varda nõtkekandevõime arvutatakse valemiga [3]:

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M} , \quad (1.20)$$

kus  $A$  - varda (bruto) ristlõikepindala 1., 2. ja 3. ristlõikeklassis

$X$  - nõtketegur, mis leitakse sõltuvalt varda tingsaledusest  $\bar{\lambda}$ .

Varda tingsaledus 1., 2. ja 3. ristlõikeklassi puhul arvutatakse valemiga[3]:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (1.21)$$

$$\text{Varda saledus } \lambda = \frac{la}{i}, \quad (1.22)$$

kus  $la$  on varda arvutuslik pikkus ja  $i$  on ristlõike inertsiraadius.

$$\text{Varda saledus, } \frac{2197}{30,7} = 71,5$$

Varda tingsaledus vastavalt valemile (1.21)

$$\bar{\lambda} = \frac{71,5}{3,14} \sqrt{\frac{235}{210 \cdot 10^3}} = 22,7 \cdot 0,033 = 0,761$$

Leitakse nõtketegur  $X$ , vastavalt väärtuste interpoleerimisega ning tabelile 4, valides kuumvaltsitud toruprofiili järgi nõtkeklass a.

Tabel 4

$\bar{\lambda}$ , tingsaledus	Nõtkeklass			
	a	b	c	d
0,6				
0,7	0,8477			
0,8	0,7957			
0,9				

Interpoleerides tulemused, saame nõtketeguri  $X$  [2] :

$$X = 0,8477 - 76 \cdot (0,8477 - 0,7957) : 100 = 0,8081 \quad (1.23)$$

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M} = 0,8081 \cdot 1175 \cdot \frac{235}{1,1} = 202816 \text{ N} = 202,81 \text{ kN}$$

(vt valemit 1.20)

$$NSd = 197,13 \text{ kN} \quad (\text{vt valemit 1.17})$$

$$\text{Peab olema täidetud tingimus, } NSd \leq N_{b,Rd} , \quad (1.24)$$

kus  $N_{b,Rd}$  - arvutuslik nõtkekandevõime

Seega, ülemise vöö varda valitud ristlõike (nelikanttoru 80x80x4 mm) kandevõime ja üldstabiilsus ON TAGATUD!

**Fermi postide** dimensioneerimine teostatakse järgnevalt:

Valitakse maksimaalse sisejõu väärtusega post K-L,  $NSd = -22,95 \text{ kN}$ .

Kuna post on surutud, siis kasutan sama meetodikat, mis ülemise vöö arvutamisel.

[3]

Nõutav ristlõike pindala (vt valemit 1.16):

$$A = \frac{NSd \cdot \gamma_{M0}}{f_y}$$

$$A = \frac{22,95 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{235} = 107,42 \text{ mm}^2 = 1,07 \text{ cm}^2$$

Valitakse nelikanttoru 40x40x3.

$$A = 4,21 \text{ cm}^2, G = 3,30 \text{ kg/m.}$$

Nelikanttorudest tasapinnaliste sõrestike sõlmedele esitatavad konstruktiivsed nõuded:

Vaadeldakse posti K-L.

Ülekatteta K- ja N- kujulise sõlme puhul suhe  $\frac{b_i}{b_0}$ , kus  $b_i$  on fermi posti ristlõike kõrgus ja  $b_0$  on fermi vöö ristlõike kõrgus.

$$\text{Jagatis peab olema } \geq 0,35 \text{ ehk } \frac{40}{80} = 0,5 \geq 0,35. \quad (1.25)$$

Ülekatteta K- ja N- kujulise sõlme puhul suhe  $\frac{b_i}{t_i}$ , kus  $b_i$  on fermi posti ristlõike kõrgus ja  $t_i$  on fermi posti seinapaksus.

$$\text{Jagatis peab olema } \leq 0,35 \text{ ehk } \frac{40}{3} = 13,3 \leq 0,35. \quad (1.26)$$

Kontrollitakse postide ristlõikeklassi.

