



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

TERASFERMIDE MAJANDUSLIK ANALÜÜS MARU METALL AS BAASIL

ECONOMIC ANALYSIS OF STEEL TRUSSES BASED ON MARU METALL LTD

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Tamber Toomla

Üliõpilaskood: 162747 MATM

Juhendaja: Aigar Hermaste, lektor

Tallinn 2018

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.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Tambet Toomla, 162747
Õppekava, peeriala: MATM, Tootearendus ja tootmistehnika
Juhendaja(d): lektor, Aigar Hermaste

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Terasfermide majanduslik analüüs Maru Metall AS baasil

(inglise keeles) Economic analysis of steel trusses based on Maru Metal Ltd.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Majanduslikult optimaalseima fermi pikkuse leidmine
2. Majanduslikult optimaalseima fermi pikkuse arvutamismetoodika lahti kirjutamine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Ülesande püstitus, töö eesmärgi seadmine	15.03.18
2.	Projekteerimist puudutav osa – tarkvara, profiilide valik	25.03.18
3.	Materjale puudutava informatsiooni kogumine – hinnad, saadavus	15.04.18
4.	Tootmist puudutava informatsiooni kogumine – tootmisprotsessid, masinad, tootmise ajad ja hinnad	25.04.18
5.	Majanduslikud analüüsid, tulemus	05.05.18

Töö keel: EESTI **Lõputöö esitamise tähtaeg:** “.....”201....a

Üliõpilane: Tambet Toomla “.....”201....a
/allkiri/

Juhendaja: Aigar Hermaste “.....”201....a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
SISSEJUHATUS	8
1. AS MARU METALLIST	9
1.1 Iseloomustus	9
1.2 Juhtimissüsteem.....	10
2. PROJEKTEERIMINE	12
2.1 Tekla Structures tutvustus	12
2.2 Profiilide valik tarkvaraga Tekla Structures	13
3. PROFILID, LEHED JA MATERJALID	14
3.1 Profiilid.....	14
3.2 Lehed	17
3.3 Materjalid	18
3.3.1 Nõuded materjalidele.....	19
3.4 Saadavus	20
3.4.1 Profiilide saadavus.....	20
3.4.1 Teraslehtede saadavus	20
3.5 Ülekulu optimeerimine	20
4. FERMIDE TOOTMISPROTSESS	22
4.1 Detailide ettevalmistusprotsessid	23
4.1.1 Ettevalmistusprotsessid, ferm 10 m.....	23
4.1.2 Ettevalmistusprotsessid, ferm 12 m.....	24
4.1.3 Ettevalmistusprotsessid, ferm 14 m.....	25
4.1.4 Ettevalmistusprotsessid, ferm 16 m.....	26
4.1.5 Ettevalmistusprotsessid, ferm 18 m.....	27
4.1.6 Ettevalmistusprotsessid, ferm 20 m.....	27
4.1.7 Ettevalmistusprotsessid, ferm 22 m.....	28
4.1.8 Ettevalmistusprotsessid, ferm 24 m.....	29
4.2 Detailide koostamine	30
4.2.1 Koostamine, ferm 10 m	30
4.2.2 Koostamine, ferm 12 m	31
4.2.3 Koostamine, ferm 14 m	31

4.2.4 Koostamine, ferm 16 m	32
4.2.5 Koostamine, ferm 18 m	33
4.2.6 Koostamine, ferm 20 m	33
4.2.7 Koostamine, ferm 22 m	34
4.2.8 Koostamine, ferm 24 m	35
4.3 Koostude keevitamine	36
4.3.1 Keevitamine, ferm 10 m	36
4.3.2 Keevitamine, ferm 12 m	36
4.3.3 Keevitamine, ferm 14 m	37
4.3.4 Keevitamine, ferm 16 m	37
4.3.5 Keevitamine, ferm 18 m	37
4.3.6 Keevitamine, ferm 20 m	38
4.3.7 Keevitamine, ferm 22 m	38
4.3.8 Keevitamine, ferm 24 m	39
4.4 Pinnatöötlus	39
4.4.1 Pinnatöötlus, ferm 10 m	39
4.4.2 Pinnatöötlus, ferm 12 m	40
4.4.3 Pinnatöötlus, ferm 14 m	40
4.4.4 Pinnatöötlus, ferm 16 m	41
4.4.5 Pinnatöötlus, ferm 18 m	41
4.4.6 Pinnatöötlus, ferm 20 m	42
4.4.7 Pinnatöötlus, ferm 22 m	42
4.4.8 Pinnatöötlus, ferm 24 m	42
4.5 Pakkimine	43
4.5.1 Mass, ferm 10 m	43
4.5.2 Mass, ferm 12 m	44
4.5.3 Mass, ferm 14 m	44
4.5.4 Mass, ferm 16 m	44
4.5.5 Mass, ferm 18 m	45
4.5.6 Mass, ferm 20 m	45
4.5.7 Mass, ferm 22 m	46
4.5.8 Mass, ferm 24 m	46
4.6 Transport.....	46
5. MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED.....	47

5.1 Fermide maksumused	47
5.1.1 Hind, ferm 10 m	47
5.1.2 Hind, ferm 12 m	48
5.1.3 Hind, ferm 14 m	49
5.1.4 Hind, ferm 16 m	49
5.1.5 Hind, ferm 18 m	50
5.1.6 Hind, ferm 20 m	51
5.1.7 Hind, ferm 22 m	52
5.1.8 Hind, ferm 24 m	53
5.2 Järeldused	54
KOKKUVÕTE	57
SUMMARY	58
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	59
LISA 1 AS MARU METALLI SERTIFIKAADID	60
L.1.1 AQAP 2110:2016.....	60
L.1.2 ISO 9001:2015	61
L.1.3 ISO 3834-2:2005	62
L.1.4 EN 1090-1:2009+A1:2011	63
LISA 2 H-tala WPS	64
L.2.1 WPS.....	64
L.2.2 WPS.....	65
GRAAFILINE OSA	66
JONIS 1 Ferm F1.....	66

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teemani jõudsin ettevõttes AS Maru Metall, kus igapäevatööd eelarvestajana tehes, puutun pidevalt kokku erinevat tüüpi metallkonstruktsioonide tootmishindade eelarvestamisega. Olen antud positsioonil töötanud nüüdseks üheksa kuud ning selle aja jooksul on mul tekkinud mitmeid küsimusi, millest ühele neist, ma ka antud töös vastust otsima asusin. Töö tegemisel lähtusin AS Maru Metalli tootmisvõimekusest ja sellele kehtivatest tootmiskuludest. AS Maru Metalli juhtkond võimaldas mulle ligipääsu ettevõtte sisestele andmebaasidele, kalkulatsioonideks vajalike algandmete (kehtivad materjalide hinnad, masinate tööajad jms) kogumiseks. Magistritööd juhendas lektor Aigar Hermaste, kes on varasemalt juhendanud ka minu bakalaureusetööd. Siinkohal edastaksin temale oma tänusõovid!

terasferm, tootmisprotsess, tootmiskulud, magistritöö

SISSEJUHATUS

Antud magistritöö teema kerkis esile töötades AS Maru Metallis, kus tööalane vajadus innustas leidma majanduslikult optimaalseimat fermi silde laiust. Ettevõtte tegeleb põhiliselt projektipõhise tootmisega, kus suurema osa toodangust moodustavad ehituslikud teraskonstruksioonid, seega olukorras, kus potentsiaalsele kliendile tuleb pakkumisfaasis teha konkurentsivõimeline pakkumine, omab märkimisväärset rolli just fermide maksumus, kuna fermid moodustavad reeglina suurima osa teraskonstruksioonide mahust. Võtame näiteks olukorra, kus tellija annab sisendiks soovitud hoone üldkabiidid ja töövõtjal tuleb välja pakkuda majanduslikult optimaalseim lahendus, vastavalt tellija kehtestatud nõudmistele. Seega, kui tellija soovib endale näiteks ligikaudu 1000 ruutmeetri suurust tööstushalli, sildega 18 kuni 24 meetrit, tekib koheselt küsimus – millist fermide lahendust antud olukorras tuleks kasutada? Kas mõistlik oleks toota 20, 22 või 24 meetri pikkuseid ferme, mis kataksid kogu halli silde laiuse või kaks poltliitega omavahel ühendatud fermi või äkki hoopis mõni kolmas või neljas variant?

Muutes fermi pikkust, muutuvad ka mitmed teised fermi parameetrid, mis maksumust mõjutavad. Alustades profiilide ning nende materjalidega. Mida pikem on silde seda aeganõudvamaks ning kulukamaks profiili töötlemine muutub. Samas jällegi pikema fermi puhul saab alandada sõlmede arvu, mis omakorda maksumust alandab. Lisaks tuleb arvesse võtta ka materjali saadavust, tarneaega, hinda. Kas õõnesprofiilide puhul nõutakse külmi- või kuumvaltsitud (kallimaid) profiile? Kas materjal peab olema näiteks kuumtsingitav? Lisaks tuleb selgeks teha, millised on materjalide ülekulu suurused, kas profiile tuleb jätkata (standard tooriku pikkus 12 meetrit)? Kui suures mahus töötlust profiilid nõuavad – kui palju tuleb saagida (mida suurem profiil, seda kallim), kas profiili otsad nõuavad faasimist (mida suurem seinapaksus, seda tõenäolisem), palju tuleb avasid, kas tuleb teha käsiplasmaga profiilist väljalõikeid (näiteks tsingiavad), kui suures mahus tuleb keevituse jooksvaid meetreid, milline peab olema keevisõmbluse tüüp ja kõrgus, kui keeruline ja seega ka aeganõudev oleks koostamine? Kui keeruliseks ja aeganõudvaks võib osutuda tehase sisene logistika (pikkade fermide korral)? Milline on fermidele nõutav keskkonnaklass, kas nõutud on ka tulekaitsevõõpamine? Milline on teostusklass? Kui kalliks osutub transport? Palju tuleb sõlmede jaoks keevitada plaate? Kõik need on küsimused, millele tuleb vastused leida enne, kui tehakse lõplik otsus fermi pikkuse osas.

Antud töö põhiliseks eesmärgiks on lahti kirjutada arvutusmetoodika, mis aitaks vastavalt ülesande iseloomule ning olemasolevatele sisenditele lihtsustada majanduslikult optimaalseima fermi pikkuse valikut.

1. AS MARU METALLIST

1.1 Iseloomustus

AS Maru Metall on juhtiv teraskonstruksioonide tootja Eestis ning tarnija teistesse Euroopa riikidesse juba alates aastast 1996. AS Maru Metalli nime all alustas ettevõtte tegevust aastal 2002. Enne seda toimus metallkonstruktsioonide tootmine emafirma, AS Maru Konstruktsioonid, nime all. Maru Metall on keskendunud vastustusrikaste terasest kandevkarkasside tootmisele, pakkudes klientidele täisteenust alates projektieelsest nõustamisest kuni tarnimiseni lõppkliendile. Ettevõtte peakontor asub Tallinnas, kuid tootmistegevus toimub Ardus, Harjumaal, kus katusealust tootmispinda on 10 000 m². Kogu tootmistsükkel toimub Maru Metalli tehases, tänu millele on võimalik tagada kontroll kogu tootmistsükli üle, alustades projekteerimisest, lõpetades kliendini toimetamisega. [1]



Sele 1.1 Maru Metall AS tootmishoone Ardus

Kogu toodangust ligi 80% on suunatud eksporti. Põhilised klendid paiknevad Skandinaavia riikides, kuid toodangut tarnib ettevõtte ka kaugemale. Mõningate sihtkohtadena võib välja tuua näiteks Saudi-Araabia, Argentiina, Hiina ja India. [1]



Sele 1.2 Ekspordi sihtkohad

Põhiliseks toodanguks on ehituslikud teraskonstruksioonid, kuid ka sillad, galeriid, konveierid, platvormid, kivipurustusmasinad, rullteed jpm. Lisaks teraskonstruksioonide tootmisele, tegeleb Maru Metall ka konteinerlahenduste tootmisega, seda läbi oma tütarfirma MDSC OÜ. [1]

Töötajaid on ettevõttes 110 inimest. Tootmisvõimekus ligi 8000 tonni aastas.

1.2 Juhtimissüsteem

Ettevõtte töökorraldus hõlmab teraskonstruksioonide projekteerimist, projektijuhtimist ja tootmisprotsessi tervikuna.

Alates 2002. aastast järgib Maru Metall oma tegevustes EVS-EN ISO 9001 kohast Bureau Veritas Certification poolt sertifitseeritud kvaliteedijuhtimissüsteemi.



Sele 1.3 ISO 9001 BV Certification

Alates 2009. aastast on Maru Metall keevitusprotsessid sertifitseeritud EN ISO 3834-2 ja DIN 18800-7 klass D standardile vastavaks. Sertifitseerijaks DVS Zert GmbH.

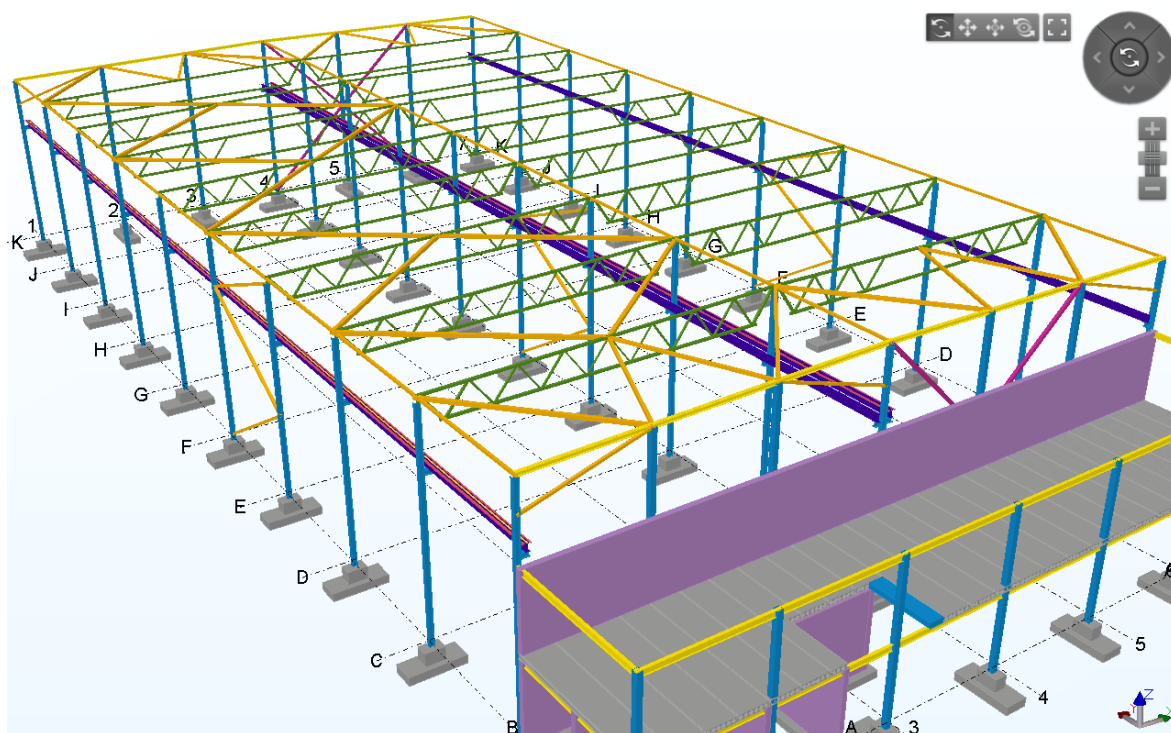
Alates 2015. aastast järgib Maru Metall oma projekteerimis- ja tootmisprotsessis tervikuna EN 1090-1 nõudeid ja omab õigust väljastamaks CE-märgist teraskonstruktsioonidele kuni klassile EXC3. Sertifitseerijaks DVS Zert GmbH.

