



TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

MASINAEHITUSE INSTITUUT

Tootmistehnika õppetool

MET70LT

Mikk Helleste

Terasprofiilide konstruktiivne ja majanduslik analüüs

Autor taotleb tehnikateaduse magistri akadeemilist kraadi

Tallinn 2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev magistritöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis juhendamisel

“.....”2014 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele

“.....”2014 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele

.....eriala/õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”200... a.

..... allkiri

TTÜ masinaehituse instituut

Tootmistehnika õppetool

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2014 õppeaasta kevadsemester

Üliõpilane: Mikk Helleste, a111818

Õppekava: Tootearendus ja tootmistehnika

Eriala: Mehhanotehnika

Juhendaja: Aigar Hermaste

Konsultant(did):(nimi, amet, telefon)

LÕPUTÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Terasprofiilide konstruktiivne ja majanduslik analüüs

(inglise keeles) Constructive and economic analysis of steel profiles

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.Sissejuhatus	Kirjeldada ära põhjalikult töö sisu ning määrata ära töö eesmärk	16.03.2014
2. Materjalid	Uurida kõik seonduv, ka hinnad ja saadavused, turuuuringud	30.03.2014
3.Tootmine	Kirjeldada tootmisprotsess, uurida ka hinnad	13.04.2014
4.Projekteerimine	Arvutused, uuringud	20.04.2014
5.Majanduslik osa	Lõplik analüüs ja tulemus	27.04.2014

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:.....

.....

Täiendavad märkused ja nõuded:.....

Töö keel: eesti keel

Lõputöö kaitsmise avaldus esitada hiljemalt 12.05.2014

Töö esitamise tähtaeg 14.05.2014

Üliõpilane /allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja /allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE.....	3
EESSÕNA	7
SISSEJUHATUS	8
1. ETTEVÕTTEST	10
1.1 Iseloomustus.....	10
1.2 Standardid.....	12
1.3 Projektide näited, millest on teema saanud aluseks	13
2. MATERJALID JA PROFILID	14
2.1 Standardprofiilide tüübid.....	14
2.2 Keevisprofiilide tüübid.....	16
2.3 Teraslehtede liigitus	17
2.4 Materjali margid ja standardid	18
2.4.1 Teraslehtede ja profiilide mehaanilised omadused.....	18
2.4.2 Nelikanttorude mehaanilised omadused.....	19
2.4.3 Materjalide standardid	19
2.5 CE-märgis ja üldine.....	20
2.6 Materjalide saadavus ja leviala	21
2.6.1 Tarneaeg profiilidel ja plaatidel.....	22
2.7 Materjali transport tootmistehasesse	23
2.8 Lehtmaterjalide või profiilide pikkused/gabariidid.....	23
2.8.1 Lehtmaterjalide tolerantsid	24
2.8.2 I ja H profiilide tolerantsid	25
2.9 Materjalide optimaalne kasutamine	25
3. KEEVISTALA TOOTMINE	27
3. 1 Tooriku lõikamine ja puhastamine	28

3.1.1 Gaasiga lõikamine	29
3.1.2 Servade ümardamine	30
3.2 Keevitusest üldiselt ja standardid	31
3.3 Koostamine.....	32
3.3.1 Koostamisele kuluv aeg.....	32
3.4 Tooriku keevitamine ja protseduurid	41
3.4.1 WPQR ja WPS	43
3.4.3 Keevislâbimite arv sõltuvalt materjali paksusest	45
3.4.4 Keevitusele kuluv aeg.....	46
3.4.5 Keevitraadi ja gaasi kaudne kulu	48
3.5 Lõpptöötlus ja sirgestamine	49
3.6 Detailide tootmissisene transport	49
3.6.1 Tootmissisesel transpordil kuluv aeg	50
3.7 Tootmisele kulunud ajad	50
4. PROJEKTEERIMINE	51
4.1 Projekteerimistarkvara „Tekla“	51
4.2 Profiilide valik.....	52
4.3 Profiilide koormustaluvus	53
4.4 Ristlõike karakteristikud	54
5. MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED	56
5.1 Materjalide maksumused.....	56
5.1.1 Standardprofiilid.....	56
5.1.2 Keevisprofiilid	57
5.1.3 Profiilide maksumused eripikkustega.....	57
5.2 Transpordi maksumused erinevatest Riikidest.....	59
5.3 Keevistala tootmise maksumus	60
5.4 Projekteerimise maksumus inimesel	61

5.5 Valmis keevisprofiili ja standardprofiili hinnad.....	62
5.6 Tulemus.....	64
KOKKUVÕTE	66
SUMMARY.....	67
KASUTATUD KIRJANDUS	68
LISAD.....	69
Lisa 1. Nelikant-keevistala WPS.....	69
Lisa 2. I-keevistala WPS	70

EESSÕNA

Lõputöö teema on valitud AS Maru Metallis põhjal, kus olen töötanud mitu aastat projektijuhina ning valitud teema osas on tekkinud üles korduvalt erinevaid küsimusi. Kuna projekteerimine ja tootmine käib AS Maru Metallis tihtipeale käsikäes, siis tekkis soov aru saada sellest, et kust annaks päästa seda, et muuta tootmist kiiremaks ja efektiivsemaks. Teemas on kasutatud kõiki AS Maru Metallis olevaid seadmeid ja on lähtunud sealsetest töötingimustest ja üldkuludest. Tootmine on teostatud standardi EN 1090:2009/AC:2010 alusel. Antud teemaga on kaasa aidanud AS Maru Metallis töötanud ettevalmistusmeister, keevitusmeister, keevituskoordinaator, tehnoloog ja projekteerija. AS Maru Metallis juhtkond on andnud ligipääsu erinevatele materjalide hindadele ja ka majanduslikkudele näitajatele.

Avaldan tänu Aigar Hermastele, kes aitas kaasa töö juhendamise ja suunamisega ning tänu AS Maru Metallile, kust sain palju initsiatiivi, vajalikku abimaterjali ning kust sai antud teema aluseks.