Fermi postid võivad olla nii surutud kui ka tõmmatud. Kui elemendi seinad on surutud, siis on ka vööd surutud.

Seinad (vt valemit 1.18):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{(h-3t)}{t_w} = \frac{40-9}{3} = 10,3 \leq 33\varepsilon,$$

kus  $d$  on elemendi seinna pikkus ja  $t_w$  on elemendi seinna paksus.

Vööd (vt valemit 1.19):

$$\frac{b-3t_f}{t_f} = \frac{40-9}{3} = 10,3 \leq 42\varepsilon,$$

kus  $b$  on elemendi vöö seinna pikkus ja  $t_f$  on elemendi vöö seinna paksus.

Ristlõige vastab 1. klassile.

Kontrollitakse posti (surutud varda) üldstabiilsust (vt valemit 1.24).

$$NSd \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M} \text{ (vt valemit 1.20),}$$

kus  $A$  - varda (bruto) ristlõikepindala 1., 2. ja 3. ristlõikeklassis.

$X$  - nõtketegur, mis leitakse sõltuvalt varda tingsaledusest  $\bar{\lambda}$ .

Varda tingsaledus (vt valemit 1.22)

$$\text{Varda saledus: } \lambda = \frac{la}{i} = \frac{1778}{14,9} = 119,3$$

Varda tingsaledus vastavalt valemile (1.21)

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{119,3}{3,14} \sqrt{\frac{235}{210 \cdot 10^3}} = 38 \cdot 0,033 = 1,254$$

Leitakse nõtketegur  $X$ , vastavalt väärtuste interpoleerimisega ning tabelile 5, valides kuumvaltsitud toruprofiili järgi nõtkeklassi a.

Tabel 5

$\bar{\lambda}$ , tingsaledus	Nõtkeklass			
	a	b	c	d
1,1				
1,2	0,5300			
1,3	0,4703			
1,4				

$$\text{Nõtketegur } X = 0,5300 - 54 \cdot (0,5300 - 0,4703): 100 = 0,497$$

(vt valemit 1.23)

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M} = 0,497 \cdot 421 \cdot \frac{235}{1,1} = 49246 \text{ N} = 49,2 \text{ kN}$$

(vt valemit 1.20)

Peab olema täidetud tingimus,  $N_{Sd} \leq N_{b,Rd}$ . Seega, fermi posti valitud ristlõike (nelikanttoru 40x40x3 mm) kandevõime ja üldstabiilsus ON TAGATUD!

**Surutud diagonaalide** dimensioneerimine teostatakse järgnevalt:

Valitakse suurima sisejõuga diagonaal G-H, -134.13 kN. Teostatakse tsentriliselt surutud varda arvutus. Kuna diagonaal on surutud, siis kasutan sama meetodikat, mis ülemise vöö arvutamisel.

Nõutav ristlõike pindala(vt valemit 1.16)

$$A = \frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}$$

$$A = \frac{134,13 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{235} = 627,84 \text{ mm}^2 = 6,27 \text{ cm}^2$$

Valin nelikanttoru 60x60x4,  $A = 8,55 \text{ cm}^2$   $G = 6,71 \text{ kg/m}$

Ristlõikeklassi kontroll:

Seinad (vt valemit 1.18):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{(h-3t)}{t_w} = \frac{60-12}{4} = 14,5 \leq 33$$

Vööd (vt valemit 1.19):

$$\frac{b-3t_f}{t_f} = \frac{60-12}{4} = 14,5 \leq 42\varepsilon$$

Vastab 1. ristlõikeklassile.

Kontrollitakse konstruktiivset nõuet sõlmede kohta. [3]

$$\frac{b_i}{b_0} \geq 0,35 \text{ ehk } \frac{60}{80} = 0,75 \geq 0,35. \text{ (vt valemit 1.25)}$$

$$\frac{b_i}{t_i} \leq 0,35 \text{ ehk } \frac{60}{4} = 15 \leq 0,35. \text{ (vt valemit 1.26)}$$

Tingimus on täidetud.