Alates 2017 aastast kasutab Maru Metall tootmise juhtimisel mudelprojekteerimise platvormiga ühilduvat tootmise juhtimise tarkvaralist lahendust STRUMIS. [2]

2. PROJEKTEERIMINE

2.1 Tekla Structures tutvustus

AS Maru Metall kasutab projekteerimiseks tarkvara nimega Tekla Structures. Antud tarkvara võimaldab suurema vaevata mudeldada kolmemõõtmelisi konstruktsioone. Tänuväär on kõneall oleva tarkvara võimekus võtta mudelist välja materjalilist, mille põhjal saab teha materjali tellimused ära juba enne lõplike tootejooniste valmimist. Samuti laseb see genereerida mudeli põhjal detailijoonised, mis annab ettevõttele võimaluse alustada detailide tootmist juba enne kui valmis on lõplikud koostejoonised. Tekla võimekusse kuulub ka dxf. formaadis failide genereerimine plasma lõikepingile, dstv. formaadis failide genereerimine saagimis/puurimispingile. Tavakasutajale, näiteks eelarvestajale või projektijuhile, lubab Tekla genereerida ka IFC mudeli, mis võimaldab erinevate tasuta tarkvaradega, nagu näiteks Tekla BIMsight, mudelit vaadata ning näha sealst profiile, pikkuseid, materjale, teha mõõtmisi, näha projekteerijate poolt lisatud informatsiooni jne.



Sele 2.1 Vaade Tekla BIMsight mudelist

2.2 Profiilide valik tarkvaraga Tekla Structures

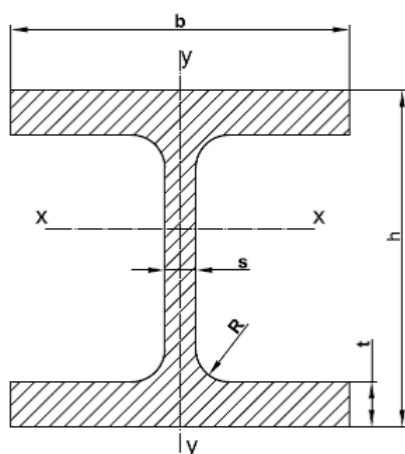
Projekteerijatele antakse reeglina kätte lähteülesanne, kus on ära selgitatud, millised profiilid konstruktsioonis olema peavad. Tekla Structures on varustatud kõikide standardprofiilidega, seega kui eelnevalt on ära määratud, mis profiili tüüpe konstruktsioonis kasutatakse, piisab vaid programmi siseselt valiku tegemisest ning pikkuse määramisest. Sama lugu on terasplaatidega, kus tuleb paika panna ainult plaadi kabariidid. Juhul kui profiile kirjeldav lähteülesanne on puudu, tuleb projekteerijatel teha valikud vastavalt koormustaluvustele, see muidugi eeldab, et projekteerijale on sisendina olemas konstruktsioonidele mõjuvad jõud.

3. PROFIILID, LEHED JA MATERJALID

Terasferme toodetakse põhiliselt nelikanttorudest ning H-profiilidest. Fermi üla ja alavöö võib olla tavapäraselt nii nelikanttorust kui ka H-profiilist. Fermide diagonaalsidemed on reeglina alati nelikanttorudest. Sõlmed lahendatakse enamjaolt teraslehtedest valmistatud plaatidega, mis keevitatakse profiilidele külge.

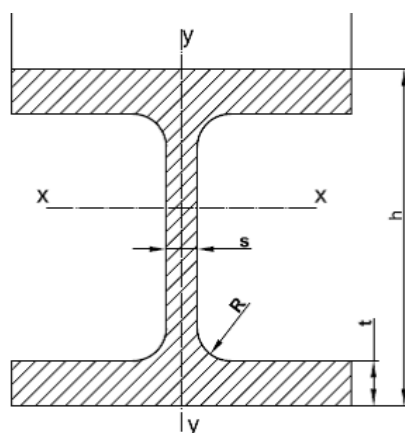
3.1 Profiilid

Levinumad H-profiilid, mida fermide tootmisel kasutatakse on standardsed HEA- ja HEB-profiilid, mis on kuumvaltsitud ning valmistatud hästi keevitatavast mittelegeerkonstruktsiooniterasest.



HEA-profiil - väga levinud, kasutatakse eelkõige kiiresti paigaldatavate ning väände suhtes jäikust nõudvatel ehitusobjektidel (postid, lagede ja vahepõrandate tugielemendid, telferkraanade teed jne). Nimetus vastab ligikaudsele kõrguse mõõdule nt HEA300 – $h=300$ (-4...-10 mm) [3]

Sele 3.1 HEA-profiil



HEB-profiil – kasutatakse samuti eelkõige kiiresti paigaldatavate ning väände suhtes jäikust nõudvatel ehitusobjektidel. HEA talast erineb HEB suurema kõrguse poolest, mis omakorda suurendab tema vastupanumomenti ligi 25% võrra. Nimetus vastab sarnasel eelnevalegi, kõrguse mõõdule, nt HEB300 – $h=300$ mm. [4]

Sele 3.2 HEB-profiil

H-profiilide mõõtmed –

Mõõtmed, mass, ristlõige						
Dimensions, mass, section						
HEA	M	S	H	B	D ₁	D ₂
	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm
100	16,7	21,2	96	100	5	8
120	19,9	25,3	114	120	5	8
140	24,7	31,4	133	140	5,5	8,5
160	30,4	38,8	152	160	6	9
180	35,5	45,3	171	180	6	9,5
200	42,3	53,8	190	200	6,5	10
220	50,5	64,3	210	220	7	11
240	60,3	76,8	230	240	7,5	12
260	68,2	86,8	250	260	7,5	12,5
280	76,4	97,3	270	280	8	13
300	88,3	112,5	290	300	8,5	14
320	97,6	124,4	310	300	9	15,5
340	105	133,5	330	300	9,5	16,5
360	112	142,8	350	300	10	17,5
400	125	159	390	300	11	19
450	140	178	440	300	11,5	21
500	155	197,5	490	300	12	23
550	166	211,8	540	300	12,5	24
600	178	226,5	590	300	13	25
650	190	241,6	640	300	13,5	26
700	204	260,5	690	300	14,5	27
800	224	285,8	790	300	15	28
900	252	320,5	890	300	16	30
1000	272	346,8	990	300	16,5	31

Mõõtmed, mass, ristlõige						
Dimensions, mass, section						
HEB	M	S	H	B	D ₁	D ₂
	kg/m	cm ²	mm	mm	mm	mm
100	20,4	26	100	100	6	10
120	26,7	34	120	120	6,5	11
140	33,7	43	140	140	7	12
160	42,6	54,3	160	160	8	13
180	51,2	65,3	180	180	8,5	14
200	61,3	78,1	200	200	9	15
220	71,5	91	220	220	9,5	16
240	83,2	106	240	240	10	17
260	93	118,4	260	260	10	17,5
280	103	131,4	280	280	10,5	18
300	117	149,1	300	300	11	19
320	127	161,3	320	300	11,5	20,5
340	134	170,9	340	300	12	21,5
360	142	180,6	360	300	12,5	22,5
400	155	197,8	400	300	13,5	24
450	171	218	450	300	14	26
500	187	238,6	500	300	14,5	28
550	199	254,1	550	300	15	29
600	212	270	600	300	15,5	30
650	225	286,3	650	300	16	31
700	241	306,4	700	300	17	32
800	262	334,2	800	300	17,5	33
900	291	371,3	900	300	18,5	35
1000	314	400	1000	300	19	36

Sele 3.3 HEB-profiili mõõtmed [3]

Sele 3.4 HEA-profiili mõõtmed [3]

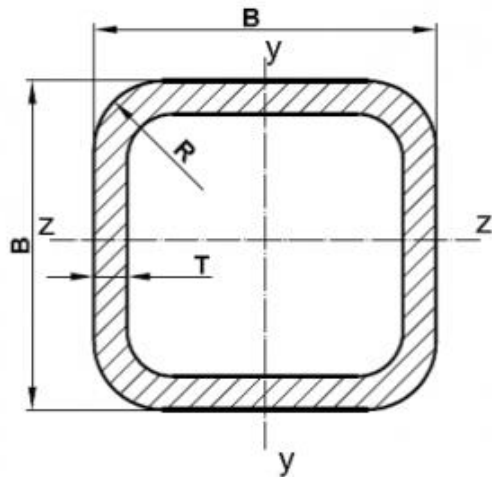
Standardseteks profiili pikkusteks H-profiilide korral on 12 m. Tellida on võimalik ka erimõõtudes profiile, kuid see tõstab automaatselt kilohinda ning enamus juhtudel ka tarneaega.

Lisaks HEA- ning HEB-profiilile on tegelikult olemas veel ka HEM-profiil, mis on eelvatel kõige suurema kaaluga profiil. Selle vastupanumoment on HEB-profiili omast ligi kaks korda suurem. HEM-profiil ei ole väga levinud ning seda tellitakse reeglina eritellimusel.

Standardsed nelikanttorud on valmistatud samuti mittelegeerstruktuuriterasest, kuid neid on saadaval nii külmaltsituna kui ka kuumvaltsituna. Valmistatakse neid valtsitud terasribast, mis on kuum- või külmpainutatud ning servasidpidi kokkukeevitatud. Väikese ristlõike ent samas suure jäikusega nelikanttoru leiab laialdast kasutust nii ehitusobjektidel (postid, lagede ja vahepõrandate tugi elemendid) kui masinaehituse (raamide osad, rakiste elemendid) elementidena. Jagunevad need omakorda kaheks – ruustristlõikega ja ristkülikuristlõikega toruks. [4]

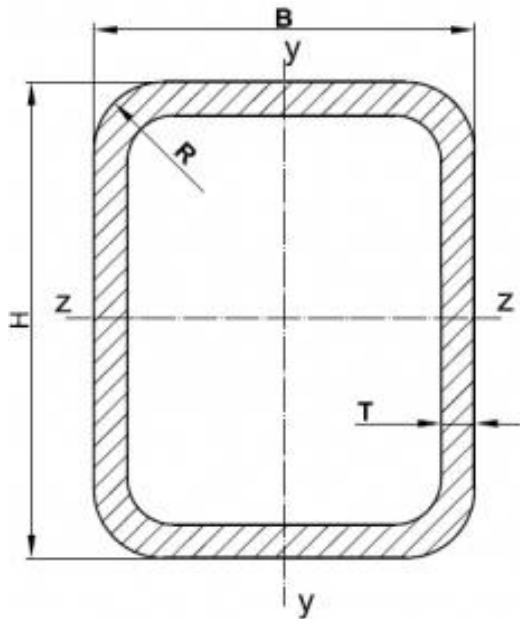
Materjali tugevuse poolest erineval viisil toodetud nelikanttorud teineteisest praktiliselt ei erine ning kül- ja kuumvaltsitud profiilide tugevused on telgede suhtes võrdväärised. Kuumvaltsitud

profiili eeliseks on see, et tänu terase parematele deformeerumusomadustele kuumutatud olekus, on seda võimalik toota suuremate küljepikkuste ja seinapaksustega. Küll aga külmvormitud profiilid paremate väsimusomadustega, tänu kaldestumisele, mis tekib külmalt deformeerimisel. [4]



Ruudukujuliste külmvaltstorude külje pikkused algavad alates 20 kuni 400 mm-ni. Seinapaksused 2,0 kuni 16 mm (standardi EN 10219 kohaselt). Ruudukujuliste kuumvaltstorude külje pikkused jäävad vahemikku 40 kuni 400 mm. Seinapaksused 2,6 kuni 20 mm (standardi EN 10210 kohaselt). [3]

Sele 3.5 Ruudu kujulise ristlõikega nelikanttoru



Ristkülikukujuliste külmvaltstorude külje pikkused algavad alates 38x19 kuni 400x300 mm. Seinapaksused 2,0 kuni 16 mm (standardi EN 10219 kohaselt). Ristkülikukujuliste kuumvaltstorude külje pikkused algavad alates 50x30 kuni 500x300 mm. Seinapaksused 2,6 kuni 20 mm (standardi EN 10210 kohaselt). [3]

Sele 3.6 Ristküliku kujulise ristlõikega nelikanttoru

Standardseteks profiili pikkusteks õõnesprofiilide korral on peamiselt kas 6 m või 12 m.

Tellida on võimalik ka erimõõtudes profiile, kuid see, nagu ka kõikide teiste profiilide korral, tõstab samuti automaatselt kilohinda ning enamus juhtudel ka tarneaega.

3.2 Lehed

Kuumvaltsitud teraslehti kasutatakse laialdaselt metallkonstruktsioonide ning ka erinevate mehhanismide detailide tootmises, mille jaoks elementide pinna kvaliteet ei ole esmatähtis. Kõrgema pinnakvaliteedi saab külmaltsides. [5]

Olenevalt terasemargist erinevad standardsed teraslehtede mõõtmed mõnevõrra. S235JR puhul pakutakse teraslehti alates paksusest 2 mm kuni 50 mm. S355J2 puhul aga alates 3 mm kuni 120 mm-ni. Lehtede laius varieerub 1000 kuni 2000 mm vahel, olenevalt paksusest, kuid lehe pikkust on kahte varianti 6000 mm ning 12000 mm.

S235JR, St3sp-5	
2.0x1000x2000	12x1500x6000 / 12000
2.0x1250x2500	12x1800x6000 / 12000
2.0x1500x3000	12x2000x6000 / 12000
2.0x1500x6000	
	14x1500x6000
3.0x1250x2500	14x2000x6000 / 12000
3.0x1250x3000	
3.0x1500x3000	15x2000x6000 / 12000
3.0x1500x6000	15x2400x12000
4.0x1500x3000	16x2000x6000 / 12000
4.0x1500x6000	16x2400x12000
5.0x1500x6000	20x2000x6000 / 12000
5.0x1800x6000	20x2400x12000
6.0x1500x6000	30x2000x6000 / 12000
6.0x1800x6000	
6.0x2000x6000	40x2000x6000
7.0x1500x6000 / 12000	50x2000x6000
7.0x2000x6000	
10x1500x6000 / 12000	
10x1800x6000 / 12000	
10x2000x6000 / 12000	

Sele 3.7 S235JR Kuumvaltslehtede standardsed mõõtmed, mm [4]

S355J2	
3.0x1500x3000	14x1500x6000
3.0x1500x6000	14x2000x6000 / 12000
4.0x1500x3000	15x2000x6000 / 12000
4.0x1500x6000	15x2400x12000
5.0x1500x6000	16x2000x6000 / 12000
5.0x1800x6000	16x2400x12000
6.0x1500x6000	20x2000x6000 / 12000
6.0x1800x6000	20x2400x12000
6.0x2000x6000	30x2000x6000 / 12000
7.0x1500x6000 / 12000	35x2000x6000 / 12000
7.0x2000x6000	
8.0x1500x6000 / 12000	40x2000x6000
8.0x2000x6000 / 12000	50x2000x6000
	60x2000x6000
10x1500x6000 / 12000	70x2000x6000
10x1800x6000 / 12000	80x2000x6000
10x2000x6000 / 12000	90x2000x6000
	100x2000x6000
12x1500x6000 / 12000	120x2000x6000
12x1800x6000 / 12000	
12x2000x6000 / 12000	

Sele 3.8 S355J2 Kuumvaltslehtede standardsed mõõtmed, mm [4]

3.3 Materjalid

Eestis enim levinud konstruktsiooniteraste materjalideks nii nelikanttorude, H-talade kui ka teraslehtede korral on S235JR ja S355J2, kus 235 ning 355 näitavad minimaalset voolavuspiiri, vastavalt 235 MPa ja 355MPa, ning JR ja J2 löögistitkust. Seal juures näitab JR, et löögistitus temperatuuril 20 °C on vähemalt 27 J ja J2 näitab, et löögistitus temperatuuril -20 °C on vähemalt 27 J. Nelikanttorude puhul on kuumvaltsitud profiili eeliseks külmaltsitud profiili ees see, et tulenevalt terase parematest deformeerimisomadustest kuumutatud olekus on kuumvaltsitud nelikanttorusid võimalik toota suuremate küljepikkuste ja seinapaksustega, kuid see teeb need ka märkimisväärselt kallimateks.