SISSEJUHATUS

Teema valik tekkis töötades ettevõttes AS Maru Metall, kus peamiselt tegeletakse projektipõhise tootmisega. Ettevõttel on olnud hulgaliselt suuri projekte, kus teemaks on tulnud valtsprofiilid ja keevisprofiilid, mis tekitavad alatasa diskusioone. Analoogsetel projektidel võib tuua näiteid, kus üks projekt on suudetud lahendada ära ainult standardprofiilidega või siis teisel juhul kasutatakse 50% ulatuses või rohkem keevisprofiile. Keevisprofiilide tootmine tundub keerulisem ja kulukam, kui osta tehases valmis standardprofiili. Tekkis küsimus, milleks siis mõned projektid sisaldavad nii suurel hulgal keevistalaseid ja kas nende mahtu saaks vähendada. Kuna esimene etapp on projekteerimine, siis teema valikus püüan aru saada, kuidas tuleb juba alguses projekteerimise käigus profiile valida. Oluline on teada, kas on mõttekas lisada aega juurde projekteerimise faasis, kui antud kulud pole nii suured ja mis ei ole võrreldavad tootmises tekkivate kuludega. Tootmises tekkinud lisakulud võivad tuleneda just ebapraktiliselt valitud profiilide tõttu. Lisaks mängib rolli ka see, kust maalt tekib probleeme materjali saadavusega, seega soovin leida üles punkti, kust saan aru, et keevistala tootmine lehtmaterjalidest tuleb odavam, kui näiteks tellida välismaalt kuu ajalise tarnega standardprofiili, mille hind on väikse mahu tõttu kõrge ning lisanduvad transpordi kulud ja ajalised probleemid tarnes. Tootmises on kõige tähtsam raha ja aeg ning see on ka põhjus, mis on ka teema analüüsimise põhjuseks, et aru saada, kuidas muuta tootmist efektiivsemaks.

Lisaks soovin antud tööga leida üles need aspektid, mis soodustavad ja lihtsustavad tööd projekteerimise ja tootmisosakonna vahel, sest tihtipeale on võimalik ennetada juba projekteerimisfaasis seda, mis hiljem saab olema tootmise faasis probleemiks. Oluline on see näiteks sellisel juhul, kui Tellija on tellinud Töövõtjalt täistöövõtu - projekteerimine, tootmine ja paigaldus. Tihtipeale on ka olukorda, kus Tellija soovib ainult tootmist ning annab tootmisele vajalikud joonised ning siinkohal võib tekkida probleemkoht, kuna jooniseid muuta on hilja. Suurte projektide puhul on ka see, et täpsed mahud ja profiilid pole lepingualguses teada ning tuleb tööd teha kogemuslike ühikhindade põhjal.

Täistöövõttus on võimalik projekteerimise ja tootmise vahel hoida suhtlust ja antud töös soovingi leida ja saavutada pidevpunkte, mis projekteerimisosakond või tootmisosakond võtaks aluseks. Muidugi tuleb aru saada, kus pole võimalik pidevpunkte jälgida ja nüansse on

palju, seega peab lähtuma ka Tellija soovidest, ajagraafikust, rahast, kvaliteedist ja paindlikkusest. Näiteks kui tellija maksab suurt hinda kiire töö eest, siis otseselt tootmisettevõtte jaoks võib see just kasulik olla - toota kiiresti ja palju kasumlikult. Kui Tellija soovib kiiret tähtaega, siis pole võimalik projekteerimisosakonnal tegeleda suure analüüsimisega, vaid teostada kiire konstruktiivne lahendus ja anda välja tööjoonised tootmisosakonnale. Küll aga ongi see koht, kus võib saada see tootmisele kahjulikuks, kui mõnda profiili pole saada või keevistala valmistamine võtab aega plaanitud rohkem. Samas ei tohi saada kahjustada kvaliteet, aga kindlasti on võimalik standardprofiiliga seda tagada paremini – täpsus, paralleelsus, jäikus.

Töö üldeesmärk on aru saada, kui palju ja milliseid keevistalasisid on mõistlik toota ehituskonstruksioonide projektides ja millised on need kohad, kus kindlasti tasub kasutada standardprofiile. Lähtuma peab eelkõige materjalidest ja nende saadavusest, seejärel projekteerimisest ning lõpuks tootmisprotsessi. Nende kõikide omaduste põhjal saab rahaliselt hinnata, kus tekib tasuvpunkt.

1. ETTEVÖTTEST

1.1 Iseloomustus

AS Maru Metall alustas tegevust 2002. aastal, kui emafirma AS Maru Konstruktsioonid andis metallkonstruktsioonide tootmise üle tütarfirmasse. Teraskonstruktsioone on toodetud 1996. aastast. Maru Metall on oma tegutsemisaastate jooksul kujunenud Eesti juhtivaks ehituslike teraskonstruktsioonide tootjaks. Ettevõtte on tegevusaja jooksul jõudsalt arenenud, olles muuhulgas ka juurutanud ISO 9001:2008 kvaliteedijuhtimise süsteemi [1].



Sele 1.1 Ardu tootmishoone

Ettevõtte ärimudel põhineb täisteenuse pakkumisel, mis omakorda toetub kahele peamisele võimekusele:

1. Teraskonstruktsioonide ja konteinerlahenduste tootmisega ja tarnimisega seotud täisteenuse pakkumine - hõlmab projekteerimist, tootmist ja tarnet lõppkliendile.
2. Koostöö Maru kontserni kuuluvate ettevõtetega: Maru Ehitus (ehitustööde peatöövõtt, projektijuhtimine, projekteerimine ja konstruktsioonide montaažitööd), Galv-Est (kuumtsinkimine).

Ettevõtte toodanguks on põhiliselt suuremõõtmelised terasest ehituskonstruktsioonid, ning mitmesugused platvormid, galeriid, sidemastid, konveierid, kivipurustusmasinad, rullteed ja palju muid teraskonstruktsioone.

-Tootmismahd on ligi 5000 tonni aastas

-Töötajaid on 110 inimest, kellest 75 on tootmistöölised

Ettevõtte on pidevalt täiustanud oma tootmisbaasi Ardus, kus on kokku 10 000 m² katusealust tootmispinda.

Maru Metall ASi turundus-, eelarvestus- ja projekteerimisosakond asuvad Tallinnas Järvevana teel [1].

Ekspord moodustab ligi 80 %



Sele 1.2 Ekspordi riigid

1.2 Standardid

Ettevõtte on sertifitseeritud rahvusvahelisel tasemel.