Kontrollitakse üldstabiilsust. [3]

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M} \quad (\text{vt valemit 1.20})$$

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd} \quad (\text{vt valemit 1.24})$$

$$\text{Varda saledus } \lambda = \frac{la}{i} = \frac{2774}{22,6} = 122,7 \text{ (vt valemit 1.22)}$$

Varda tingsaledus

Varda tingsaledus vastavalt valemile (1.21)

$$\bar{\Lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{122,7}{3,14} \sqrt{\frac{235}{210 \cdot 10^3}} = 39,1 \cdot 0,033 = 1,29$$

Leitakse nõtketegur  $X$ , vastavalt väärtuste interpoleerimisega ning tabelile 5, valides kuumvaltsitud toruprofiili järgi nõtkeklassi a.

Tabel 5

$\bar{\Lambda}$ , tingsaledus	Nõtkeklass			
	a	b	c	d
1,1				
1,2	0,5300			
1,3	0,4703			
1,4				

$$X = 0,5300 - 62 \cdot (0,5300 - 0,4703) : 100 = 0,492 \text{ (vt valemit 1.23)}$$

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M} = 0,492 \cdot 855 \cdot \frac{235}{1,1} = 98855 \text{ N} = 98,8 \text{ kN} \text{ (vt valemit 1.20)}$$

$$NSd = 137,31 \text{ kN}$$

Peab olema täidetud tingimus,  $NSd \leq N_{b,Rd}$ . Seega, fermi toediagonaali valitud ristlõike (ruutristlõikega toru 60x60x2 mm) kandevõime ja üldstabiilsus EI OLE TAGATUD!

Valin toediagonaaliks suurema ruutristlõikega toru 80x80x4 mm.

$$80 \times 80 \times 4 \text{ mm, vastavalt } A = 11,75 \text{ cm}^2, G = 9,22 \text{ kg/m}$$

Varda üldstabiilsus:

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M},$$

kus  $A$  - varda (bruto) ristlõikepindala 1., 2. ja 3. ristlõikeklassis

$X$  - nõtketegur, mis leitakse sõltuvalt varda tingsaledusest  $\bar{\Lambda}$ .

Varda tingsaledus 1., 2. ja 3. ristlõikeklassi puhul:

$$\bar{\Lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\text{Varda saledus } \lambda = \frac{la}{i},$$



$$\text{Varda saledus, } \frac{2809}{30,7} = 91,5$$

Varda tingsaledus vastavalt valemile (1.12)

$$\bar{\lambda} = \frac{91,5}{3,14} \sqrt{\frac{235}{210 \cdot 10^3}} = 29,1 \cdot 0,033 = 0,961$$

Leitakse nõtketeguri  $X$ , vastavalt väärtuste interpoleerimisega ning tabelile 6, valides kuumvaltsitud toruprofiili järgi nõtkeklassi a.

Tabel 6

$\bar{\lambda}$ , tingsaledus	Nõtkeklass			
	a	b	c	d
0,8				
0,9	0,7339			
1,0	0,6656			
1,1				

Interpoleerides tulemused, saame nõtketeguri  $X$ :

$$X = 0,7339 - 61 \cdot (0,7339 - 0,6656) : 100 = 0,6922$$

$$N_{b,Rd} = X A \frac{f_y}{\gamma_M} = 0,6922 \cdot 1175 \cdot \frac{235}{1,1} = 173757 \text{ N} = 173,7 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 137,31 \text{ kN} \quad (\text{vt valemit 1.24})$$

Peab olema täidetud tingimus,  $N_{Sd} \leq N_{b,Rd}$ . Seega, toediagonaali valitud ristlõike (nelikanttoru 80x80x4 mm) kandevõime ja üldstabiilsus ON TAGATUD!