Tähistus (Designation)		Ülemine elastsuspiir, minimaalselt (Minimum yield strength)						Tõmbetugevus (Tensile strength)			Löögisitkus (Impact properties)	
Vastavalt (acc. to) EN 10027-1, CR 10260	Vastavalt (acc to) EN 10027-2	ReH , N/mm ²						Rm , N/mm ²			KV	t
		Lehe paksus (Nominal thickness), mm						Lehe paksus (Nominal thickness), mm				
		≤ 16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	<3	≥3 ≤100	>100 ≤150	J	°C
S235JR	1.0038	235	225	215	215	215	195	360-510	360-510	350-500	27	20
S235J0	1.0114	235	225	215	215	215	195	360-510	360-510	350-500	27	0
S235J2	1.0117	235	225	215	215	215	195	360-510	360-510	350-500	27	-20
S275JR	1.0044	275	265	255	245	235	225	430-580	410-560	400-540	27	20
S275J0	1.0143	275	265	255	245	235	225	430-580	410-560	400-540	27	0
S275J2	1.0145	275	265	255	245	235	225	430-580	410-560	400-540	27	-20
S355JR	1.0045	355	345	335	325	315	295	510-680	470-630	450-600	27	20
S355J0	1.0553	355	345	335	325	315	295	510-680	470-630	450-600	27	0
S355J2	1.0577	355	345	335	325	315	295	510-680	470-630	450-600	27	-20
S355K2	1.0596	355	345	335	325	315	295	510-680	470-630	450-600	40*	-20

* See näitaja vastab 27J -30 °C temperatuuril (This value corresponds with 27J at -30 °C)

Sele 3.9 Teraslehtede ja profiilide mehaanilised omadused [4]

Tähistus (Designation)		Ülemine elastsuspiir, minimaalselt (Minimum yield strength)		Tõmbetugevus (Tensile strength)		Löögisitkus (Impact properties)	
Vastavalt (acc. to) EN 10027-1, CR 10260	Vastavalt (acc. to) EN 10027-2	ReH , N/mm ²		Rm , N/mm ²		KV	t
		Paksus (Nominal thickness), mm		Paksus (Nominal thickness), mm			
		≤ 16	>16≤40	<3	≥3≤40	J	°C
S235JRH	1.0039	235	225	360-510	340-470	27	20
S275J0H	1.0149	275	265	430-580	410-560	27	0
S275J2H	1.0138	275	265	430-580	410-560	27	-20
S355J0H	1.0547	355	345	510-680	490-630	27	0
S355J2H	1.0576	355	345	510-680	490-630	27	-20

For all products we guarantee the certificates according to EN 10204-3.1

Kõikidele toodetele garanteerime normatiivile EN 10204-3.1 vastava sertifikaadi.

На всю продаваемую продукцию мы гарантируем сертификаты качества согласно стандарту EN 10204-3.1

Sele 3.10 Nelikanttorude mehaanilised omadused [4]

3.3.1 Nõuded materjalidele

Standard EVS-EN 10025-1:2006 määratleb nõuded kuumvaltsitud konstruktsiooniterastest leht- ja varrastodetele, välja arvatud õõnesprofiilid ja torud. [6]

Standard EVS-EN 10219-1:2006 määratleb nõuded külmsurvevormitud keevitatud konstruktsiooni-õõnesprofiilid mittelegeer- ja peeneterastest. [7]

Standard EVS-EN 10210-1:2006 määratleb nõuded kuumalt lõppvaltsitud konstruktsiooni-õõnesprofiilid mittelegeer- ja peeneterakonstruktsiooniterastest. [8]

Lisaks sellele peavad 1. juulist 2013 kehtima hakanud ehitustoodete määruse nr 305/2011 (CPR) kohaselt olema kõik Euroopa Liidu ühisturule valmistatud teras- ja alumiiniumkonstruktsioonid tähistatud CE-märgiga alates 1. juulist 2014. [9]

3.4 Saadavus

3.4.1 Profiilide saadavus

Väiksemate standard profiilide, HEA/HEB talade ning nelikanttorude korral, kuni kõrguseni 300 mm, on saadavus üldjuhul hea, tarneaeg erinevatest Eesti ladudest on 2-4 päeva. Väljaspoolt Eestit on selleks üdjuhul kuni 2 nädalat. Pikem tarneaeg ongi reeglina suuremate profiilide puhul ehk HEA/HEB korral 300 – 600 mm. Sellest veel suuremate või erimõõdus profiilide tarneaeg võib olla koguni lausa 6 nädalat, sest sellisel juhul neid reeglina ladudes ei hoiustata, väikese nõudluse tõttu, ning neid tuleb eritellimusena lasta toota.

3.4.1 Teraslehtede saadavus

Standard mõötudes teraslehtede saadavus on Eestis hea, tarneaeg kuni 1 nädal, sest ehituskonstruktsioonide korral, kasutatakse reeglina lehti paksustega kuni äärmisel juhul 50 mm, enamasti jääb seegi 3 kuni 40 mm vahele. Erijuhtudel, kui on vaja paksemaid lehti, võib aga tarneaeg ulatuda isegi kuni 12 nädalani.

3.5 Ülekulu optimeerimine

Materjali ülekulu suurus on tootmise juures üks suurimaid hinda kujundvaid tegureid. Nagu eelnevates alapeatükkides sai ka mainitud, siis standardprofiile müüakse enamasti 12 meetri pikkustena, mis tähendab, et jääkide teke profiilide töötlemisel on paratamatu.

Oletame, et meil on vaja toota hulgam 8,5 meetriseid poste, see tähendab, et meil tuleb 12 meetri pikkuseid profiile hakata lõikama 8,5 meetri pikkusteks ehk igast profiilist jääb üle 3,5 meetri pikkune jääk. On võimalus, et antud jääki saab kasutada mõne muu konstruktsiooni juures, näiteks lühemate postidena. Lihtsuse huvides oletame, et lühema posti pikkus oleks 3 meetrit, ning kogus vastaks pikemate postide kogusele. See tähendaks, et kõikidest pikkade postide tootmisel tekkinud 3,5 meetristest profiili jääkidest saaks ära kasutada 3 meetrised jupid – seega materjali lõplik jääk oleks $12 - (8,5 + 3) = 0,5$ meetrit ehk protsentuaalselt oleks antud profiili materjali hind, koos ülekulusuurusega, ~4% kõrgem ning see kajastuks lõpptoote hinnas. Juhul kui samu profiile poleks võimalik mujal kasutada, siis oleks materjali ülekulu suurus ~33%. Sellistel juhtudel kasutatakse ka profiilide jätkamist, kus 12 meetrised profiilid lõigatakse pooleks, saades kaks 6 meetrist juppi ning need jätkatakse omakorda 3 meetristest jääkidest lõigatud 2,5 meetriste juppidega saades kokku 8,5 pikkused postid. Siinkohal tuleb aga arvestada sellega, et iga teine post tuleks sellisel juhul põkkõmblusega jätkata ning see jällegi tõstab lõpptoote hinda. See, kas odavam tuleb profiile jätkata või arvestada sisse suur materjali ülekulu protsent, sõltub aga juba profiilist ning selle suuruselt.

Teraslehtede korral on mõislik lõigata korraga terve teraslehe jagu detaile, et ühe operatsiooniga saaks kogu lehe materjal ära kasutatud ning lisa aega lehtede plasmapingile laadimisega ja maha laadimisega ei tekiks. Ehituslike teraskonstruktsioonide korral, kus lehtedest lõigatakse välja sõlmede jaoks eri mõõdus plaate, on keskmiselt materjali ülekulu suurus ligi 20%.

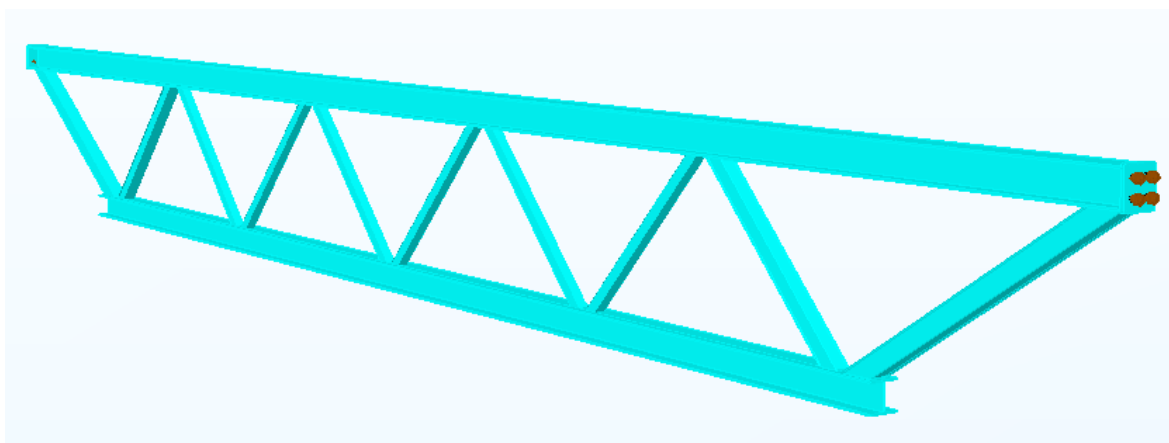
4. FERMIDE TOOTMISPROTSESS

Fermide tootmisprotsess jaguneb erietappideks, mida järgnevates alapeatükkides, vaatleme eraldiseisvatena –

- Detailide ettevalmistusprotsessid
- Detailide koostamine
- Koostu keevitamine
- Pinnatöötlusprotsessid
- Pakkimine
- Transport

Tootmine toimub AS Maru Metallis vastavalt standardile EN 1090-1:2009, kuni teostusklassini EXC3, kuid hinnanguliselt ligi 90% ettevõtte tarnitavast toodangust on teostusklassiga EXC2, millega kaasneb keevitusklass C ja tolerantsiklass 1, seega antud antud analüüsis käsitleme me fermide tootmist, AS Maru Metallis, teostusklassiga EXC2.

Antud töös võtame näidetena vaatluse alla fermid, mis on tüüpsuse poolest Maru Metallis ühed sagedasemalt toodetavad, mida põhiliselt tarnib ettevõtte Skandinaavia riikidesse. Ülemine vöö on profiilist HEA180 alumine vöö profiilist HEA160 ning diagonaalid külmaltsitud nelikanttorudest RHS60x60x5, RHS80x80x5 ja RHS100x100x6. Diagonaalide arvuks võtame ühe iga ülemise vöö jooksva meetri kohta. Fermid istuvad postide vahele, ülemise vöö otstesse keevitatud 15 mm läbimõõduga kinnitusplaatide abil. Fermide kogu pikkusteks, mida omavahel võrdlema hakkam, valin 10000 – 24000 mm. Fermi kõrguseks on 1200 mm.



Sele 4.1 3D kujutis fermist, Tekla BIMsight mudelist

4.1 Detailide ettevalmistusprotsessid

HEA-talade ja nelikanttorude lõikamine toimub CNC juhtimisega saagimis-/puurimisliinil, millega saab lõigata profiile kabariitidega kuni 500 x 460 x 12200 mm ning puurida avasid kolmel teljel. Lisaks võimaldab antud liin vajaduse korral ka markeerida detaile kontuurmarkeerimisega.

Otsaplaadid lõigatakse valmis plasma lõikepingis, millega lõigatakse plaatidesse sama protseduuri käigus ka vajalikud poldiavad.

Erinevate protsesside ajanormid on võetud ettevõtte sisestest andmebaasidest, kuhu on kogutud seadmete lõikekiirused vastavalt masinate juhenditele ning ka reaalsele mõõtmistulemustele.

4.1.1 Ettevalmistusprotsessid, ferm 10 m

10 meetrise fermi detaili pikkusteks võtame järgnevad mõõdud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 10000 mm, 1 tk
alumine vöö HEA160, pikkusega – 7550 mm, 1 tk
otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk
diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk
sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 6 tk
otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemiseks vööks on HEA180 profiil pikkusega 10000 mm. Antud profiili mõõtu lõikamisel, CNC juhtimisega saagimis-/puurimisliinil, tuleb arvestada ühe otsa lõikamiseks, koos sinna juurde kuuluvate abiaegadega, kokku 8 minutit – 2 otsa * 8 min = 16 min
- 2) Fermi alumiseks vööks on HEA160 profiil pikkusega 7550 mm. Antud profiili mõõtu lõikamisel, CNC juhtimisega saagimis-/puurimisliinil, tuleb arvestada ühe otsa lõikamiseks, koos sinna juurde kuuluvate abiaegadega, kokku 8 minutit. Võttes arvesse koheselt ka asjaolu, et 7550 mm tüki lõikamisel oleks ülekulu ühe fermi kohta 4450 mm ning ferme tuleks rohkem kui üks, arvestame me, et alumine vöö tuleb kokku kahest jupist 6000 mm ja 1550 mm, mis keevitatakse omavahel kokku. Seega kokku tuleb lõigata 4 profiili otsa – 2 tk * 2 otsa * 7 min = 28 min

- 3) Otsadiagonaalide RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm, mõõtu lõikamisel samal lõikepingil, kulub koos abiaegadega 6 minutit, ühe otsa kohta. Otsadiagonaale on kokku 2 tk, seega – $2 \text{ tk} * 2 \text{ otsa} * 6 \text{ min} = 24 \text{ min}$
- 4) Diagonaalide RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm, mõõtu lõikamisel samal lõikepingil, kulub koos abiaegadega 4 minutit, ühe otsa kohta. Antud diagonaale on kokku 2 tk, seega - $2 \text{ tk} * 2 \text{ otsa} * 4 \text{ min} = 16 \text{ min}$
- 5) Sisemisi diagonaalide RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, mõõtu lõikamisel samal lõikepingil, kulub koos abiaegadega 3 minutit, ühe otsa kohta. Antud diagonaale on kokku 6 tk, seega - $6 \text{ tk} * 2 \text{ otsa} * 3 \text{ min} = 36 \text{ min}$
- 6) Seoses fermide alumise vöö profiilide jätkamisega on vaja HEA160 tala omavahel kokku keevitatavad otsad faasida. Antud protseduuri arvestatakse 5 minutit jooksva meetri kohta, seega – $2 \text{ otsa} * (160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 5 \text{ min} = 9,44 \text{ min}$
- 7) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – $2 \text{ tk} * \{(180+190) * 2\} \text{ jm}/1000 * 1,69 + 2 \text{ tk} * 4 \text{ ava} * 0,46 / 35 \text{ €/h} = 12 \text{ min}$

Kokku ettevalmistusprotsessid 10 meetri pikkuse fermi kohta –
 $16 + 28 + 24 + 16 + 36 + 9,44 + 12 = \mathbf{141,44 \text{ min}} [10]$

4.1.2 Ettevalmistusprotsessid, ferm 12 m

10 meetrise fermi detaili pikkusteks võtame järgnevad mõõdud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 12000 mm, 1 tk
 alumine vöö HEA160, pikkusega –9550 mm, 1 tk
 otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk
 diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk
 sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 8 tk
 otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemine vöö on HEA180 profiil pikkusega 12000 mm - $2 \text{ otsa} * 8 \text{ min} = 16 \text{ min}$
- 2) Fermi alumine vöö on HEA160 profiil pikkusega 9550 mm - $2 \text{ otsa} * 7 \text{ min} = 14 \text{ min}$

- 3) Otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm - 2 tk * 2 otsa* 6 min = 24 min
- 4) Diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm - 2tk * 2 otsa* 4 min = 16 min
- 5) Sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm - 8 tk * 2 otsa* 3 min = 48 min
- 6) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – 2 tk* $\{(180+190) * 2\} \text{ jm}/1000 * 1,69 + 2\text{tk} * 4 \text{ ava} * 0,46\} / 35\text{€}/\text{h} = 12 \text{ min}$

Kokku ettevalmistusprotsessid 12 meetri pikkuse fermi kohta –
 $16 + 14 + 24 + 16 + 48 + 12 = \mathbf{130 \text{ min}}$ [10]