Sele 1.4 ISO 9001:2008



Sele 1.5 EN ISO 3834-2:2005



Sele 1.6 EN 1090:2009/AC:2010

certificate number: 2451-CPR-EN1090-2013.0287.001

Range of production: ✓ production (cutting - bending - forming, welding, corrosion protection)

Associated: 49-2009-01

Welding certificates: (DVS Zert, next surveillance date 30.06.2015)

Remarks: The notified body - DVS ZERT GmbH has performed the initial inspection of the factory production control and the factory production control and performs the continuous surveillance, assessment and approval of factory production control by:

General provisions:
The conditions of the standard EN 1090-1:2009+AC:2011, from section 8.4.1 and including section 8.4.4, must be fulfilled.
The requirements of EN 1090-2:2009 + AC:2011, section 8.4.1 are observed. These refer to the annual assessments to be discussed in writing of the manufacturer to the notified body.
The General Terms and Conditions of the DVS ZERT GmbH apply in the latest version.

DVS ZERT
DVS ZERT GmbH, Anhalter Straße 171, 40227 Düsseldorf, D40227
www.dvs-zert.de

1.3 Projektide näited, millest on teema saanud aluseks

IRU Jäätmeenergia plokk

AS Maru Metall sõlmis lepingu Eestisse esimese ja Baltimaade suurima prügipõletusjaama ehk jäätmeenergia ploki rajamiseks. Leping hõlmas teraskonstruksiooni tootmist ja paigaldust. Töömahuks oli ca 850 tonni teraskonstruksiooni ning lisaks 45 tonni käsipuid, 1300 m² reste, ca 300 m² rihvelplaate jne. Umbes 50% kogumahust moodustasid keevistalad ja keevispostid. Projekti suurima keevistala kogumass ulatus peaaegu 20 tonnini. Üldiselt oli tegemist siiski väiksemate keevistaladega, mida andis võrrelda ka standardprofiilidega.

ERM'i varikatuse peakandur

Peakanduri põhitalad on projekteeritud HEM500 profiilist, kus tegemist on vähe leviva profiiliga ja selle tarne aeg on tavapärasest kõvasti pikem. Lisaks tuleb sellise profiili puhul erilist rõhku panna jääkidele, kuna on väike tõenäosus, et neid hiljem kasutada saab. HEM500 profiilidele keevitati ka mõlemale poole HEM500 selja külge poole 20 mm plaadid, mis oli väga töömahukas.

Karlstad CHP

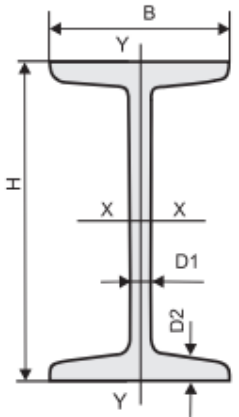
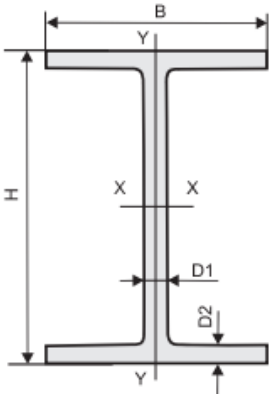
Tegemist on tehnoloogilise boilerihoone projektiga, kus teraskonstruksioonide maht ulatus ca 600 tonnini. Lisaks olid veel restid, käsipuud, astmed jms. Umbes 30% kogumahust oli projektis tegemist keevistaladega, kus samuti kasutati väga mitmeid erimõõdulisi.

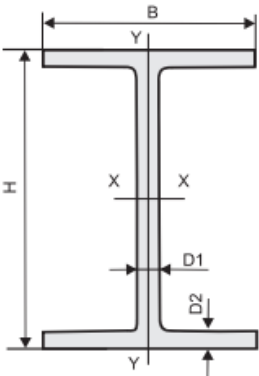
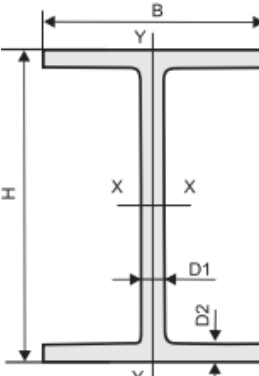
2. MATERJALID JA PROFIILID

Materjalid moodustavad tootmises väga suure osa sõltuvalt siis sellest, kui keerukas on konstruktsioon ja milline on juurde lisanduv töömaht. Materjalid annavad suure mahu ning sõltuvalt materjali tüübist kujuneb hind, kättesaadavus ja vastupanud. Materjalide peatükis on ära näidatud materjalide jagunemised, erinevad tüübid, saadavused ja omadused.

2.1 Standardprofiilide tüübid

Kuumvaltsitud standardprofiilid jagunevad (I ja H profiilid):

 <p>Sele 2.1 INP profiil</p>	<p>Kasutusala on väheleviv. Nimetused varieeruvad kõrguse järgi INP140 ... INP360.</p>
 <p>Sele 2.2 IPE profiil</p>	<p>Kasutusala on väga leviv, aga kasutatakse rohkem kergkonstruktsioonide puhul, mitte niiväga kandvaks konstruktsiooniks. Nimetused varieeruvad kõrguse järgi IPE80 ... IPE600</p>

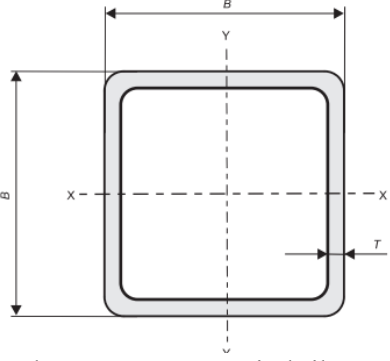
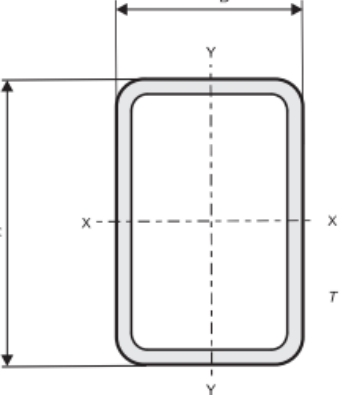
 <p>Sele 2.3 HEA profiil</p>	<p>Kasutusala on levinuim ja kasutatakse kandva konstruktsiooni eesmärgil. Nimetused varieeruvad kõrguse järgi HEA100 ... HEA1000.</p>
 <p>Sele 2.4 HEB profiil</p>	<p>Kasutusala on väga levinud ja kasutatakse kandva konstruktsiooni eesmärgil ning on eelnimetatutest kõige tugevam. Nimetused varieeruvad kõrguse järgi samamoodi nagu HEA, milleks on HEB100 ... HEB1000.</p>

Eksisteerib veel ka **HEM** profiile, mille jooksva meetri kaal on suurem kui kõik eelpool nimetatud profiilid ning mida tellitakse tavaliselt eritellimusel ja praktiliselt seda profiili ei kasutata või siis kasutatakse väikestes kogustes.