**Diagonaali L-M** dimensioneerimine. [2]

Nõutav ristlõike pindala:

$$A = \frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} \quad (\text{vt valemit 1.16})$$

$$A = \frac{34,31 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{235} = 160,6 \text{ mm}^2 = 1,6 \text{ cm}^2$$

Valime nelikanttoru 50x50x4,  $A = 6,95 \text{ cm}^2$   $G = 5,45 \text{ kg/m}$  [3]

Ristlõikeklassi kontroll [2]:

Seinad (vt valemit 1.18) :

$$\frac{d}{t_w} = \frac{(h-3t)}{t_w} = \frac{50-12}{4} = 9,5 \leq 33$$

Vööd (vt valemit 1.19) :

$$\frac{b-3t_f}{t_f} = \frac{50-12}{4} = 9,5 \leq 42\varepsilon$$

Vastab 1. Ristlõikeklassile. [2]

Kontrollitakse konstruktiivset nõuet sõlmede kohta. [2]

$$\frac{b_i}{b_0} \geq 0,35 \text{ ehk } \frac{50}{80} = 0,62 \geq 0,35, \text{ (vt valemit 1.25)}$$

$$\frac{b_i}{t_i} \leq 0,35 \text{ ehk } \frac{50}{4} = 12,5 \leq 0,35. \text{ (vt valemit 1.26)}$$

Tingimus on täidetud.

Kontrollitakse varda üldstabiilsust [2]:

$$N_{b,Rd} = XA \frac{f_y}{\gamma_M} \text{ (vt valemit 1.20)}$$

$$\bar{\Lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \text{ (vt valemit 1.21) ja saame}$$

$$\bar{\Lambda} = \frac{162,1}{3,14} \sqrt{\frac{235}{210 \cdot 10^3}} = 51,61 \cdot 0,033 = 1,70$$

Varda saledus

$$\lambda = \frac{la}{i}, \text{ (vt valemit 1.22)}$$

$$\text{siis } \lambda = \frac{3006}{18,5} = 162,1.$$

Leitakse nõtketegur  $X$ , vastavalt väärtuste interpoleerimisega ning tabelile 7, valides kuumvaltsitud toruprofiili järgi nõtkeklassi a.

Tabel 7

$\bar{\Lambda}$ , tingsaledus	Nõtkeklass			
	a	b	c	d
1,5				
1,6				
1,7	0,2994			
1,8				

$$X = 0,2994$$

$$N_{b,Rd} = X A \frac{f_y}{\gamma_M} = 0,2994 \cdot 695 \cdot \frac{235}{1,1} = 44454 \text{ N} = 44,4 \text{ kN}$$

$$NSd = 34,31 \text{ kN}$$

Peab olema täidetud tingimus,  $NSd \leq N_{b,Rd}$ . Seega, diagonaali L-M valitud ristlõike (nelikanttoru 50x50x4 mm) kandevõime ja üldstabiilsus ON TAGATUD! [2]

**Tõmmatud diagonaalide** dimensioneerimine teostatakse järgnevalt:

Tsentriselt tõmmatud varda K-J igas ristlõikes peab olema täidetud tingimus:

$$NSd \leq N_{t,Rd} \text{ (vt valemit 1.22).}$$

Fermi tõmmatud diagonaali sisejõu maksimaalne väärtus on 76,33 kN (varras K-J).

Nõutav ristlõike pindala leiatakse valemiga (vt valemit 1.16):

$$A = \frac{NSd \cdot \gamma_{M0}}{f_y} \text{ ja saame}$$

$$A = \frac{76,33 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{235} = 357,28 \text{ mm}^2 = 3,57 \text{ cm}^2$$

Valime nelikanttoru 40X40X3 mm,  $A = 4,21 \text{ cm}^2$ ,  $G = 3,3 \text{ kg/m}$ . [2]

Tsentriselt tõmmatud elemendi tõmbekandevõime ON TAGATUD! [2]

### 1.2.5 Fermi dimensioneerimise kokkuvõte

Elemendi nimetus	Arvutatud ristlõike mõõdud, mm	Varda sisejõu NSd max väärtus, kN	$NSd \leq N_{b,Rd}$	Valitud ristlõige, mm
Alumine vöö (tõmmatud)	80x80x4	194,25	Tagatud	100x100x3
Ülemine vöö (surutud)	80x80x4	197,13	Tagatud	100x100x3
Post K-L (surutud)	40x40x3	22,95	Tagatud	50x50x4
Diagonaal G-H (surutud toediagonaal)	80x80x4	134,31	Tagatud	80x80x4