4.1.3 Ettevalmistusprotsessid, ferm 14 m

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 14000 mm, 1 tk
 alumine vöö HEA160, pikkusega –11550 mm, 1 tk
 otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk
 diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk
 sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 10 tk
 otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemiseks vööks on HEA180 profiil pikkusega 14000 mm. Kuna standard profiili pikkuseks on 12 m, tuleb antud pikkuse saavutamiseks detaile jätkata. Antud profiili mõõtu lõikamisel, CNC juhtimisega saagimis-/puurimisliinil, tuleb arvestada ühe otsa lõikamiseks, koos sinna juurde kuuluvate abiaegadega, kokku 8 minutit – 2 tk * 2 otsa * 8 min = 32 min
- 2) Fermi alumine vöö on HEA160 profiil pikkusega 11550 mm - 2 otsa * 7 min = 14 min
- 3) Otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm - 2 tk * 2 otsa* 6 min = 24 min
- 4) Diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm - 2 tk * 2 otsa* 4 min = 16 min
- 5) Sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm - 10 tk * 2 otsa* 3 min = 60 min
- 6) Seoses fermide ülemise vöö profiilide jätkamisega on vaja HEA180 tala omavahel kokku keevitatavad otsad faasida. Antud protseduuri arvestatakse 5 minutit jooksva meetri kohta, seega – 2 otsa * $(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 5 \text{ min} = 10,64 \text{ min}$

- 7) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – 2 tk* $\{(180+190) * 2\} \text{ jm}/1000 * 1,69 + 2\text{tk} * 4 \text{ ava} * 0,46) / 35\text{€}/\text{h} * 60 = 12 \text{ min}$

Kokku ettevalmistusprotsessid 14 meetri pikkuse fermi kohta –

$$32 + 14 + 24 + 16 + 60 + 10,64 + 12 = \mathbf{168,64 \text{ min}} [10]$$

4.1.4 Ettevalmistusprotsessid, ferm 16 m

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 16000 mm, 1 tk

alumine vöö HEA160, pikkusega –13550 mm, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 12 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemine vöö on HEA180 profiil pikkusega 16000 mm - 2 tk * 2 otsa * 8 min = 32 min
- 2) Fermi alumiseks vööks on HEA160 profiil pikkusega 13550 mm. Kuna standard profiili pikkuseks on 12 m, tuleb antud pikkuse saavutamiseks detaile jätkata. Antud profiili mõõtu lõikamisel, CNC juhtimisega saagimis-/puurimisliinil, tuleb arvestada ühe otsa lõikamiseks, koos sinna juurde kuuluvate abiaegadega, kokku 8 minutit – 2 tk * 2 otsa * 7 min = 28 min
- 3) Otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm - 2 tk * 2 otsa* 6 min = 24 min
- 4) Diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm - 2 tk * 2 otsa* 4 min = 16 min
- 5) Sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm - 12 tk * 2 otsa* 3 min = 72 min
- 6) Ülemise vöö otste faasimine - 2 otsa * (180 * 4 + 172 * 2) jm/1000 * 5 min = 10,64 min
- 7) Seoses fermide alumise vöö profiilide jätkamisega on vaja HEA160 tala omavahel kokku keevitatavad otsad faasida. Antud protseduuri arvestatakse 5 minutit jooksva meetri kohta, seega – 2 otsa * (160 * 4 + 152 * 2) jm/1000 * 5 min = 9,44 min
- 8) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – 2 tk* $\{(180+190) * 2\} \text{ jm}/1000 * 1,69 + 2\text{tk} * 4 \text{ ava} * 0,46) / 35\text{€}/\text{h} * 60 = 12 \text{ min}$

Kokku ettevalmistusprotsessid 16 meetri pikkuse fermi kohta –
 $32 + 28 + 24 + 16 + 72 + 10,64 + 9,44 + 12 = \mathbf{204,08 \text{ min}}$ [10]

4.1.5 Ettevalmistusprotsessid, ferm 18 m

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 18000 mm, 1 tk
alumine vöö HEA160, pikkusega –15550 mm, 1 tk
otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk
diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk
sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 14 tk
otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemine vöö on HEA180 profiil pikkusega 18000 mm - 2 tk * 2 otsa * 8 min = 32 min
- 2) Fermi alumine vöö on HEA160 profiil pikkusega 15550 mm - 2 tk * 2 otsa * 7 min = 28 min
- 3) Otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm - 2 tk * 2 otsa* 6 min = 24 min
- 4) Diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm - 2 tk * 2 otsa* 4 min = 16 min
- 5) Sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm - 14 tk, seega - 14 tk * 2 otsa* 3 min = 84 min
- 6) Ülemise vöö otste faasimine - 2 otsa * (180 * 4 + 172 * 2) jm/1000 * 5 min = 10,64 min
- 7) Alumise vöö otste faasimine - 2 otsa * (160 * 4 + 152 * 2) jm/1000 * 5 min = 9,44 min
- 9) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – 2 tk* $\{(180+190) * 2 \}$ jm/1000 * 1,69 + 2tk * 4 ava * 0,46/ 35€/h * 60 = 12 min

Kokku ettevalmistusprotsessid 18 meetri pikkuse fermi kohta –
 $32 + 28 + 24 + 16 + 84 + 10,64 + 9,44 + 12 = \mathbf{216,08 \text{ min}}$ [10]

4.1.6 Ettevalmistusprotsessid, ferm 20 m

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 20000 mm, 1 tk

alumine vöö HEA160, pikkusega –17550 mm, 1 tk
otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk
diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk
sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 16 tk
otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemine vöö on HEA180 profiil pikkusega 20000 mm - 2 tk * 2 otsa * 8 min = 32 min
- 2) Fermi alumine vöö on HEA160 profiil pikkusega 17550 mm - 2 tk * 2 otsa * 7 min = 28 min
- 3) Otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm - 2 tk * 2 otsa* 6 min = 24 min
- 4) Diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm - 2 tk * 2 otsa* 4 min = 16 min
- 5) Sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm - 16 tk * 2 otsa* 3 min = 96 min
- 6) Ülemise vöö otste faasimine - 2 otsa * (180 * 4 + 172 * 2) jm/1000 * 5 min = 10,64 min
- 7) Alumise vöö otste faasimine - 2 otsa * (160 * 4 + 152 * 2) jm/1000 * 5 min = 9,44 min
- 10) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – 2 tk* $\{(180+190) * 2\}$ jm/1000 * 1,69 + 2tk * 4 ava * 0,46)/ 35€/h * 60 = 12 min

Kokku ettevalmistusprotsessid 20 meetri pikkuse fermi kohta –
 $32 + 28 + 24 + 16 + 96 + 10,64 + 9,44 + 12 = \mathbf{228,08 \text{ min}}$ [10]

4.1.7 Ettevalmistusprotsessid, ferm 22 m

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 22000 mm, 1 tk
alumine vöö HEA160, pikkusega –19550 mm, 1 tk
otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk
diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk
sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 18 tk
otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemine vöö on HEA180 profiil pikkusega 22000 mm - 2 tk * 2 otsa * 8 min = 32 min

- 2) Fermi alumine vöö on HEA160 profiil pikkusega 19550 mm - 2 tk * 2 otsa * 7 min = 28 min
- 3) Otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm - 2 tk * 2 otsa* 6 min = 24 min
- 4) Diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm - 2 tk * 2 otsa* 4 min = 16 min
- 5) Sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm - 18 tk * 2 otsa* 3 min = 108 min
- 6) Ülemise vöö otste faasimine - 2 otsa * (180 * 4 + 172 * 2) jm/1000 * 5 min = 10,64 min
- 7) Alumise vöö otste faasimine - 2 otsa * (160 * 4 + 152 * 2) jm/1000 * 5 min = 9,44 min
- 11) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – 2 tk* $\{(180+190) * 2\}$ jm/1000 * 1,69 + 2tk * 4 ava * 0,46/ 35€/h * 60 = 12 min

Kokku ettevalmistusprotsessid 20 meetri pikkuse fermi kohta –

$$32 + 28 + 24 + 16 + 108 + 10,64 + 9,44 + 12 = \mathbf{240,08 \text{ min}} [10]$$

4.1.8 Ettevalmistusprotsessid, ferm 24 m

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 24000 mm, 1 tk
 alumine vöö HEA160, pikkusega –21550 mm, 1 tk
 otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 2tk
 diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega – 1271 mm, 2 tk
 sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm, 20 tk
 otsaplaadid PL15*190*180 mm, 2 tk

- 1) Fermi ülemine vöö on HEA180 profiil pikkusega 24000 mm - 2 tk * 2 otsa * 8 min = 32 min
- 2) Fermi alumine vöö on HEA160 profiil pikkusega 21550 mm - 2 tk * 2 otsa * 7 min = 28 min
- 3) Otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega 1761 mm - 2 tk * 2 otsa* 6 min = 24 min
- 4) Diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega 1271 mm - 2 tk * 2 otsa* 4 min = 16 min
- 5) Sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega 1253 mm - 20 tk * 2 otsa* 3 min = 120 min
- 6) Ülemise vöö otste faasimine - 2 otsa * (180 * 4 + 172 * 2) jm/1000 * 5 min = 10,64 min

7) Alumise vöö otste faasimine - $2 \text{ otsa} * (160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 5 \text{ min} = 9,44 \text{ min}$

12) Viimaseks tuleb otsaplaadid, mõõtudega PL15*190*180 mm, lõigatakse plasma lõikepingis, kus arvestame 1,69 €/m ning 0,46 €/tk avade tegemiseks, koos abiaegadega, seega – 2 tk* $\{(180+190) * 2\} \text{ jm}/1000 * 1,69 + 2 \text{ tk} * 4 \text{ ava} * 0,46) / 35 \text{ €/h} * 60 = 12 \text{ min}$

Kokku ettevalmistusprotsessid 20 meetri pikkuse fermi kohta –

$32 + 28 + 24 + 16 + 120 + 10,64 + 9,44 + 12 = \mathbf{252,08 \text{ min}}$ [10]

4.2 Detailide koostamine

Fermi koostamine ehk detailide omavaheline kokku punktamine üheks koostuks, enne keevitamise protseduuri, on kõige aega nõudvam tegevus. Koostamise ajad sõltuvad nii koostatavate detailide kabariitidest kui ka massist. Samuti määrab rolli ka lõpp koostu kabariidid ja mass.

Koostamise aja sisse arvestan ka selle aja, mis kulub keevitajatel fermi lauale tõstmiseks, ümberpööramiseks ja laualt maha tõstmiseks.

4.2.1 Koostamine, ferm 10 m

10 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 10000 mm, 355 kg, 1 tk

alumine vöö HEA160, pikkusega – 7550 mm, 229,5 kg, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 6 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö koostamiseks, antud pikkusega ja kaaluga detaili puhul, on 30 min.
- 2) Alumise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 120 min.

- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – $10 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 100 \text{ min}$
- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – $2 \text{ tk} * 5 \text{ min} = 10 \text{ min}$

Kokku koostamise aeg 10 meetri pikkuse fermi kohta – $30 + 120 + 100 + 10 = \mathbf{260 \text{ min}}$ [10]

4.2.2 Koostamine, ferm 12 m

12 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 12000 mm, 426 kg, 1 tk
alumine vöö HEA160, pikkusega – 9550 mm, 290,3 kg, 1 tk
otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk
diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk
sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 8 tk
otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö koostamiseks, antud pikkusega ja kaaluga detaili puhul, on 30 min.
- 2) Alumise vöö koostamiseks, antud pikkusega ja kaaluga detaili puhul, on 30 min.
- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – $12 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 120 \text{ min}$
- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – $2 \text{ tk} * 5 \text{ min} = 10 \text{ min}$

Kokku koostamise aeg 12 meetri pikkuse fermi kohta – $30 + 30 + 120 + 10 = \mathbf{190 \text{ min}}$ [10]

4.2.3 Koostamine, ferm 14 m

14 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 14000 mm, 497 kg, 1 tk
alumine vöö HEA160, pikkusega – 11550 mm, 351,1 kg, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 10 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 120 min.
- 2) Alumise vöö koostamiseks, antud pikkusega ja kaaluga detaili puhul, on 30 min.
- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – 14 tk * 10 min = 140 min
- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – 2 tk * 5 min = 10 min

Kokku koostamise aeg 14 meetri pikkuse fermi kohta – 120 + 30 + 140 + 10 = **300 min** [10]

4.2.4 Koostamine, ferm 16 m

16 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 16000 mm, 568 kg, 1 tk

alumine vöö HEA160, pikkusega – 13550 mm, 411,9 kg, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 12 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 120 min.
- 2) Alumise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 120 min.
- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – 16 tk * 10 min = 160 min

- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – 2 tk * 5 min = 10 min

Kokku koostamise aeg 16 meetri pikkuse fermi kohta – 120 + 120 + 160 + 10 = **410 min** [10]

4.2.5 Koostamine, ferm 18 m

18 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 18000 mm, 639 kg, 1 tk

alumine vöö HEA160, pikkusega – 15550 mm, 472,7 kg, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 14 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 120 min.
- 2) Alumise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 120 min.
- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – 18 tk * 10 min = 180 min
- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – 2 tk * 5 min = 10 min

Kokku koostamise aeg 18 meetri pikkuse fermi kohta – 120 + 120 + 180 + 10 = **430 min** [10]

4.2.6 Koostamine, ferm 20 m

20 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 20000 mm, 710 kg, 1 tk

alumine vöö HEA160, pikkusega – 17550 mm, 533,5 kg, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 16 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö puhul tuleb arvestada lisaks kõrgemale kaalule ka asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 180 min.
- 2) Alumise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 120 min.
- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – 20 tk * 10 min = 200 min
- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – 2 tk * 5 min = 10 min

Kokku koostamise aeg 20 meetri pikkuse fermi kohta – 180 + 120 + 200 + 10 = **510 min** [10]

4.2.7 Koostamine, ferm 22 m

22 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 22000 mm, 639 kg, 1 tk

alumine vöö HEA160, pikkusega – 19550 mm, 594,3 kg, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 18 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö puhul tuleb arvestada lisaks kõrgemale kaalule ka asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 180 min.
- 2) Alumise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 180 min.

- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – $22 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 220 \text{ min}$
- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – $2 \text{ tk} * 5 \text{ min} = 10 \text{ min}$

Kokku koostamise aeg 20 meetri pikkuse fermi kohta – $180 + 180 + 220 + 10 = 590 \text{ min}$ [10]

4.2.8 Koostamine, ferm 24 m

24 meetrise fermi detailide pikkused ning kaalud:

ülemine vöö HEA180, pikkusega - 24000 mm, 852 kg, 1 tk

alumise vöö HEA160, pikkusega – 21550 mm, 655,1 kg, 1 tk

otsadiagonaalid RHS100x100x6, pikkusega – 1761 mm, 29,9 kg, 2tk

diagonaalid RHS80x80x5, pikkusega –1271 mm, 14,4 kg, 2 tk

sisemised diagonaalid RHS60x60x5, pikkusega - 1253 mm, 10,2 kg, 20 tk

otsaplaadid PL15*190*180 mm, 4 kg, 2 tk

- 1) Ülemise vöö puhul tuleb arvestada lisaks kõrgemale kaalule ka asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 180 min.
- 2) Alumise vöö puhul tuleb arvestada asjaoluga, et antud profiil tuleb kahest tükist kokku keevitada, mis tähendab, et lisandub koostamise aega, seega koostamiseks 180 min.
- 3) Diagonaalide korral võime arvestada kõiki umbkaudselt ühe ajaga, 10 minutit detaili kohta, seega – $24 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 180 \text{ min}$
- 4) Otsaplaatide koostamiseks, arvestades plaatide kaalu ning koostamise keerukust, arvestame 5 minutit detaili kohta – $2 \text{ tk} * 5 \text{ min} = 10 \text{ min}$

Kokku koostamise aeg 20 meetri pikkuse fermi kohta – $180 + 180 + 240 + 10 = 610 \text{ min}$ [10]

4.3 Koostude keevitamine

Koostude keevitamise ajad sõltuvad teostusklassist, profiilide paksusest ning keevituse jooksvatest meetritest. Keevituse aeg teostusklassi EXC2 korral, arvestame 10 minutit jooksva meetri kohta.