Kõikidel H profiilidel toimub kõrguse suurenemine astmeliselt ja võrdselt, näiteks 100 – 360 mm kõrguse puhul on sammuks 20 mm. 400 mm – 700 mm puhul on kõrguse sammuks 50 mm ja 700 – 1000 puhul tuleb sammuks 100 mm. Nii HEA kui HEB minimaalne laius on 100 mm ja maksimaalne laius 300 mm.

IPE ja INP erinevad H profiilidest – need on kitsamad ja madalamad ning jooksvameetri kaal ühikule on väiksem [2].

Nelikanttorud jagunevad kaheks:

 <p>Sele 2.5 Ruutristlõikega nelikanttoru (õõnesprofiil)</p>	<p>Ruutristlõikega õõnesprofiilid – välimine läbimõõt B ulatub vahemikku 20 mm – 300 mm. Erinevus I või H profiiliga on see, et ühe sama gabariidi mõõduga profiilidel on mitu erinevat positsiooni, kus on erinevad seinapaksused. Max seinapaksus on 12 mm.</p>
 <p>Sele 2.6 Ristküliku lõikega nelikanttoru (õõnesprofiil)</p>	<p>Täisnurkse ristlõikega õõnesprofiilid – üks külg on pigem kui teine. Kõrgus varieerub 40 mm – 400 mm-ni. Laius 20 mm – 200 mm, mis tähendab et H ja B vahe on täpselt 50%. Samuti saab maksimaalne seinapaksus olla 12 mm [2].</p>

2.2 Keevisprofiilide tüübid

Keevisprofiilid koosnevad plaatidest ning neid võib olla igas mõõdus ja toota vastavalt vajadusele. Keevistalad on võimalik toota ka suuremaid, kui eksisteerivad olemas olevad standardprofiilid, aga siiski üle 1000 mm kõrguseid pigem leidub harva. Keevistalade materjalide puhul jälgitakse lehtmaterjali standardit EN 10025-1:2004.

Keevistalade jagunevad:

1) WI (inglise keeles: welded I) keevistala I kujuline keevistala, mis koosneb ülemisest ja alumisest tallast ning seinad. Komponentid on kõik lehtmaterjalidest. WI keevistalade

mõõdud sõltuvad vajadusest, seega tähistatakse neid vastavalt, näiteks WI400-8 – 15x300. Siin esimeses pooles tähistatakse seina, kus kõrgus (H) on 400 mm ja seinapaksus 8 mm. Tähise teises pooles tähitakse ülemist ja alumist talda, kus laius on mõlemal 300 mm ning seinapaksus 15 mm. WI keevistala võib kasutusvaldkonna järgi täita nii tala kui ka posti funktsiooni.

2) WB (inglise keeles: welded box) keevistala-või post on nelikant kujuline keevitatud kokku neljast küljest plaatidest. Erinevalt I keevistalast on siin kokku keevitamise võimalusi mitmeid. Lisaks on võimalus toota kas ruutnelikanttoru või ristkülik nelikant toru. Keevis nelikanttorudel on võimalik valida paksemaid seinapaksuseid ning erikülgedel kasutada erinevaid paksuseid. Näide ruudu kujulisest tähistusest WB300-12 – 300-15. Kus siis esimene pool tähisest iseloomustab posti kahe külje laiust 300 mm ja seina paksust 12 mm. Ning teine pool tähistab posti kahe teise külje laiust 300 mm ning seinapaksust 15 mm. Kahe teise seina laius võib olla esimest suurem, seega on see vastavalt tähistatud ka ära tähises.

3) WI eri keevistala – siinkohal on tegemist eriprofiiliga, kus näiteks tahetakse kaldu otsasid. Seega koosneb tala samamoodi plaatidest, aga otste seinad on tehtud näiteks kalde all, seega tulevadki keevistala otsad kaldu. Sellise variandi puhul standardprofiili üldse ei eksisteeri ja kasutatakse suuremõõduliste talade puhul, mis peavad kannatama raskeid koormusi.

2.3 Teraslehtede liigitus

Kuumvaltsitud teraslehtede liigitamisel kasutatakse tootenimesid:

- Lehtterase leht
- Laia ribaterase leht
- Valtsitud servadega rull
- Lõigatud servadega rull
- Ribaterase rull

2.4 Materjali margid ja standardid

Antud töös kirjeldatakse ära põhilised materjalimargid, mida kasutatakse ehituses ja ehituskonstruksioonide juures. Ja just mis puudutab lehtmaterjale, profiile ja nelikant torusid, mis on seotud magistritöö teemaga. Samuti kirjeldatakse ära standardid, mille alusel materjale tellitakse ja millised on nende omadused.