Diagonaal L-M (surutud)	50x50x4	34,31	Tagatud	50x50x4
Diagonaal K-J (tõmmatud)	40x40x4	76,33	Tagatud	50x50x4

Valitud ristlõiked erinevad arvutatud ristlõigetest, kuna esiteks, tehnoloogiliselt on kahe ristlõike 80x80x4 keevitamine raskendatud nelikanttoru servaraadiuste tõttu. Ülemise ja alumise vöö ristlõiget suurendati geomeetriliselt, säilitades elementide arvutusliku kandevõime.

Teiseks, ristlõiked ühtlustatakse tehnoloogilisel kaalutlusel suurema kandevõime väärtuse poole, kusjuures väiksema sisejõuga, kuid sama märgiga fermi vardad valitakse sama märgiga suurema sisejõuga varda järgi.

Fermi joonised on toodud graafilises osas.

## 1.3 Tehnoloogiline osa [4]

### 1.3.1 Teraskonstruksioonide valmistamisele esitatavad nõuded ja teraskonstruksioonide montaažiga seotud ohutusnõuded.

Teraskonstruksioonide projekteerimisel on oluline teada kogu tehniliste nõuete spektrit, mis on seotud teraskonstruksioonide tootmise ja montaažiga. Samuti on väga oluline järgida ohutusnõuete täitmist.

Euroopa standard EVS-EN 1090-2:2018 spetsifitseerib teraskonstruksioonide valmistusnõuded, mille eesmärk on tagada nende küllaldane mehaaniline vastupidavus ja stabiilsus, kasutuskõlblikkus ja kestvus. [4]

Käesolevas alapeatükis võetakse kokku põhilised standardis EVS-EN 1090-2:2018 käsitletud nõuded teraskonstruksioonide valmistamiseks ja montaažiks.

#### Spetsifikatsioonid ja dokumentatsioon

##### 1) Ehitusprojekt

Ehitustööde iga osa puhul vajalik teave ja teostusnõuded peavad olema kokku lepitud ja vormistatud enne selle ehitustööde osa alustamist. Tuleb kehtestada protseduurid varem kooskõlastatud ehitustööde projekti muutmiseks. Ehitustööde projektis tuleb vajaduse korral käsitleda järgmisi küsimusi, nagu

##### a) ehitamisklassid;

- b) ettevalmistusklassid;
- c) tolerantsiklassid;
- d) ehitustööde ohutuse tehnilised nõuded.

## 2) Kvaliteedidokumendid

Ehitamisklasside EXC2, EXC3 ja EXC4 korral tuleb dokumenteerida järgmist:

- a) organisatsiooni skeem ja tööde kõigi aspektide eest vastutav personal;
- b) rakendatavad protseduurid, meetodid ja juhendid;
- c) antud ehitustööde eriomane järelevalve- ja katseplaan;
- d) muudatuste käsitlemise protseduur;
- e) mittevastavuse käsitlemise kord;
- f) kindlaksmääratud kontrollipausid (*hold-points*) või kontrollides või katsetes osalemise nõue ja kõik sellega seotud ligipääsetavused.

## 3) Kvaliteediplaan

Tuleb spetsifitseerida, kas kvaliteediplaan on ehitustööde tegemiseks nõutav. [4]

## 4) Montaažitööde ohutus

Projektides (*method statement*) tuleb esitada detailsed montaažitööde ohutusega seotud tööjuhendid. [4]

## 5) Teostudokumentatsioon

Ehitustööde ajal tuleb valminud konstruktsiooni kohta koostada ammendav dokumentatsioon, et kinnitada tehtud ehitustööde vastavust ehitustööde projektile.