4.3.1 Keevitamine, ferm 10 m

- 1) Ülemise vöö keevitamine –

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 21,28 \text{ min}$$

Alumise vöö keevitamine – $(160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 18,88 \text{ min}$

- 2) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 6 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 10 \text{ min} = 51,2 \text{ min}$$

- 3) Otsaplaatide keevitamine – Keevituse arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 10 meetri pikkuse fermi kohta – $21,28 + 18,88 + 51,2 = 91,36 \text{ min}$ [10]

4.3.2 Keevitamine, ferm 12 m

- 1) Ülemise vöö keevitamine

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 21,28 \text{ min}$$

- 2) Alumise vöö keevitamine – keevitus arvestatud teiste profiilidega

- 3) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 8 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 10 \text{ min} = 60,8 \text{ min}$$

- 4) Otsaplaatide keevitamine – Keevituse arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 12 meetri pikkuse fermi kohta – $21,28 + 60,8 = 82,08 \text{ min}$ [10]

4.3.3 Keevitamine, ferm 14 m

- 1) Ülemise vöö keevitamine –

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 4 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 42,56 \text{ min}$$

- 2) Alumise vöö keevitamine – keevitus arvestatud teiste profiilidega

- 3) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 10 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 10 \text{ min} = 70,4 \text{ min}$$

- 4) Otsaplaatide keevitamine – Keevitus arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 14 meetri pikkuse fermi kohta – $42,56 + 70,4 = 112,96 \text{ min}$ [10]

4.3.4 Keevitamine, ferm 16 m

- 1) Ülemise vöö keevitamine –

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 4 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 42,56 \text{ min}$$

- 2) Alumise vöö keevitamine –

$$(160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 18,88 \text{ min}$$

- 3) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 12 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 10 \text{ min} = 86,4 \text{ min}$$

- 4) Otsaplaatide keevitamine – Keevitus arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 16 meetri pikkuse fermi kohta – $42,56 + 18,88 + 86,4 = 147,84 \text{ min}$ [10]

4.3.5 Keevitamine, ferm 18 m

- 1) Ülemise vöö keevitamine –

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 4 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 42,56 \text{ min}$$

2) Alumise vöö keevitamine –

$$(160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 18,88 \text{ min}$$

3) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 14 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 10 \text{ min} = 96 \text{ min}$$

4) Otsaplaatide keevitamine – Keevitus arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 18 meetri pikkuse fermi kohta – $42,56 + 18,88 + 96 = \mathbf{157,44 \text{ min}}$ [10]

4.3.6 Keevitamine, ferm 20 m

1) Ülemise vöö keevitamine –

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 4 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 42,56 \text{ min}$$

2) Alumise vöö keevitamine –

$$(160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 18,88 \text{ min}$$

3) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 16 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 10 \text{ min} = 105,6 \text{ min}$$

4) Otsaplaatide keevitamine – Keevitus arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 20 meetri pikkuse fermi kohta – $42,56 + 18,88 + 105,6 = \mathbf{166,96 \text{ min}}$ [10]

4.3.7 Keevitamine, ferm 22 m

1) Ülemise vöö keevitamine –

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 4 \text{ otsa} * 1 \text{ läbimiga} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 42,56 \text{ min}$$

2) Alumise vöö keevitamine –

$$(160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbimiga} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 18,88 \text{ min}$$

3) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 18 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbimiga} * 10 \text{ min} = 115,2 \text{ min}$$

4) Otsaplaatide keevitamine – Keevitus arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 22 meetri pikkuse fermi kohta – $42,56 + 18,88 + 115,2 = \mathbf{176,56 \text{ min}}$ [10]

4.3.8 Keevitamine, ferm 24 m

1) Ülemise vöö keevitamine –

$$(180 * 4 + 172 * 2) \text{ jm}/1000 * 4 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 42,56 \text{ min}$$

2) Alumise vöö keevitamine –

$$(160 * 4 + 152 * 2) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 1 \text{ tk} * 10 \text{ min} = 18,88 \text{ min}$$

3) Diagonaalide keevitamine –

$$(100 * 4 * 2 \text{ tk} + 80 * 4 * 2 \text{ tk} + 60 * 4 * 20 \text{ tk}) \text{ jm}/1000 * 2 \text{ otsa} * 1 \text{ läbim} * 10 \text{ min} = 124,8 \text{ min}$$

4) Otsaplaatide keevitamine – Keevitus arvestatud ülemise vöö keevituse all

Kokku keevituse aeg 24 meetri pikkuse fermi kohta – $42,56 + 18,88 + 124,8 = \mathbf{186,24 \text{ min}}$ [10]

4.4 Pinnatöötlus

Pinnatöötluste alla, keskkonnaklassiga C2M, arvestame: keevituse järgse pinna puhastamise liivapritsiiga - FeSa 2½, kruntimise - EP 80 µm ning katmise pinnavärviga - PUR 40 µm. [11]

4.4.1 Pinnatöötlus, ferm 10 m

1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 10 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 10,2 \text{ m}^2$

- 2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 7,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 6,87 \text{ m}^2$
- 3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$
- 4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$
- 5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 6 \text{ tk} = 1,68 \text{ m}^2$
- 6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

10 meetrise fermi kogu pindala seega – $10,2 + 6,87 + 1,33 + 0,77 + 1,68 = 21 \text{ m}^2$ [10]

4.4.2 Pinnatöötlus, ferm 12 m

- 1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 12 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 12,24 \text{ m}^2$
- 2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 9,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 8,69 \text{ m}^2$
- 3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$
- 4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$
- 5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 8 \text{ tk} = 2,24 \text{ m}^2$
- 6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

12 meetrise fermi kogu pindala seega – $12,24 + 8,69 + 1,33 + 0,77 + 2,24 + 0,14 = 25,54 \text{ m}^2$ [10]

4.4.3 Pinnatöötlus, ferm 14 m

- 1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 14 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 14,28 \text{ m}^2$
- 2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 11,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 10,51 \text{ m}^2$
- 3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$
- 4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$
- 5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 10 \text{ tk} = 2,79 \text{ m}^2$

6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

14 meetrise fermi kogu pindala seega – $14,28 + 10,51 + 1,33 + 0,77 + 2,79 + 0,14 = \mathbf{29,94 \text{ m}^2}$ [10]

4.4.4 Pinnatöötlus, ferm 16 m

1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 16 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 16,32 \text{ m}^2$

2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 13,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 12,33 \text{ m}^2$

3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$

4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$

5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 12 \text{ tk} = 3,35 \text{ m}^2$

6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

16 meetrise fermi kogu pindala seega – $16,32 + 12,33 + 1,33 + 0,77 + 3,35 + 0,14 = \mathbf{32,91 \text{ m}^2}$ [10]

4.4.5 Pinnatöötlus, ferm 18 m

1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 18 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 18,36 \text{ m}^2$

2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 15,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 14,15 \text{ m}^2$

3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$

4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$

5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 14 \text{ tk} = 3,91 \text{ m}^2$

6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

18 meetrise fermi kogu pindala seega – $18,36 + 14,15 + 1,33 + 0,77 + 3,91 + 0,14 = \mathbf{38,66 \text{ m}^2}$ [10]

4.4.6 Pinnatöötlus, ferm 20 m

- 1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 20 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 20,4 \text{ m}^2$
- 2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 17,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 14,15 \text{ m}^2$
- 3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$
- 4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$
- 5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 16 \text{ tk} = 4,47 \text{ m}^2$
- 6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

20 meetrise fermi kogu pindala seega – $20,4 + 14,15 + 1,33 + 0,77 + 4,47 + 0,14 = 41,26 \text{ m}^2$ [10]

4.4.7 Pinnatöötlus, ferm 22 m

- 1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 22 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 22,44 \text{ m}^2$
- 2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 19,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 14,15 \text{ m}^2$
- 3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$
- 4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$
- 5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 18 \text{ tk} = 5,03 \text{ m}^2$
- 6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

22 meetrise fermi kogu pindala seega – $22,44 + 14,15 + 1,33 + 0,77 + 5,03 + 0,14 = 43,86 \text{ m}^2$ [10]

4.4.8 Pinnatöötlus, ferm 24 m

- 1) HEA180 pindala - $1,02 \text{ m}^2/\text{jm} * 24 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 24,48 \text{ m}^2$
- 2) HEA160 pindala - $0,91 \text{ m}^2/\text{jm} * 19,55 \text{ m} * 1 \text{ tk} = 14,15 \text{ m}^2$
- 3) RHS100x100x6 pindala - $0,379 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,762 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 1,33 \text{ m}^2$

4) RHS80x80x5 pindala - $0,303 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,272 \text{ m} * 2 \text{ tk} = 0,77 \text{ m}^2$

5) RHS60x60x5 pindala - $0,223 \text{ m}^2/\text{jm} * 1,253 \text{ m} * 20 \text{ tk} = 5,59 \text{ m}^2$

6) Plaatide pindala – $2 \text{ tk} * 2 * 180 * 190 / 1000 = 0,14 \text{ m}^2$

24 meetrise fermi kogu pindala seega – $24,48 + 14,15 + 1,33 + 0,77 + 5,59 + 0,14 = \mathbf{46,46 \text{ m}^2}$ [10]

4.5 Pakkimine

Pärast fermide pinnatöötlust suunduvad fermid pakkimise alasse. Olenevalt fermidest, nende kujust, suuruselt ning vajadusest, tehakse neist kas 6-8-st fermist koosnevad virnad, kus nad eraldatakse üksteistest puidust klotsidega ning fikseeritakse omavahel lintidega, et vältida transpordi käigus tekkivaid võimalikke kahjustusi või laotakse üks haaval otse haagisele, kus nad vastavalt paika asetatakse ning turvaliselt fikseeritakse.

Pakkimise kulu arvestatakse Maru Metallis kilogrammi hinnaga.

4.5.1 Mass, ferm 10 m

1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 10 \text{ jm} = 355,0 \text{ kg}$

2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 7,55 \text{ m} = 229,5 \text{ kg}$

3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$

4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$

5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 7,52 \text{ jm} = 61,1 \text{ kg}$

6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$

10 meetrine ferm kokku – $355,0 + 229,5 + 59,9 + 28,7 + 61,1 + 8,1 = \mathbf{750 \text{ kg}}$ [10]

4.5.2 Mass, ferm 12 m

- 1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 12 \text{ jm} = 426,0 \text{ kg}$
- 2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 9,55 \text{ m} = 290,3 \text{ kg}$
- 3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$
- 4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$
- 5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 10,02 \text{ jm} = 81,5 \text{ kg}$
- 6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$

12 meetrine ferm kokku – $426,0 + 290,3 + 59,9 + 28,7 + 81,5 + 8,1 = \mathbf{902 \text{ kg}}$ [10]

4.5.3 Mass, ferm 14 m

- 1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 14 \text{ jm} = 497,0 \text{ kg}$
- 2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 11,55 \text{ m} = 351,1 \text{ kg}$
- 3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$
- 4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$
- 5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 12,53 \text{ jm} = 101,9 \text{ kg}$
- 6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$

14 meetrine ferm kokku – $497,0 + 351,1 + 59,9 + 28,7 + 101,9 + 8,1 = \mathbf{1055 \text{ kg}}$ [10]

4.5.4 Mass, ferm 16 m

- 1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 16 \text{ jm} = 568,0 \text{ kg}$
- 2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 13,55 \text{ m} = 411,92 \text{ kg}$
- 3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$

- 4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$
 - 5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 15,04 \text{ jm} = 122,28 \text{ kg}$
 - 6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$
- 16 meetrine ferm kokku – $568,0 + 411,92 + 59,9 + 28,7 + 122,28 + 8,1 = \mathbf{1199 \text{ kg}}$ [10]

4.5.5 Mass, ferm 18 m

- 1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 18 \text{ jm} = 639,0 \text{ kg}$
 - 2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 15,55 \text{ m} = 472,72 \text{ kg}$
 - 3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$
 - 4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$
 - 5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 17,54 \text{ jm} = 142,6 \text{ kg}$
 - 6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$
- 18 meetrine ferm kokku – $639,0 + 472,72 + 59,9 + 28,7 + 142,6 + 8,1 = \mathbf{1351 \text{ kg}}$ [10]

4.5.6 Mass, ferm 20 m

- 1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 20 \text{ jm} = 710,0 \text{ kg}$
 - 2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 17,55 \text{ m} = 533,52 \text{ kg}$
 - 3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$
 - 4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$
 - 5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 20,05 \text{ jm} = 163,01 \text{ kg}$
 - 6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$
- 20 meetrine ferm kokku – $710,0 + 533,52 + 59,9 + 28,7 + 163,01 + 8,1 = \mathbf{1503 \text{ kg}}$ [10]

4.5.7 Mass, ferm 22 m

- 1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 22 \text{ jm} = 781,0 \text{ kg}$
- 2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 19,55 \text{ m} = 594,32 \text{ kg}$
- 3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$
- 4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$
- 5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 22,55 \text{ jm} = 183,33 \text{ kg}$
- 6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$

22 meetrine ferm kokku – $781,0 + 594,32 + 59,9 + 28,7 + 183,33 + 8,1 = 1655 \text{ kg}$ [10]

4.5.8 Mass, ferm 24 m

- 1) HEA180 profiil – $35,5 \text{ kg/m} * 24 \text{ jm} = 852,0 \text{ kg}$
- 2) HEA160 profiil – $30,4 \text{ kg/m} * 21,55 \text{ m} = 655,12 \text{ kg}$
- 3) RHS100x100x6 profiil – $17 \text{ kg/m} * 3,52 \text{ jm} = 59,9 \text{ kg}$
- 4) RHS80x80x5 profiil – $11,3 \text{ kg/m} * 2,54 \text{ jm} = 28,7 \text{ kg}$
- 5) RHS60x60x5 profiil – $8,13 \text{ kg/m} * 25,06 \text{ jm} = 203,74 \text{ kg}$
- 6) Plaat 15x180x190 mm – $2 \text{ tk} * 180 \text{ mm} * 190 \text{ mm} * 15 \text{ mm} * 7,85 \text{ kg/m}^3 / 10^6 = 8,1 \text{ kg}$

24 meetrine ferm kokku – $852,0 + 655,12 + 59,9 + 28,7 + 203,74 + 8,1 = 1807 \text{ kg}$ [10]

4.6 Transport

Eesti siseseks transpordiks on ettevõttel olemas veoauto mõõtudega 13,6 x 2,4 x 2,6 m, millega saab teha vedada ferme pikkusega kuni 15 meetrit ja raskusega kuni 20 000 kg vedu. Eksporttoodangule tellitakse transport väljaspoolt ettevõtet. Transpordi hinnad fermide korral, sõltuvad suuresti fermide kabariitidest, kogusest ning sihtkohast. Ülekabariitsete vedude korral võivad veo hinnad, olenevalt sihtkohast, muutuda mitmekordseks.

5. MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED

Tootmiskulusid arvestatakse AS Maru Metallis tunnihinna alusel, milleks on 35 €/h. See tähendab, et fermide tootmiskulude (lisandub pinnatöötlus, pakkimine ja materjali hind) kokku arvestamine toimub toomisele kulunud aja alusel. Saadud maksumusele lisandub pinnatöötamise hind, mis on ruutmeetri põhine. Korrosiooniklassi C2M korral on AS Maru Metalli kulu pinnatöötamisele 10,5 €/m². Materjalide hinnad on võetud vastavalt märtsis 2018 terase tarnijate poolt ettevõttele kehtestatud hindadest. Pakkimise hinda arvestame 0,03 €/kg kohta. Kuna antud tüüpi ferme transpordib Maru Metall AS eelkõige Skandinaavia riikidesse, võtan hinna arvestuses aluseks veo Oslosse, samuti arvestan, et auto on täiskoormaga, st keskmiselt 7 fermi ühel autol. Veo hinnad vastavalt partnerettevõtete poolt antud hindadele.