2.4.1 Teraslehtede ja profiilide mehaanilised omadused

Teraslehtede ja profiilide margid on tähistatud ühenimiselt ja kataloogis samamoodi käsitletavat võrreldes nelikant torudega. Kõige levinumad terasemargid on S235, S275 ja S355, kuigi materjali turul moodustab suurosa just S355, millel on ka eelnimetatutest parimad mehaanilised omadused. Vähe levinum on S275 ning üldjuhul asendatakse see materjal S355-ga. Eraldi klassifitseeritakse need materjalid veel löögisitkuse järgi, mis teostatakse eraldi labori katsetega, kus siis on võimalik sertifikaadile väljastada kas tegemist on JR, J0 või J2-ga, mis tähendab seda kas katsetused on tehtud -20, 0 või +20 kraadi juures ning löögisitkuseks on 27 J. Erandjuhul kasutatakse ka tähisega K materjali, mis tähendab seda, et materjali on katsetatud 40 J juures. Näiteks kui materjal sertifikaat on välja antud S355J2-le, siis on võimalus laboris antud materjali katsetada ka 40 J juures. Kui materjal läbib testi, siis saab anda välja sertifikaadi materjalile S355JK. Elastsuspiir (ReH) ja tõmbetugevus (Rm) pole seotud löögisitkusest ning katsetustemperatuuriga, seega näiteks S355 puhul on need näitajad kõik võrdsed. Loetelu järgi eksisteerivad veel ka margid S450, E295, E335 ja E360 [2].

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 2.7 Teraslehtede ja profiilide mehaanilised omadused [2]

2.4.2 Nelikanttorude mehaanilised omadused

Nelikanttorude materjali margid on piiratud, kus peamiselt on kasutatavad kaks varianti:

- 1) S235JRH, mis on katsetatud +20 kraadi juures ja ei pruugi sobida paljudesse kasutusvaldkondadesse
- 2) S355, mida on katsetatud +-0 kraadi juures ja -20 kraadi juures ja on kõige laialt levinum.

Elastuspiir ja tõmbetugevus on võrdväärne lehtmaterjalide ja profiilidega.

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

Sele 2.8 Nelikanttorude mehaanilised omadused [2]

2.4.3 Materjalide standardid

Kuumvaltsitud materjalide üldised tellimistingimused on määratud ära Euroopa standardi EN 10025-1:2004 alusel. Käesolev standard määratleb nõuded kuumvaltsitud konstruktsiooniterasest leht- ja varrastoodetele, väljaarvatud õõnesprofiilid ja torud. Standard määrab peamiselt üldiseid tarneseisundeid.

Käesolevas standardis kasutatavad terminid ja määratlused on antud standardites:

- EN 10020:2000, teraseklasside liigitus
- EN 10021:1993, üldised tehnilised tingimused
- EN 10052:1993, terminiline töötlus
- EN 10079:1992, toodete kuju

ja EN 10025-2:2004 kuni EN 10025-6:2004, muud määratlused.

Tellimisel esitatavad kohustuslikud andmed, mida peab esitama Tellija ehk tootja. Kui järgnevad andmed pole esitatud, siis on Tellimus puudulik. Nendeks andmeteks on:

- 1) Tarnepartii suurus
- 2) Toote kuju
- 3) Käesoleva standardi asjakohase osa number
- 4) Teras nimetus või number
- 5) Nimimõõtmed ja mõõtmete ning kuju tolerantsid
- 6) Kõik nõutavad optsioonid
- 7) Standardite EN 10025-2 ... EN 10025-6 kohaseid lisanõudeid järelvalvele ja katsetamisele ning järelvalvedokumentidele

Nelikanttorude jaoks, mis on tihedalt kasutuses on vastavalt standardile EN 10219-1:2006. Need on külmsurvevormitud keevitatud konstruktsiooni-õõnesprofiilid. Kuumalt lõppvaltsitud konstruktsiooni-õõnesprofiile või tõmmatud profiile kasutatakse vastavalt standardi EN 10210-1:2006 järgi [3].

2.5 CE-märgis ja üldine

Ehituskonstruktsioonide puhul on materjalidel nõutud CE-märgis, kui antud materjalist toodetakse valmis elemendid, millest ehitatakse ehituslik hoone.

CE- märgis on põhiline indikaator, mis näitab, et toode vastab EL-i õigusaktides sätestatud nõuetele, ning teeb võimalikuks toodete vaba liikumise Euroopa turul. Kui tootja lisab tootele CE- märgise, deklareerib ta oma ainuvastutusel, et toode vastab kõigile õigusaktide nõuetele, mis on vajalikud CE- märgise saamiseks. Seeläbi tagatakse, et toodet saab müüa kogu Euroopa Majanduspiirkonnas. See kehtib ka kolmandates riikides valmistatud toodete kohta, mida Euroopa Majanduspiirkonnas müüakse.

Kõigil toodetel ei pea olema CE- märgist. See on nõutav ainult nendel tootekategooriatel, millele CE- märgis on vastavate direktiividega ette nähtud.

CE- märgis ei näita, et toode on valmistatud Euroopa Majanduspiirkonnas, vaid üksnes annab teada, et toodet hinnati enne turule toomist ning see vastab müüdavatele kaupadele kehtestatud juriidilistele nõuetele (nt ühtsed ohutusstandardid). Varustades toodet CE- märgisega kinnitab tootja, et see vastab kõigile asjakohaste direktiividega kehtestatud põhinõuetele (nt tervisekaitse- ja ohutusnõuded) või kui direktiivid seda ette näevad, on saanud teavitatud vastavushindamise asutuse heakskiidu.

Vastavushindamise läbiviimine, tehnilise dokumentatsiooni koostamine, EÜ vastavusdeklaratsiooni väljaandmine ja CE- märgise tootele kinnitamine kuuluvad tootja kohustuste hulka. Toodete edasimüüjad peavad kontrollima nii CE- märgise kui ka vajaliku lisadokumentatsiooni olemasolu. Kui toode imporditakse kolmandast riigist, peab importija kontrollima, et väljaspool EL asuv tootja on astunud vajalikke samme CE- märgise saamiseks ja tal on olemas vastav dokumentatsioon.

CE- märgistus võimaldab ehitustoote vaba liikumist ja turule laskmist EEA riikides. Samuti aitab vähendada kulutusi, kuna piisab ainult ühekordsest toote nõuetele vastavuse tõendamisest. Seoses uute tehniliste kirjelduste lisandumisega muutub CE-märgistus kohustuslikuks järjest enamate ehitustoodete puhul. Hetkel on CE- märgistamine kohustuslik ligi 3/4 ehitustoodete osas [4].