## **Komponentide ettevalmistus**

Standardis käsitletakse nõudeid elemendi teraskomponentide lõikamiseks, vormimiseks, augustamiseks ja koostisosade vormimiseks. [4]

### 1) Identifitseerimine

Elemendi kõik komponendid või ühesuguste komponentide pakid peavad olema valmistusprotsessis sobiva süsteemi abil identifitseeritavad. [4]

### 2) Käsitlemine ja ladustamine

Konstruktsioonilised teraselemendid tuleb pakkida, käsitleda ja transportida ohutul viisil, et ei tekiks jäävdeformatsioone ja pinnakahjustused oleks minimaalsed. [4]

Käsitlemise ja ladustamisega seotud abinõude kohta on toodud käesolevas standardis tabel (tabel 8), kus on punktide kaupa antud juhised teraskonstruktsioonide tõstmise, ladustamise ja korrosioonitõrje kohta.

### 3) Lõikamine.

Tuntud ja aktsepteeritavad lõikemeetodid on saagimine, lõikamine, ketaslõikus, veejugalõikus ja termiline lõikus. Termilist käsitsilõikust tuleks kasutada ainult siis, kui termiline masinlõikus ei ole otstarbekohane. Kui on vaja lõigata pinnatud materjale, tuleb valida selline lõikemeetod, mille puhul pinnakatte vigastused oleks minimaalsed.

### 4) Vormimine;

### 5) Augustamine .

## **Keevtus**

Keevitustööd tuleb teha standardisarja EN ISO 3834 asjakohase osa nõuete järgi. [4]

Keevitustööde teostamiseks tuleb koostada keevitusplaan, kui seda nõuab standard.

Keevitusprotseduurid kvalifitseeritakse vastavalt standardile.

Keevitajad tuleb atesteerida standardi EN ISO 9606-1 kohaselt ja keevitusoperaatorid standardi EN ISO 14732 kohaselt. Kõigi keevitajate ja keevitusoperaatorite kvalifikatsioonikatsete protokollid peavad olema kättesaadavad.[4]

## **Mehaanilised kinnitid**

Tehases või ehitusplatsil tehtavatele kinnitustele esitatakse standardis nõuded järgnevatele kinnititele:

### 1) Poldid

- a) eelpingestatud poldikomplektid;
- b) eelpingestamata poldikomplektid;
- c) täppispoldid.

### 2) Mutrid;

### 3) Seibid;

### 4) Needid.

## **Montaaž ja ohutusnõuded [4]**

### 1) Ehitusplatsi tingimused

Monteerimist ei tohi alustada enne, kui ehitusplats vastab tööde ohutusega seotud tehnilistele tingimustele. Seejuures tuleb arvestada järgmisi asjaolusid, kui need on asjakohased:

- a) kraanade seisuplatside ettevalmistus ja hooldus ja juurdepääs;
- b) pääs ehitusplatsile ja sealne liiklus;
- c) ehitise ohutust mõjutavad pinnasetingimused;

- d) ehitise tugevde võimalik vajumine montaaži ajal;
  - e) võimalikud maa-alused kommunikatsioonid, õhuliinid või ehitusplatsil esinevad takistused;
  - f) ehitusplatsile tarnitavate elementide mõõtmete ja kaalu piirangud;
  - g) erilised keskkonna- ja kliimatingimused ehitusplatsil ning selle ümbruses;
  - h) üksikasjad naaberkonstruktsioonide kohta, mis mõjutavad töid või on mõjutatud töödest;
- 2) Montaažimeetod.

Kui osaliselt monteeritud konstruktsiooni stabiilsuse suhtes on kahtlusi, tuleb rakendada montaažitööde kirjelduses antud turvalist montaažimeetodit. See projekteerimisel aluseks olnud montaažimeetod peab arvestama järgmiste asjaoludega:

- a) ehitusplatsil tehtavate liidete asukoht ja tüübid;
  - b) elementide maksimaalne suurus, kaal ja asukoht;
  - c) montaažitööde järjekord;
  - d) osaliselt monteeritud konstruktsioonide stabiilsus, kaasa arvatud kõiki ajutisi tugevusi ja sidemeid puudutavad nõuded;
- 3) Ehitaja montaažimeetod.