5.1 Fermide maksumused

5.1.1 Hind, ferm 10 m

- 1) Ettevalmistus – $141,44 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 82,51 \text{ €}$
- 2) Koostamine – $260 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 151,67 \text{ €}$
- 3) Keevitamine – $91,36 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 53,29 \text{ €}$
- 4) Pinnatöötlus – $21 \text{ m}^2 * 10,5 \text{ €/m}^2 = 220,5 \text{ €}$
- 5) Pakkimine – $750 \text{ kg} * 0,03 \text{ €} = 22,5 \text{ €}$
- 6) Transport – $1800 \text{ €} / 7 \text{ fermi} = 257,14 \text{ €}$
- 7) Materjal –
 - a. HEA180 $355 \text{ kg} * \text{ülekuulu } 1,2 * \text{materjali hind } 0,67 \text{ €/kg} = 285,42 \text{ €}$
 - b. HEA160 $229,5 \text{ kg} * 1,08 * 0,67 \text{ €/kg} = 166,07 \text{ €}$
 - c. RHS100x100x6 $59,9 \text{ kg} * 1,1 * 0,66 \text{ €/kg} = 43,49 \text{ €}$
 - d. RHS80x80x5 $28,7 \text{ kg} * 1,1 * 0,65 \text{ €/kg} = 20,52 \text{ €}$

e. $\text{RHS60x60x5 } 61,1 \text{ kg} * 1,1 * 0,69 \text{ €/kg} = 46,38 \text{ €}$

f. $\text{Plaat } 15\text{x}180\text{x}190 \text{ } 8,1 \text{ kg} * 1,2 * 0,65 \text{ €/kg} = 6,32 \text{ €}$

KOKKU: $82,51 + 151,67 + 53,29 + 220,5 + 22,5 + 257,14 + 285,42 + 166,07 + 43,39 + 20,52 + 46,38 + 6,32 = \mathbf{1355,71 \text{ €}}$

Seega ühikhind – $1355,71 \text{ €} / 750 \text{ kg} = \mathbf{1,808 \text{ €/kg}}$

5.1.2 Hind, ferm 12 m

1) Ettevalmistus – $130 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 75,83 \text{ €}$

2) Koostamine – $190 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 110,83 \text{ €}$

3) Keevitamine – $91,36 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 53,29 \text{ €}$

4) Pinnatöötlus – $25,54 \text{ m}^2 * 10,5 \text{ €/m}^2 = 268,17 \text{ €}$

5) Pakkimine – $902 \text{ kg} * 0,03 \text{ €} = 27,06 \text{ €}$

6) Transport – $1800 \text{ €} / 7 \text{ fermi} = 257,143 \text{ €}$

7) Materjal –

a. $\text{HEA180 } 426 \text{ kg} * \text{ülekuulu } 1,08 * \text{materjali hind } 0,67 \text{ €/kg} = 308,25 \text{ €}$

b. $\text{HEA160 } 290,3 \text{ kg} * 1,2 * 0,67 \text{ €/kg} = 233,40 \text{ €}$

c. $\text{RHS100x100x6 } 59,9 \text{ kg} * 1,1 * 0,66 \text{ €/kg} = 43,49 \text{ €}$

d. $\text{RHS80x80x5 } 28,7 \text{ kg} * 1,1 * 0,65 \text{ €/kg} = 20,52 \text{ €}$

e. $\text{RHS60x60x5 } 81,5 \text{ kg} * 1,1 * 0,69 \text{ €/kg} = 61,86 \text{ €}$

f. $\text{Plaat } 15\text{x}180\text{x}190 \text{ } 8,1 \text{ kg} * 1,2 * 0,65 \text{ €/kg} = 6,32 \text{ €}$

KOKKU: $75,83 + 110,83 + 53,29 + 268,17 + 27,06 + 257,143 + 313,96 + 233,40 + 43,39 + 20,52 + 61,86 + 6,32 = \mathbf{1471,77 \text{ €}}$

Seega ühikhind – $1466,06 \text{ €} / 902 \text{ kg} = \mathbf{1,632 \text{ €/kg}}$

5.1.3 Hind, ferm 14 m

- 1) Ettevalmistus – $168,64 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 98,37 \text{ €}$
- 2) Koostamine – $300 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 175 \text{ €}$
- 3) Keevitamine – $112,96 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 65,89 \text{ €}$
- 4) Pinnatöötlus – $29,94 \text{ m}^2 * 10,5 \text{ €/m}^2 = 314,37 \text{ €}$
- 5) Pakkimine – $1055 \text{ kg} * 0,03 \text{ €} = 31,65 \text{ €}$
- 6) Transport – $2200 \text{ €} / 7 \text{ fermi} = 314,29 \text{ €}$
- 7) Materjal –
 - a. HEA180 $497 \text{ kg} * 1,08 * 0,67 \text{ €/kg} = 359,63 \text{ €}$
 - b. HEA160 $351,1 \text{ kg} * 1,08 * 0,67 \text{ €/kg} = 254,06 \text{ €}$
 - c. RHS100x100x6 $59,9 \text{ kg} * 1,1 * 0,66 \text{ €/kg} = 43,49 \text{ €}$
 - d. RHS80x80x5 $28,7 \text{ kg} * 1,1 * 0,65 \text{ €/kg} = 20,52 \text{ €}$
 - e. RHS60x60x5 $101,9 \text{ kg} * 1,1 * 0,69 \text{ €/kg} = 77,34 \text{ €}$
 - f. Plaat $15x180x190$ $8,1 \text{ kg} * 1,2 * 0,65 \text{ €/kg} = 6,32 \text{ €}$

KOKKU: $98,37 + 175 + 65,89 + 314,37 + 31,65 + 314,29 + 359,63 + 254,06 + 43,49 + 20,52 + 77,34 + 6,32 = 1760,93 \text{ €}$

Seega ühikhind – $1465,5 \text{ €} / 1055 \text{ kg} = 1,669 \text{ €/kg}$

5.1.4 Hind, ferm 16 m

- 1) Ettevalmistus – $204,08 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 119,05 \text{ €}$
- 2) Koostamine – $410 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 239,17 \text{ €}$

3) Keevitamine – $147,84 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 86,24 \text{ €}$

4) Pinnatöötlus – $32,91 \text{ m}^2 * 10,5 \text{ €/m}^2 = 345,56 \text{ €}$

5) Pakkimine – $1199 \text{ kg} * 0,03 \text{ €} = 35,97 \text{ €}$

6) Transport – $2600 \text{ €} / 7 \text{ fermi} = 371,43 \text{ €}$

7) Materjal –

a. HEA180 $568 \text{ kg} * 1,08 * 0,67 \text{ €/kg} = 411,01 \text{ €}$

b. HEA160 $411,92 \text{ kg} * 1,08 * 0,67 \text{ €/kg} = 298,07 \text{ €}$

c. RHS100x100x6 $59,9 \text{ kg} * 1,1 * 0,66 \text{ €/kg} = 43,49 \text{ €}$

d. RHS80x80x5 $28,7 \text{ kg} * 1,1 * 0,65 \text{ €/kg} = 20,52 \text{ €}$

e. RHS60x60x5 $122,18 \text{ kg} * 1,1 * 0,69 \text{ €/kg} = 92,74 \text{ €}$

f. Plaat $15x180x190$ $8,1 \text{ kg} * 1,2 * 0,65 \text{ €/kg} = 6,32 \text{ €}$

KOKKU: $119,05 + 239,17 + 86,24 + 345,56 + 35,97 + 371,43 + 411,01 + 298,07 + 43,49 + 20,52 + 92,74 + 6,32 = 2069,3 \text{ €}$

Seega ühikhind – $2069,3 \text{ €} / 1199 \text{ kg} = 1,726 \text{ €/kg}$

5.1.5 Hind, ferm 18 m

1) Ettevalmistus – $216,08 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 126,05 \text{ €}$

2) Koostamine – $430 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 250,83 \text{ €}$

3) Keevitamine – $157,44 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 91,84 \text{ €}$

4) Pinnatöötlus – $38,66 \text{ m}^2 * 10,5 \text{ €/m}^2 = 405,93 \text{ €}$

5) Pakkimine – $1351 \text{ kg} * 0,03 \text{ €} = 40,53 \text{ €}$

6) Transport – $3000 \text{ €} / 7 \text{ fermi} = 428,57 \text{ €}$

7) Materjal –

- a. HEA180 639 kg * ülekuulu 1,08 * materjali hind 0,67 €/kg = 462,38 €
- b. HEA160 472,72 kg * 1,08 * 0,67 €/kg = 342,06 €
- c. RHS100x100x6 59,9 kg * 1,1 * 0,66 €/kg = 43,49 €
- d. RHS80x80x5 28,7 kg * 1,1 * 0,65 €/kg = 20,52 €
- e. RHS60x60x5 142,6 kg * 1,1 * 0,69 €/kg = 108,23 €
- f. Plaat 15x180x190 8,1 kg * 1,2 * 0,65 €/kg = 6,32 €

KOKKU: 126,05 + 250,83 + 91,84 + 405,93 + 40,53 + 428,57 + 462,38 + 342,06 + 43,49 + 20,52 + 108,23 + 6,32 = **2326,75 €**

Seega ühikhind – 2326,75 € / 1351 kg = **1,722 €/kg**

5.1.6 Hind, ferm 20 m

- 1) Ettevalmistus – 228,08 min /60 min * 35 €/h = 133,05 €
- 2) Koostamine – 510 min /60 min * 35 €/h = 297,5 €
- 3) Keevitamine – 166,96 min / 60 min * 35 €/h = 97,39 €
- 4) Pinnatöötlus – 41,26 m² * 10,5 €/m² = 433,23 €
- 5) Pakkimine – 1503 kg * 0,03 € = 45,09 €
- 6) Transport – 3400 € / 7 fermi = 485,71 €
- 7) Materjal –

- a. HEA180 710 kg * ülekuulu 1,2 * materjali hind 0,67 €/kg = 570,84 €
- b. HEA160 533,52 kg * 1,08 * 0,67 €/kg = 386,06 €
- c. RHS100x100x6 59,9 kg * 1,1 * 0,66 €/kg = 43,49 €

d. $\text{RHS80x80x5 } 28,7 \text{ kg} * 1,1 * 0,65 \text{ €/kg} = 20,52 \text{ €}$

e. $\text{RHS60x60x5 } 163,01 \text{ kg} * 1,1 * 0,69 \text{ €/kg} = 132,73 \text{ €}$

f. $\text{Plaat } 15\text{x}180\text{x}190 \text{ } 8,1 \text{ kg} * 1,2 * 0,65 \text{ €/kg} = 6,32 \text{ €}$

KOKKU: $133,05 + 297,5 + 97,39 + 433,23 + 45,09 + 485,71 + 570,84 + 386,06 + 43,49 + 20,52 + 132,73 + 6,32 = \mathbf{2686,93 \text{ €}}$

Seega ühikhind – $2686,93 \text{ €} / 1503 \text{ kg} = \mathbf{1,788 \text{ €/kg}}$

5.1.7 Hind, ferm 22 m

1) Ettevalmistus – $240,08 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 140,05 \text{ €}$

2) Koostamine – $590 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 344,17 \text{ €}$

3) Keevitamine – $176,56 \text{ min} / 60 \text{ min} * 35 \text{ €/h} = 102,99 \text{ €}$

4) Pinnatöötlus – $43,86 \text{ m}^2 * 10,5 \text{ €/m}^2 = 460,53 \text{ €}$

5) Pakkimine – $1655 \text{ kg} * 0,03 \text{ €} = 49,65 \text{ €}$

6) Transport – $4400 \text{ €} / 7 \text{ fermi} = 628,57 \text{ €}$

7) Materjal –

a. $\text{HEA180 } 781 \text{ kg} * \text{ülekulu } 1,08 * \text{materjali hind } 0,67 \text{ €/kg} = 565,13 \text{ €}$

b. $\text{HEA160 } 594,32 \text{ kg} * 1,2 * 0,67 \text{ €/kg} = 477,83 \text{ €}$

c. $\text{RHS100x100x6 } 59,9 \text{ kg} * 1,1 * 0,66 \text{ €/kg} = 43,49 \text{ €}$

d. $\text{RHS80x80x5 } 28,7 \text{ kg} * 1,1 * 0,65 \text{ €/kg} = 20,52 \text{ €}$

e. $\text{RHS60x60x5 } 183,33 \text{ kg} * 1,1 * 0,69 \text{ €/kg} = 139,15 \text{ €}$

f. $\text{Plaat } 15\text{x}180\text{x}190 \text{ } 8,1 \text{ kg} * 1,2 * 0,65 \text{ €/kg} = 6,32 \text{ €}$

KOKKU: $140,05 + 344,17 + 102,99 + 460,53 + 49,65 + 628,57 + 565,13 + 477,83 + 43,49 + 20,52 + 139,15 + 6,32 = \mathbf{2970,44 \text{ €}}$

Seega ühikhind – 2970,44 € / 1655 kg = **1,795 €/kg**

5.1.8 Hind, ferm 24 m

1) Ettevalmistus – 252,08 min /60 min * 35 €/h = 147,05 €

2) Koostamine – 610 min /60 min * 35 €/h = 355,83 €

3) Keevitamine – 186,24 min / 60 min * 35 €/h = 108,64 €

4) Pinnatöötlus – 46,46 m² * 10,5 €/m² = 487,83 €

5) Pakkimine – 1807 kg * 0,03 € = 54,21 €

6) Transport – 4600 € / 7 fermi = 657,14 €

7) Materjal –

a. HEA180 852 kg * ülekuulu 1,08 * materjali hind 0,67 €/kg = 616,51 €

b. HEA160 655,12 kg * 1,08 * 0,67 €/kg = 474,05 €

c. RHS100x100x6 59,9 kg * 1,1 * 0,66 €/kg = 43,49 €

d. RHS80x80x5 28,7 kg * 1,1 * 0,65 €/kg = 20,52 €

e. RHS60x60x5 203,74 kg * 1,1 * 0,69 €/kg = 154,64 €

f. Plaat 15x180x190 8,1 kg * 1,2 * 0,65 €/kg = 6,32 €

KOKKU: 147,05 + 355,83 + 108,64 + 487,83 + 54,21 + 657,14 + 616,51 + 474,05 + 43,49 + 20,52 + 154,64 + 6,32 = **3126,23 €**

Seega ühikhind – 3126,23 € / 1807 kg = **1,730 €/kg**

5.2 Järeldused

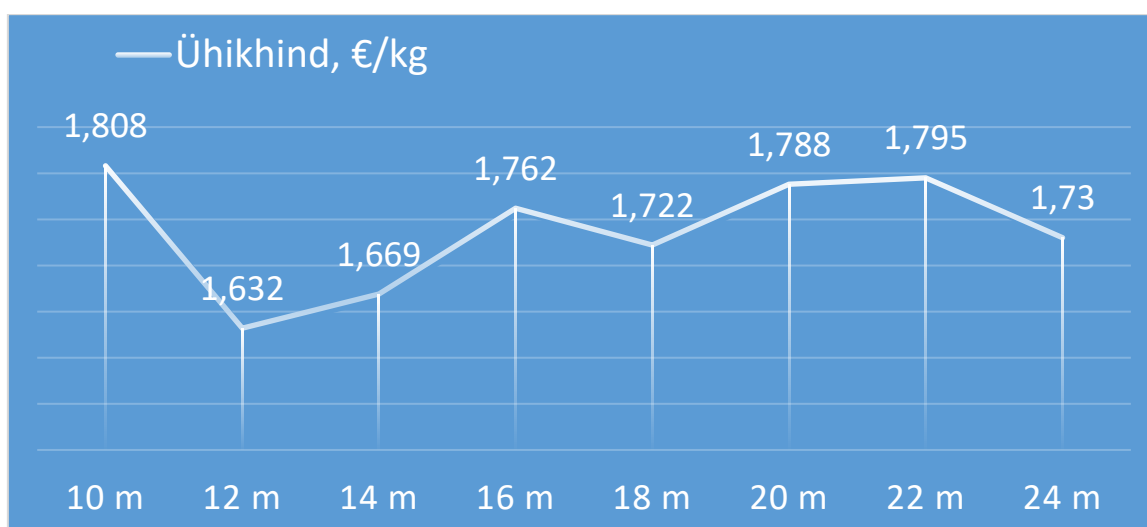
Fermide, mille ülemine vöö on profiilist HEA180, alumine vöö profiilist HEA160 ning diagonaalid külmavaltsitud nelikanttorudest RHS60x60x5, RHS80x80x5 ja RHS100x100x6, kus diagonaalide arvuks on võetud ülemise vöö jooksva meetri arv ning mis istuvad postide vahele, ülemise vöö otstesse keevitatud 15 mm läbimõõduga kinnitusplaatide abil, tootmiskulud (sisaldab ka transporti Oslosse) AS Maru Metalli näitel on järgnevad –

Ühikhinna alusel on kõige odavam 12 meetrine ferm -**1,632 €/kg**.