CE-märgistus ehitustoodetel:

- viitab tootja deklaratsioonile, et toode vastab kõikide asjakohaste EL-i direktiivide nõuetele
- on eelduseks toote Euroopa Liidu Majanduspiirkonnas turule laskmiseks
- peab olema kinnitatud tootele, toote pakendile või tootega kaasnevale dokumentatsioonile
- asendab EL-i liikmesriikide siseriiklikke kohustuslikke märgistusi
- ei või olla segiaetav vabatahtlike märgistustega
- on suunatud riiklikele turujärelevalve asutustele
- ei ole kvaliteedimärk [5].

2.6 Materjalide saadavus ja leviala

Materjalide saadavus ja nende leviala võib olla just tihti suureks otsustuspunktist. Kuna profiilide ja erinevate markide arv on suur, siis võib tihti tulla teemaks see, et kas antud marki ei leidu või on katastroofiliselt pikk tarneaeg. Probleem seisneb ka selles, et osades riikides võib teatud profiil või mark olla hästi levinud, aga teises riigis on just nende positsioonidega probleem. Selle vältimiseks tihtipeale juba lepingu sõlmimise protsessis käiakse antud teemad läbi, et ei tekiks projekti keskel hiljem nii öelda „üllatusi“, mis seaks ohtu tarnegraafiku, sest oluline on see nii Tellija kui Töövõtja jaoks.

Teraseid võib hankida:

- Tellitud toote valmistaja laost
- Kliendi laost
- Teraste edasimüüjate ladudest
- Otse terasetoodete valmisajalt

2.6.1 Tarneaeg profiilidel ja plaatidel

Profiilid

Materjali tarneaeg Eesti laost on kuni kolm päeva. Tavaliselt on laos alati olemas väiksemad I profiilid ja nelikanttorud näiteks suuruseni kuni IPE200 või HEB300 ning antud profiilid on 90% juhtudest just markeeringuga S355. Suuremate profiilide puhul tuleb üldjuhul esitada materjali tarnijal eraldi tellimus Euroopast, mille tarne aeg on kuni 14 päeva. Kui tellida profiile otse tootmisest ja mitte standardsete pikkustega, siis võib tarneaeg olla 3-6 nädalat (sõltub tootmise graafikust, mahust, erinevatest pikkustest jne). Üldiselt IPE, HEA ja HEB kuni 600 mm probleemi tarnetes ei teki, küll aga kui on juba suuremad kui 600 mm, siis on leidmisega keerulisem, sellepärast, et nii suuri positsioone ei taheta ladudes suurtes kogustes hoida, kuna tellimuste arv on väike. Sama lugu on ka INP ja HEM taladega, mis esinevad haruharva ja neid tellitakse ainult eritellimusel.

Lehtmaterjalid

Lehtmaterjale Eestis kättesaadavana leiab kuni 130 mm. Sellest üles poole on väga raske leida või ei leia üldse. Ehituskonstruksioonide puhul ei nõua suurem mõõt ka kasutusfunktsiooni. Lehtmaterjalid kuni paksuseni 30-40 mm on tavaliselt laos olemas ning tarneaeg kuni üks nädal. Küll aga paksemate lehtede puhul võib olla tarneaeg oluliselt pikem kui profiilide puhul (30 – 90 päeva). Kui tellida erilaiusega valmis ribasid, siis lisandub kohe otsa gaasilõike hind ja üldjuhul kui ehituskonstruksiooni tootjal on tehases gaasipink olemas, siis on mõistlik teha seda lõikust ise, kuna seega on gaasipink koormatud ja pidevas töötamises tasub see ettevõttele paremini ära ning täidab ka tootmismahu ja omahind võib tulla odavam.

2.7 Materjali transport tootmisteshasesse

Materjale on võimalik transportida tootmisteshasesse kõikjalt maailmast, alustades Saksamaast, Poola, Venemaa, Ukraina, Rootsi, Hiina, Itaalia ja palud teised. Euroopa riikidest materjali tarnimisel probleeme EN standardi ja CE märgiga üldiselt ei teki, küll aga võib probleeme olla Venemaa ja Hiinaga. Tihti peale tellijad just sellepärast eelistavadki materjali transporti Euroopa riikidest. Kõige levinum on Poola ja Saksamaa, aga mida kaugemal asub riik Eestist, seda pikem on ka tarneaeg ning kuna materjalide hinnatase on terves maailmas suhteliselt võrdne, siis kaugemalt tellides hakkab hinda kujundama vahemaa pikkus, mis määrab suuremad transpordi kulud.

Transport toimub välismaalt kinniste veoautodega, mille mõõtmed on 13,6x2,5x2,6. Eestisisest tehakse vedusid ka lahtiste autodega ning selleks näiteks on Maru Metallil olemas isiklik veoauto.

2.8 Lehtmaterjalide või profiilide pikkused/gabariidid

Lehtmaterjalide gabariidilised mõõdud on erinevad, kui valida materjalimargi S235 või S355 vahel. S235 lehtmaterjali leidub tavaliselt paksuseni +50 ja S355 puhul kuni +120. Kuigi tegelikult on võimalik leida veel paksemaid lehtmaterjale (150-250 mm), mis aga kuuluvad juba eritellimusse ja väga harva kasutusse. Üldiselt on mõttekas sellistele paksustele leida mõni muu alternatiiv [2].

S235JR, St3sp-5		S355J2	
2.0x1000x2000	12x1500x6000 / 12000	3.0x1500x3000	14x1500x6000
2.0x1250x2500	12x1800x6000 / 12000	3.0x1500x6000	14x2000x6000 / 12000
2.0x1500x3000	12x2000x6000 / 12000	4.0x1500x3000	15x2000x6000 / 12000
2.0x1500x6000		4.0x1500x6000	15x2400x12000
	14x1500x6000	5.0x1500x6000	16x2000x6000 / 12000
3.0x1250x2500	14x2000x6000 / 12000	5.0x1800x6000	16x2400x12000
3.0x1250x3000		6.0x1500x6000	20x2000x6000 / 12000
3.0x1500x3000	15x2000x6000 / 12000	6.0x1800x6000	20x2400x12000
3.0x1500x6000	15x2400x12000	6.0x2000x6000	30x2000x6000 / 12000
4.0x1500x3000	16x2000x6000 / 12000	7.0x1500x6000 / 12000	
4.0x1500x6000	16x2400x12000	7.0x2000x6000	35x2000x6000 / 12000
5.0x1500x6000	20x2000x6000 / 12000	8.0x1500x6000 / 12000	40x2000x6000
5.0x1800x6000	20x2400x12000	8.0x2000x6000 / 12000	50x2000x6000
6.0x1500x6000	30x2000x6000 / 12000		60x2000x6000
6.0x1800x6000		10x1500x6000 / 12000	70x2000x6000
6.0x2000x6000	40x2000x6000	10x1800x6000 / 12000	80x2000x6000
7.0x1500x6000 / 12000	50x2000x6000	10x2000x6000 / 12000	90x2000x6000
7.0x2000x6000			100x2000x6000
10x1500x6000 / 12000		12x1500x6000 / 12000	120x2000x6000
10x1800x6000 / 12000		12x1800x6000 / 12000	
10x2000x6000 / 12000		12x2000x6000 / 12000	