Tuleb koostada ehitaja montaažimeetodeid kirjeldav montaažiprojekt ja kontrollida selle vastavust projekteerimiseeskirjadele, pöörates erilist tähelepanu osaliselt monteeritud konstruktsioonide kandevõimele montaažist jms tingitud koormustel. Montaažiprojekt võib erineda montaažitööde kirjeldusest eeldusel, et ohutus on tagatud. [4]

- 4) Montaaž ja tööd ehitusplatsil.

Montaažijoonised või samaväärsed juhendid tuleb ette valmistada ja need moodustavad montaažiprojekti osa.

Joonistel peab olema antud põhiplaan ja kõrgusmärgid ning jooniste mõõtkava peab võimaldama esitada joonisel kõigi elementide montaažimarkeeringud.

Joonistel peavad olema antud telgede ja tugevde asukohad ning elementide montaažiks vajalikud andmed koos tolerantsinõuetega.

Vundamentide plaanil tuleb ära näidata teraskonstruktsioonide asukoht ja asend, muud vundamentidega otseselt seotud elemendid, nende põhja asukoht ja kõrgusmärk, tugipinna kavandatud ja nulltase.

Lõigetel peavad olema näidatud vahelagede ja / või konstruktsioonide nõutud kõrgusmärgid.

Joonistel tuleb näidata iga terastoote detailid ja paigutus või muud ajutised ehitustööd, mis on vajalikud montaažitöödeks, et kindlustada ehitise stabiilsus või ohutus.

Teraskonstruksioonid tuleb monteerida montaažiprojekti kohaselt nii, et stabiilsus oleks kogu aeg tagatud.



## **KOKKUVÕTE**

Käesoleva lõputöö peamiseks eesmärgiks on kavandatava hoone kandefermi arvutamine. Teraskonstruksioonide arvutamisel on kasutatud peamiselt Tehnikaülikooli õppejõudude G. Arjassovi ja J. Kriisi väljatöötatud meetodikat. Täiendavalt on kontrollitud arvutuskäike Ehituskonstruktori käsiraamatus avaldatud teiste autorite publikatsioonide põhjal.

Algtõuke lõputöö teema valikuks andis Kohtla-Järve tööstuspargis asuv pooleliolev ehitis-tootmishoone. Käesolevas töös lahendatakse arhitektuurse eskiisina poolelioleva tootmishoone laiendatavat osa. Töö tehnoloogia osas käsitletakse teraskonstruksioonide valmistamise ja montaažiga seotud eeskirju, tuues eraldi välja tööohutuse aspektid.

## **SUMMARY**

The main purpose of this thesis is to calculate the truss of the proposed building. There was used the calculating methodology, developed by the teachers of the Technical University G. Arjassov and J. Kriis. In addition, the calculation methods were verified on the basis of publications by other authors.

The building in the industrial park Kohtla-Järve was decisive for choosing the topic of the thesis. In this work, the expandable part of the industrial building under construction is solved in the form of an architectural sketch. Industrial technology, the rules for the manufacture and assembly of metal structures are considered with an emphasis on aspects of labor protection.

## **VIIDATUD ALLIKATE LOETELU**

1. G. Arjassov, Ehitusmehaanika, Kohtla-Järve: Virumaa-Kolledž, Tallinna Tehnikaülikool, 2014.
2. J. Kriis, Metallkonstruktsioonid, Kohtla-Järve: Virumaa-Kolledž, Tallinna Tehnikaülikool, 2014.
3. Ehituskonstruktori käsiraamat 3. trükk, Tallinn: Autorid ja Ehitame kirjastus, 2012.
4. EVS-EN 1090-2:2018, Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2018.

## **GRAAFILINE OSA**

1. Asendiplaan
2. Hoone plaan
3. Hoone vaated
4. Hoone lõiked
5. Fermi vaade ja lõiked
6. Fermi sõlmed
7. Katuslae sõlm

Graafilised joonised köidetakse peale lõputöö kaitsmist eraldi käesoleva töö juurde.