Põhilisteks põhjusteks on: profiilide väike ülekulu suurus, puuduv vajadus profiile jätkata (kaasneb ettevalmistuse ning keevituse madalam osamaht) ning lühem koostamise aeg tänu kergematele profiilidele.

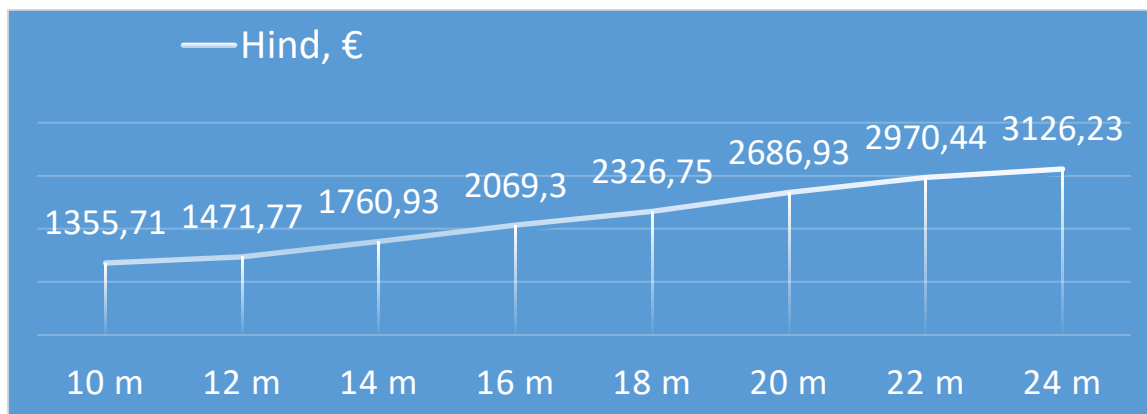
Ühikhinna alusel on kõige kallim toota 10 meetriseid ferme -**1,808 €/kg**.

Põhilisteks põhjusteks on: profiilide suur ülekulu suurus, 10 meetrise fermi korral vajadus jätkata alumise vöö profiili, millega kaasneb märkimisväärselt pikem koostamise aeg.



Graafik 5.1 Fermide ühikhinnad vastavalt fermide kogupikkustele

Võttes võrdluse aluseks fermide kogumaksumused, siis vaatamata minimaalsetele hinnavahedele, saame me tõdeda, et olukorras, kus hoone silde laiuseks on 22 – 24 meetrit on majanduslikult otstarbekam valida kogu silde ulatuses ühe pika fermi asemel kaks poltliidetega omavahel ühendatud fermi.



Graafik 5.2 Fermide kogumaksumused vastavalt fermide kogupikkustele

Võttes võrdluse aluseks 1000 m² pindalaga tööstushalli, kus silde laiuseks saame valida 18 – 24 meetrit, fermide vahelise sammuga vastavalt 5,56 – 5,95 meetrit, on kogukulud fermide tootmisele ja transpordile järgnevad:

- 1) 18 x 55,6 meetrit hoone, 18 meetrine ferm – 10 tk , fermide vaheline samm 5,56 meetrit
 $10 \text{ tk} * 2326,75 \text{ €} = \mathbf{23267,5 \text{ €}}$
- 2) 20 x 50 meetrit hoone, 20 meetrine ferm – 9 tk , fermide vaheline samm 5,56 meetrit
 $9 \text{ tk} * 2686,935 \text{ €} = \mathbf{24182,37 \text{ €}}$
- 3) 22 x 45,5 meetrit hoone, 10 ja 12 meetrine ferm poltliitega – 8 tk, fermide vaheline samm 5,68 meetrit
 $8 \text{ tk} * (1355,71 + 1471,77) = \mathbf{22619,84 \text{ €}}$
- 4) 24 x 41,7 meetrit hoone, kaks 12 meetrist fermi poltliitega – 7 tk, fermide vaheline samm 5,95 meetrit
 $7 \text{ tk} * (1471,77 + 1471,77) = \mathbf{20604,78 \text{ €}}$

Majanduslikult kõige otstarbekam oleks valida hoone kabariitidega 24 x 41,7 m, kuna sellisel juhul saaks kasutada kahte omavahel poltliidetega ühendatud 12 meetrist fermi, mis ühikhinna poolest on ka kõige soodsam lahendus.

Majanduslikult kõige ebaotstarbekam oleks valida hoone mõõtmetega 20 x 50 m. Antud juhul oleks mõistlik eelistada aga kahe 10 meetrise fermi asemel ühte 20 meetrist fermi, mis ka ühikhinna poolest tuleb 10 meetrisest fermist odavam.

Vaatamata asjaolule, et antud töös on keskendunud ühele kindlale fermi tüübile, võib saadud tulemusi laiemalt analüüsides tõdeda, et fermi pikkus omab märkimisväärselt suurt rolli selle hinna kujundamisel, sest olenemata fermi konstruktsioonilistest eripäradest ning profiili tüüpidest jäävad alati kehtima asjaolud:

- 1) Mida pikem on profiil, seda aeganõudvamad ning seega ka kallimad on sellega seotud protseduurid.
- 2) Ülekulu suurus - sõltub täielikult profiilide pikkustest.
- 3) Pikkusest sõltub ka vajadus profiile jätkata – jätkamisel kaasnevad koostamisaja suurenemine, keevituse kogumahu suurenemine, teatud olukordades lisa faasimised jne.
- 4) Mida pikem ferm, seda suurem kulu transpordile (võib olla lausa mitmekordne).

Seega, eelnevat arvesse võttes, saab tõdeda, et laiemas mõistes fermide ühikhindade muutumise üldine tendents, vastavalt fermi kogupikkustele, sarnaneb Graafikus 5.1 „Fermide ühikhinnad vastavalt fermide kogupikkustele“ välja toodud tõusudele ja langustele. Küll aga tuleb silmas pidada seda, et iga erineva fermi tüübi puhul on teatud määrajaid, mis ühikhinda võivad eeltoodud graafikust erinevalt mõjutada, seega täpsemate tulemuste saamiseks ei pääse vastavalt kõikide määrajate väärtustega eraldi arvutuste läbi tegemisest.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö teema tuli ettevõttest AS Maru Metall, kus tööalasest vajadusest tingituna sai eemärgiks seatud majanduslikult optimaalseima fermi silde laiuse leidmine ning arvutusmeetodika lahti kirjutamine, mis aitaks vastavalt ülesande iseloomule ning olemasolevatele sisenditele lihtsustada majanduslikult optimaalseima fermi pikkuse valikut. Kuna fermid moodustavad reeglina suurima osa tööstushoonete teraskonstruktsioonide mahust, omab hoone koguhinna kujundamisel märkimisväärset rolli just fermide maksumus. Jagades fermide tootmisprotsess erietappideks, sai põhjalikumalt süvenetud detailide ettevalmistusprotsessidesse, detailide koostamisse, koostude keevitamisse, pinnatöötlusprotsessidesse, lõpptoodangu pakkimisse kui ka transporti lõppkliendini.

Töös võeti vaatluse alla fermid, mis on tüüpse poolest AS Maru Metallis ühed sagedasemalt toodetavad, mida põhiliselt tarnib ettevõtte Skandinaavia riikidesse. Sellest lähtuvalt sai ka transpordi kulu arvestuses valitud sihtkohaks Oslo, Norra. Võrdluse alla võetud fermide pikkused, mille tootmiskulusid töös võrreldi, jäid vahemikku 10 – 24 meetrit, kõrgus 1,2 meetrit.

Teadad olid fermi maksumust mõjutavad parameetrid, mis fermi kogupikkuse muutudes muutuvad. Neid analüüsid jõuti tulemuseni, et ühikhinna alusel on kõige odavam toota 12 meetrist fermi ning kõige kallim 10 meetrist fermi. Kogumaksumuste alusel jõuti järelduseni, et olukorras, kus hoone silde laiuseks on 22 – 24 meetrit on majanduslikult otstarbekam valida kogu silde ulatuses ühe pika fermi asemel kaks poltliidetega omavahel ühendatud fermi. Võttes võrdluse aluseks 1000 m² pindalaga tööstushalli, kus silde laiuseks sai valida 18 – 24 meetrit, fermide vahelise sammuga vastavalt 5,56 – 5,95 meetrit, olid kogukulud fermidele väikseimad 24 x 41,7 meetrise hoone korral. Sealjuures majanduslikult otstarbekam on kasutada kahte omavahel poltliidetega ühendatud 12 meetrist fermi. Suurimad kogukulud olid 20 x 50 meetriste kabariitidega hoone korral. Seda nii olukorras kus on silde ulatuses kaks 10 meetrist fermi poltliidetega ühendatud kui ka ühe 20 meetri pikkuse fermi korral.

Antud töös keskenduti küll ühele kindlale fermi tüübile, kuid tulemusi laiemalt analüüsid saab järeldada, et fermide ühikhindade muutumise üldine tendents, vastavalt fermi kogupikkustele, sarnaneb töös välja toodud graafiku tõusudele ja langustele. Siiski tuleb silmas pidada, et iga erineva fermi tüübi puhul on teatud määrajaid, mis ühikhinda võivad erinevalt mõjutada, seega täpsemate tulemuste saamiseks, vastavalt konkreetsele ülesandele, on vajalik siiski olemasolevate sisenditega teha läbi eraldi arvutused.

SUMMARY

The given choice of subject came from work related need. The object was to find economically most optimized truss length and a calculation method which would help to find that length with the help of existing inputs. Due to the reason that trusses customarily form the largest amount of steel structures of such buildings they also have remarkably high influence to the final price of steel structures all together. Dividing the overall production process to preparation, assembly, welding, surface treatment, packing and transportation stage allowed to seek into them more thorough.

Under observation were taken trusses which by the structure are one of the most typically manufactured by Maru Metall Ltd. and which are mainly exported to Scandinavian countries. In addition and due to that Oslo, Norway was chosen to be as an example destination for those trusses. The lengths of the trusses under observation were between 10 to 24 meters, with the height of 1,2 meters.

The main factors which influence trusses production cost were known at the beginning. By analyzing them it was concluded that based on unit price it is economically most efficient to produce trusses which are 12 meters long and most inefficient to produce trusses which are 10 meters long. Based on direct costs it was concluded that in a situation where the span can be between 22-24 meters it is economically more efficient to choose two trusses bolted together instead of one truss over the span. Based on 1000 m² industrial building with the span of 18 to 24 meters, with a step between trusses accordingly 5,56 to 5,95 meters, the direct costs for trusses were the smallest with 24 x 41,7 meter building where two 12 meter trusses were bolted together over the span. The highest costs were with the 20 x 50 meters building and that both with two 10 meters trusses bolted together and one 20 meter truss over the span.

In the given study it was focused on one particular type of truss, however by analyzing the results more broadly it can be concluded that the change of tendency of unit prices, accordingly to the length of truss, resembles the ups and downs of the unit price graph in the given work. However, it must be borne in mind that for every different type of truss there are certain factors which have a different effect on the unit price, therefore for more precise results it is still necessary to calculate with the given inputs of the specific task.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „AS Maru Metall Ettevõttest,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://maru.ee/struktuur/maru-metall-as/ettevotest/>. [Kasutatud 17 aprill 2018].
- [2] „Maru Metall AS Juhtimissüsteem,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://maru.ee/struktuur/maru-metall-as/juhtimissusteem/>. [Kasutatud 17 aprill 2018].
- [3] „Exmet OÜ teras tooted,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://exmet.ee/tooted/>. [Kasutatud 18 aprill 2018].
- [4] „Frelok AS terase kataoog,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.frelok.ee/products_est.pdf. [Kasutatud 18 aprill 2018].
- [5] P. Kulu, J. Kübarsepp, A. Laansoo ja R. Veinthal, MATERJALITEHNIKA II, Tallinn: TTÜ KIRJASTUS, 2015.
- [6] E. STANDARDIKESKUS, EVS-EN 10025-1:2006. KONSTRUKTSIOONITERASTEST KUUMVALTSITUD TOOTED. Osa 1: Üldised tehnilised tarnetingimused.
- [7] E. STANDARDIKESKUS, EVS-EN 10219-1:2006 Külmsurvevormitud keevitatud konstruktsiooniõõnesprofiilid mittelegeer- ja peeneterasterastest. Osa 1 : Tehnilised tarnenõuded.
- [8] E. STANDARDIKESKUS, EVS-EN 10210-1:2006 Kuumalt lõppvaltsitud konstruktsiooniõõnesprofiilid mittelegeer- ja peeneterakonstruktsiooniterastest. Osa 1: Tehnilised tarnenõuded.
- [9] E. STANDARDIKESKUS, EVS-EN 1090-1:2009+A1:2011 Teras- ja alumiiniumkonstruktsioonide valmistamine. Osa 1: Kandeelementide vastavushindamine..
- [10] Maru Metall AS normaegade andmebaas, 2017.
- [11] E. STANDARDIKESKUS, EVS-EN ISO 12944-5:2007 Värvid ja lakid. Teraskonstruktsioonide korrosioonitõrje värvkattesüsteemidega. Osa 5: Kaitsevärvkattesüsteemid.

LISA 1 AS MARU METALLI SERTIFIKAADID

L.1.1 AQAP 2110:2016



BUREAU VERITAS
Certification

Sertifikaat
Välja antud

AS Maru Metall
MDSC Systems OÜ
Lisaks toodud asukohtadel

Bureau Veritas Certification kinnitab,
et eelpoolmainitud ettevõtte juhtimissüsteemi on kontrollitud ja
leitud olevat vastavuses allpoolnimetatud juhtimissüsteemi standardi nõuetega

STANDARD

AQAP 2110:2016
SERTIFIITSEERIMISULATUS

AS MARU METALL: TERASKONSTRUKTSIOONIDE PROJEKTEERIMINE, TOOTMINE JA MÜÜK.
KONTEINERLAHENDUSTE PROJEKTEERIMINE, TOOTMINE JA MÜÜK.
MDSC SYSTEMS OÜ: KONTEINERLAHENDUSTE PROJEKTEERIMINE, TOOTMINE JA MÜÜK.

Sertifitseerimisele algas: 18. oktoober 2017

Sertifikaadi kehtivuse tagamiseks sa, et asukohtade juhtimise süsteemid hõlmatud juhtimissüsteemi süsteemid.
Sertifikaat kehtib kuni: 29. november 2020

Esimese sertifitseerimise kuupäev: 11. oktoober 2013

Sertifikaadi number: EST09817Z Versioon: 1 Kehtivus: 18. oktoober 2017
Sertifikaat on kehtis ainult koos ISO 9001:2015 sertifikaadiga nr. EST09817A


J. Händel

Sertifitseerimiskeskus: Bureau Veritas Eesti OÜ, Tartu aia 24-22, 10115 Tallinn, Eesti

Täiendavad selgitused antud sertifikaadi kättesaamise ja juhtimise süsteemi osas
kättesaamiseks võivad saada sertifikaadi omanikud organisatsioonid.
Sertifikaadi kehtivuse hõlmatavuse kohta: +37 6676610



1/2

BUREAU VERITAS
Certification



Sertifikaat

Välja antud

AS Maru Metall **MDSC Systems OÜ**

Lisas toodud asukohtadel

**Bureau Veritas Certification kinnitab,
et eelpoolmainitud ettevõtte juhtimissüsteemi on kontrollitud ja
leitud olevat vastavuses allpoolnimetatud juhtimissüsteemi standardi nõuetega**

STANDARD

ISO 9001:2015

SERTIFITSEERIMISULATUS

AS MARU METALL: TERASKONSTRUKTSIOONIDE PROJEKTEERIMINE, TOOTMINE JA MÜÜK.
KONTEINERLAHENDUSTE PROJEKTEERIMINE, TOOTMINE JA MÜÜK.
MDSC SYSTEMS OÜ: KONTEINERLAHENDUSTE PROJEKTEERIMINE, TOOTMINE JA MÜÜK.