Sele 2.9. Kuumvaltslehtede standardsed mõõtmed, mm (vastavalt standardile EN10029:1991) [2]

Standardsete I- profiilide pikkused, mida materjaliturul pakutakse on peamiselt 12 meetrised. I-profiilide puhul on võimalik otse tootmisest tellida ka kindlate pikkustega profiile, mis jäävad 3-12 meetri vahele või ka üle 12 meetriseid. Küll aga suurendab see automaatselt kilogrammi hinda ühiku kohta ning samuti tarne aega. Piiratud on ka sellise variandi juures kogused, seega pole võimalik tellida näiteks 500 tonni eripikkusega materjale ja loota, et saab toota ilma jääkidega – liigne ajakulu ning hind kujuneks kõrgemaks kui jääkide korral, kuna jääke on võimalik hiljem ära kasutada või siis vanaraua hinnaga maha müüa, mille kaudu kaudselt väheneb tegelikult ühikhind 5-10%.

Võrdkülgete ja ristkülikuliste nelikant torude puhul on peamiselt saadaval 6 või 12 meetrised.

2.8.1 Lehtmaterjalide tolerantsid

Kuumvaltslehtede peamised tolerantsinäitajad on paksustolerantsid, kuna suuremõõdulised on valtsitud läbi valtsrullide ning vastavalt erinevatele klassidele on lubatud paksushälbed lehepinnal. Ülemine hälve on lubatud üldjuhul suurem kui alumine.

Samuti on olulised laius ja pikkustolerantsid ning tasapinnalisuse eritolerantsid ja normaaltolerantsid.

Materjali paksuse suurenedes kõikide tolerantside hälbed ka suurenevad [2].

Lehe paksus/ Nominal thickness	Tolerantsid / Tolerances								Maksimaalne paksuse hälve lehe pinnal Maximum thickness difference within a plate					
	Class A		Class B		Class C		Class D		Lehe laius / Nominal plate width					
	Alumine Lower	Ülemine Upper	Alumine Lower	Ülemine Upper	Alumine Lower	Ülemine Upper	Alumine Lower	Ülemine Upper	≥600 2000	2000 2500	2500 3000	3000 3500	3500 4000	4000
≥3 <5	-0,4	+0,8	-0,3	+0,9	-0	+1,2	-0,6	+0,6	0,8	0,9	0,9	-	-	-
≥5 <8	-0,4	+1	-0,3	+1,2	-0	+1,5	-0,75	+0,75	0,9	0,9	1,0	1,0	-	-
≥8 <15	-0,5	+1,2	-0,3	+1,4	-0	+1,7	-0,85	+0,85	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2
≥15 <25	-0,6	+1,3	-0,3	+1,6	-0	+1,9	-0,95	+0,95	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
≥25 <40	-0,8	+1,4	-0,3	+1,9	-0	+2,2	+1,1	+1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
≥40 <80	-1,0	+1,8	-0,3	+2,5	-0	+2,8	+1,4	+1,4	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
≥80 <150	-1,0	+2,2	-0,3	+2,9	-0	+3,2	+1,6	+1,6	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
≥150 <250	-1,2	+2,4	-0,3	+3,3	-0	+3,6	+1,8	+1,8	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	-

Sele 2.10 Paksustolerantsid [2]

Lehe pikkus Nominal length	Tolerances		Lehe laius Nominal width	Tolerances	
	Alumine Lower	Ülemine Upper		Alumine Lower	Ülemine Upper
<4000	0	+20	≥600 <2000	0	+20
≥4000 <6000	0	+30	≥2000 <3000	0	+25
≥6000 <8000	0	+40			
≥8000 <10000	0	+50			
≥10000 <15000	0	+75			
≥15000 <20000	0	+100			

Sele 2.11 Pikkus – ja laiustolerantsid [2]

2.8.2 I ja H profiilide tolerantsid

I ja H profiilide mõttetolerantsidel jälgitakse eelkõige tala kõrgust. Lisaks võetakse arvesse talla laiuse, vöö paksuse, talla paksus, ruudukujulisuse hälve ja tala kõverdamise tolerantsid. Samuti nagu lehtmaterjalide puhul siis profiili kõrguse, laiuse ja pikkuse muutudes suurenevad ka lubatud tolerantsihälbed [2].

2.9 Materjalide optimaalne kasutamine

Otse materjalide tootmisest on võimalik tellida kõike profiile eripikkustega. Sellelt tulenevalt on aga pikem tarneaeg ning hinnad kallimad 3-5%, mis sõltub tellitavast kogusest. Sellisest hinnaerinevusest ja ka pikemast tarneajast ongi olukord, kus eripikkusega profiile ei tellida ja tellitaksegi standardmõõtudega profiile ning lehtmaterjale. I-profiilid on 12 meetrist, seega nende puhul on vägagi oluline materjali optimaalne kasutamine. Kindlasti tuleb optimeerida lõikeskeem, et ülejäänud jääkidest näiteks saab kasutada mõne väiksema tala puhul või siis ülejäänud jääk jääb alla 5%, mida võib lisada ka jäätmetesse ja hiljem osa raha vanarauast tagasi saada.