Sertifitseerimistsükli algus: 18. oktoober 2017

Sertifikaadi kehtivuse tingimuseks on, et organisatsioon jätkuvalt täidab heakskiidetud juhtimissüsteemi nõudeid.

Sertifikaat kehtib kuni: 29. november 2020

Esmase sertifitseerimise kuupäev: 29. november 2002

Sertifikaadi number: EST09817A

Versioon: 1

Kuupäev: 18. oktoober 2017

Tiit Hindreus



Accredited MSC004

Sertifitseerimisasutus: Bureau Veritas Eesti OÜ, Tartu mnt 24-22, 10115 Tallinn, Eesti

Täiendavaid selgitusi antud sertifikaadi käsitlusala ja juhtimissüsteemi nõuete
kohaldatavuse kohta saab küsida sertifikaati omaval organisatsioonil.
Sertifikaadi kehtivuse kontrollimiseks helista +372 6676610



SERTIFIKAAT

Tehase tootmisohjele

2451-CPR-EN1090-2013.0287.003

Kooskõlas Euroopa Parlamendi ja Nõukogu
9. märtsi 2011. a määrusega (EL) 305/2011 (ehitustoodete määrus ehk CPR)
kehtib käesolev sertifikaat ehitustootetele

Ehitustoode	kandeelemendid ja montaažikomplektid teraskonstruksioonidele kuni EXC3, EN 1090-2 järgi
Kasutusotstarve	kandekonstruksioonid igat liiki ehitistele
CE vastavushindamise protseduurid	ZA.3.2 kuni ZA.3.5 EN 1090-1:2009+A1:2011 järgi mis on toodetud
Tootja	AS Maru Metall Kesk tee 10 75001 Ardu, Kose vald, Harjumaa Eesti
Tootmistehas tootja tehase	AS Maru Metall Kesk tee 10 75001 Ardu, Kose vald, Harjumaa Eesti poolt või jaoks
Tunnustamine	Käesolev sertifikaat tõendab, et kõik harmoneeritud standardi EN 1090-1:2009+A1:2011 lisas ZA töendamissüsteemi 2+ sätestatud toimivuse püsivuse hindamise ja kontrollimise tingimused ja tehase tootmisohje kontrollimise tingimused on täidetud.
Kehtivusaaja algus esmise väljaandmise kuupäev	28.09.2012
Järgmine järelvalveaudit	27.09.2020
Kehtivusaeg	Käesolev sertifikaat kehtib, kuni katsemeetodid ja/või tehase tootmisohje nõuded, mis on esitatud harmoneeritud standardis ja mida kasutati deklareeritud omaduste toimivuse püsivuse hindamisel, ei ole muutunud ning toodet ja tehase tootmistingimusi ei ole oluliselt muudetud.
Märkused	vt tagaküljelt
Väljaandmise aeg ja koht	Düsseldorf, 04.10.2017 Berzon


Dipl Ins Gurschke
Sertifitseerimise osakonna juhataja



CERTIFICATE

D-ZE-16083-01-00-ISO3834-2015.0340.001

DVS ZERT hereby certifies that the company



AS Maru Metall
Kesk tee 10
75001 Ardu, Kose vald, Harjumaa
Estonia

has furnished proof to fulfil the quality requirements for welding
according to:

EN ISO 3834-2:2005

in the extent mentioned on the reverse side.

validity: 05.12.2015 until: 04.12.2018
certified since: 2009

Düsseldorf, 04.11.2015
Place and date of issue

Dr.-Ing. Groß
Lead Assessor


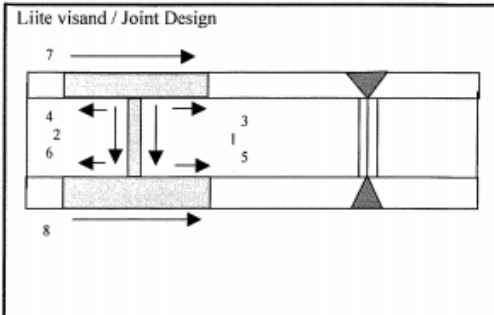
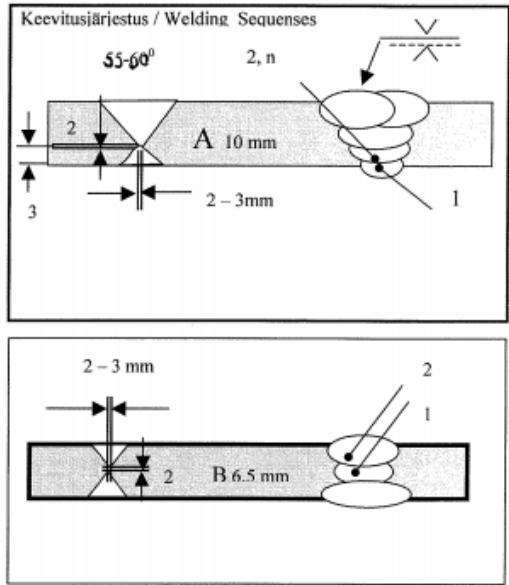
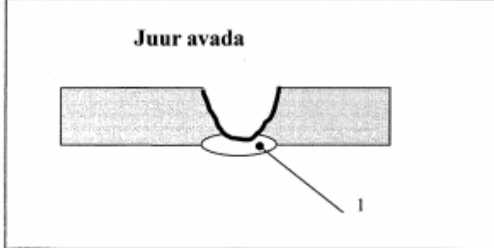
Dipl.-Ing. Gurschke
head of certification body



DVS ZERT GmbH Aachener Straße 172 40223 Düsseldorf Deutschland www.dvs-zert.de

LISA 2 H-tala WPS

L.2.1 WPS

WPS Nr. MAR 135-001-027	pWPS Esialgne TOOTJA KEEVITUSPROTSEDUURI SPETSIFIKAAT			
pWPS No: Kordus / Revision:	135-001-027	WPAR No: Viide / Reference:	SLV-18069.05-EE-MAR EN ISO 15611	
KEEVITUSASEND / WELDING POSITION:		PA bs gg	KEEVITUSPROTSESS / WELDING PROCESS: 135	
Liite visand / Joint Design 		Keevitusjärjestus / Welding Sequences 		
Juur avada 				
PÕHIMATERJAL / PARENT METAL		KLASSIFIKATSION / CLASSIFICATION	MATERJALI ≠ THICKNESS	VÄLISLÄBIMÕÖT
		EN ISO 15608		
S355J2 Flants		1.2	10	HEA 200
B S355J2 Sein		1.2	6,5	HEA 200
KEEVITUSMATERJAL / FILLER METAL		KLASSIFIKATSION/CLASSIFICATION	KUIVATAMINE / BACKING AND DRYING	
Tähistus ja kaubanimi / Designation & Trade name				
OK 12.51 Esab		EN 1431 G3 SH	Vastavalt tehase instruksioonile	
GAAS / RÄBUSTI / GAS / FLUX		KOOSTIS / KLASSIFIKATSION COMPOSITION / CLASSIFICATION	STANDARD STANDARD	GAASI VOOLU HULK GAS FLOW RATE
KAITSEL / SHIELDING JUUREL / BACING		M21 (Ar + 18% CO ₂) AGA	EN 14175	18 - 20 l/min
Faasi valmistamine / Groove preparation:		Gaaslõikamine, meh. lõikamine / Oxy- propan gas cutting, Mechanical cutting		
Faasi puhastamine cleaning:		Lihvimine abrasiivkettaga / Grinding		
Kinnitamine, sildamine / Jigging, Tacking:	ja	Eelkuumutustemperatuur / Preheat temperature:	15 °C	
Sildkeevituse mõõdud / Tacking weld size:	20 mm	Kihtidevaheline temp. / Interpass temp.:	Max 250 °C	
Juure avamine / Back gouging:	ja	Järellõõmutus / Post heat treatment:	-	
Vabatraadi pikkus / Stand off distance:	15 - 20 mm	Lõõmutuse kestus / Time	-	
Põleti -, elektroodi kaldenurk / Torch angle	75 - 80°	Temperatuur / Temperature	-	
		Kuumutuskirius / Heating rate	-	
		Jahtumiskirius / Cooling rate	-	
Muud / Notes, other information:				

L.2.2 WPS

Kiit Run No	Protsess Process No	Vooluliik / Polaarsus Current type/Polarity [DC, AC / +, -]	Lisamaterjali tüüp / mõõt Filler metal type / size	Pinge Voltage [V]	Vool Current [A]	Traadi kiirus Feed speed [m / min]	Keevituskiirus Travel speed [mm / min]*	Soojusisestus Heat input [kJ / mm]*
1	135	DC+	OK 12.51 Ø1,2mm	19 - 20	120 - 170	6,5 - 7,0	280 - 300	
2-n	135	DC+	OK 12.51 Ø1,2mm	30 - 31	260 - 330	12 - 12,5	300 - 310	

AS Maru Metall

Keevituskoordinaator: Harri Veskimäister EWT (FI 00250)
 Kuupäev / Date 11.10..2010.a.

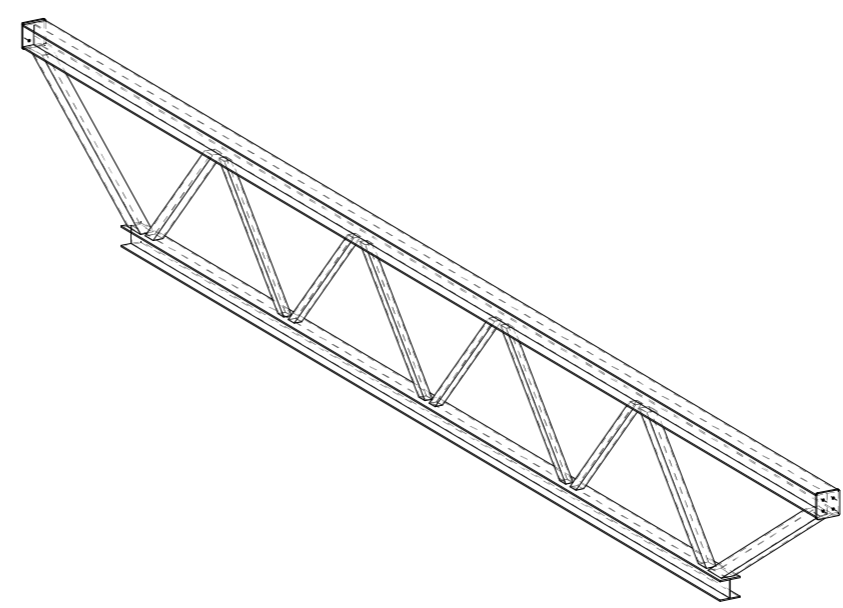
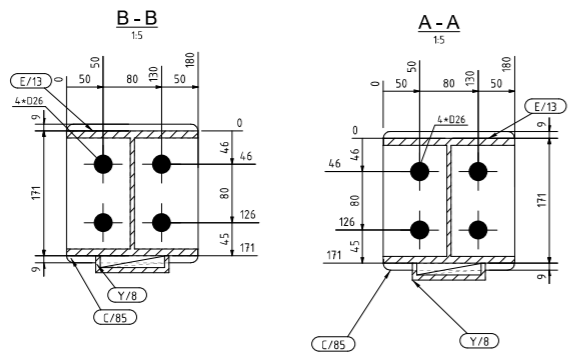
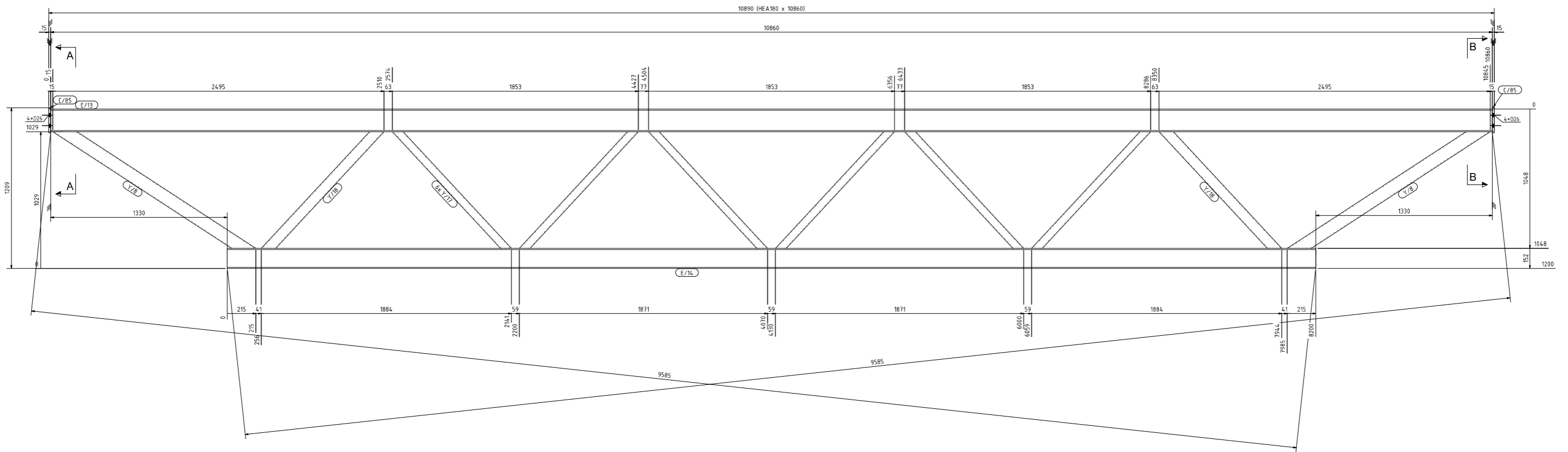
Allkiri / Signature:





Keevitaja / Welder
 Tehnilise kontrolli teostaja

Atesteerija / Certifier:
 Kuupäev / Date

Allkiri / Signature:



- Juhsed/ Notes:
- Märkimata keevised/ Unmarked welds:
 - Keeviseklass/ Welding quality level: C (ISO-EN 5817)
 - Teostusklass/ Execution class: EXC2 (EVS-EN 1090-2)
 - Tolerantsklass/ Tolerance class: Class 1 (EVS-EN 1090-2)

KOOSTU TABEL		Tähis:	Arv:	Tüüp:	Pinnakate:	
		F1	1		C2M	
MATERJALI NIMEKIRI ÜHE KOOSTU KOHTA						
Tähis	Profil	Materjal	Arv [tk]	Pikkus [mm]	Pind [m ²]	Kaal [kg]
F1-1	HEA180	S355J2	1	10860	11.1	385.8
F1-2	HEA160	S355J2	1	8200	7.4	249.6
F1-3	RHS100x100x6	S355J2H	2	1761	0.6	27.2
F1-4	RHS60x60x5	S355J2H	6	1253	0.3	9.7
F1-5	RHS80x80x5	S355J2H	2	1271	0.4	13.4
F1-6	PL15x190	S355J2	2	180	0.1	4.0
Kokku:					22.3	783
Tunnus: Hulk		Muutus:		Muutija: Kuupõev		
Telliju:				 AS MARU METALL Järvevana tee 5 Tallinn 10132 Tel: 6508920 Fax: 6508821 http://www.maru.ee		
Objekt:						
Osa:						
Joonis: FERM F1						
Projekti juht:						
Konstruktör:						
Joonestaja:	Tambet Iosimo			01.05.2018	Joonise nr: F1	
Vi:1:0 1:30	Formaat: A3	TÜ nr:	Stood:			
Kõsalohevaioonis andmine kolmandale isikule lubatud ainult AS MARU METALL teel						