Nelikanttorude puhul on natuke lihtsam kuna valik on kas 6 m või 12 m, seega optimeerimisel on suuremad võimalused, aga kuna nelikanttoru profiil on kallim kui I –profiil, siis lõikeskeem on paratamatu. Materjali optimaalse kasutamise puhul vähendatakse jätkamiste arvu, mis omakorda vähendab töömahtu, kuna jätkamise puhul on tegemist päkkõmblusega ning ultraheli kontroll on seal vastavalt nõuetele mingis ulatuses kohustuslik ja see omakorda maksab raha. On olukordi, kus projekteerimise faasis on valitud pikkused väga ebasobivad

tootmiseks, näiteks 7 meetrised postid, aga tala saab osta 12 meetrise, seega sellisel juhul on jätkamine paratamatu ja eriti optimeerimisega midagi päästa ei saa.

Lehtmaterjalide puhul saab materjale optimaalselt ära kasutada, kui planeerida täpselt seda, kuidas detailid asetada plaadile, et tekiks võimalikult väike materjalide kulu. Lehtmaterjalide jääk on ühtlasem, kuna detailide gabariidid on väiksemad ning on võimalik neid paremini jaotada. Küll aga pole kasu jääkide kasutamisest, sellepärast et tootlikus on suurem, kui asetada plasma-või gaasipingile tervikleht ning lõigata ühe operatsiooniga korraga välja suurim arv.

3. KEEVISTALA TOOTMINE

Maru Metalli näitel käib tootmine vastavalt standardile EN1090-2:2008, teostusklass EXC2, tolerantsiklass 1 ja keevitusklass C. Peamiselt antud keevistala tootmisel on suurimaks osakaal keevitus, kus siis kirjeldatakse ära ka lähemalt, mis on keevitusklass C.

Detailide tehnoloogia töötlemise valik:

- 1) Detailide plasmaga ja gaasiga
- 2) Detailide servade ümardus peale plasma-ja gaasilõikust
- 3) Detailide koostamine ehk punktõmblusega keevitamine
- 4) Materjalide eelkuumutamine
- 5) Keevitamine
- 6) Sirgestamine ja lõppviimistlus [6]

Seadmed, mis peavad olema saadaval tootmistehases:

- Vooluallikad
- Seadmed liite servade ja pindade ettevalmistamiseks ja lõikamiseks
- Seadmed ettekuumutamiseks ja järeltöötlemiseks
- Ohutusvahendid
- Rakised
- Kuivatusklapid ja seadmed keevitusmaterjalide töötlemiseks
- Vahendid pindade puhastamiseks

Keelatud on kasutada defektidega seadmeid. [6]

Inspekteerimine enne keevitamist, kus nõuded peavad olema täidetud:

- Keevitajal peab eksisteerima kehtiv ja sobiv atesteerimistunnistus
- Keevitusprotseduuri spetsifikaat
- Identne põhimaterjal
- Liite servade korrektne ettevalmistamine
- Rakisesse kinnitamine ja traageldamine [6]

Inspekteerimine keevitamise ajal, mis nõuded peab keevitamise protsessil järgima:

- Peamiste keevitusparameetrite jälgimine, milleks on keevitusvool, -pinge -ja kiirus
- Ettekuumutuse ja läbimite vaheline temperatuur
- Keevisläbimite ja kihtide puhastamine
- Juuretuge vastavalt olukorrale
- Keevitusjärjestus
- Keevitusmaterjalide õige käitlemine
- Mõõtmete kontroll [6]

Inspekterimine pärast keevitust, mis tingimused rakendatakse:

- Visuaalne kontroll
- Mittepurustav kontroll
- Purustav kontroll
- Keeviskonstruktsiooni kuju ja mõõtmete määramine
- Lõpptulemuse hindamine või protokollimine (NDT raport) [6]

3. 1 Tooriku lõikamine ja puhastamine

Tooriku ehk I tala puhul ülemise ja alumise talla ja seinä lõikamisel ja nelikant toru puhul nelja külje lõikamisel kasutatakse kas plasma või gaasilõikust. Kuni 15 mm paksused plaadid lõigatakse plasmaga ja sellest suuremad lõigatakse gaasiga, kuna gaasipink võimaldabki lõigata paremini just paksemad materjale, aga plasmaga saab lõigata õhemaid, mis on kiire ja annab hea kvaliteediga lõikeserva, kuigi standardi EN1090-2 alusel on nõutud järeltöötlemine sellegipoolest.

Näiteks on võetud:

- 1) I-tala puhul standardprofiili HEB500 mõõdud keevistala jaoks, mis siis keevistala nimetusena ligikaudu oleks WI500-15 x 300x30, st et paksused 15 mm ja 30 mm on ümardatud ülespoole lähimale saadava lehtmaterjali jaoks. Pikkuseks saab olema 12 meetrit.
- 2) Nelikanttoru puhul standardprofiili alusel WB400-10 x x200-10. Pikkuseks 12 meetrit.

3.1.1 Gaasiga lõikamine

Detailide väljalõikamine toimub plasma gaasi lõikepingiga ESAB IPB 300L.

Kuna plasma püüab võimaldada lõigata ainult kuni 6 meetriseid, siis lõigatakse ka õhemaid materjale nagu tala seinad paksusega 15 mm ja nelikant toru seinad paksusega 10 mm gaasiga.

I-tala WI500-15 x 300x30:

Lõikekiirused on võetud gaasipingi lõikekiiruste juhendist, kus on näidatud ära lõikekiirus vastavalt materjalile.

Lõikekiirus 15 mm materjali jaoks on 620 mm/min

I-tala sein lõigatakse mõõtu $440(500-30-30)*12\ 000$ mm ja lõikepikkuseks tuleb 24 880 mm, lõigatakse üks tükk, lõikepikkus kokku 24 880 mm

Lõikepikkus detaili peale kokku:

24 880 mm

Kulunud aeg kokku:

$24880 / 620 = 40$ min ~ 0,67 tundi

Gaasiga lõikame ka paksemad I-profiili tallad (PL30 mm).

Lõikekiirus 30 mm materjali jaoks on 500 mm/min

I-tala talavööd lõigatakse mõõtu $300*12\ 000$ mm, lõikepikkuseks 24 600 mm, lõigatakse kaks tükki, lõikepikkus kokku 49 200 mm

Lõikepikkus detailide peale kokku:

49 200 mm

Kulunud aeg:

$49200/500 = 98,4$ min ~ 1,64 tundi

WI500-15 x 300x30 lõikamiseks kokku kulunud aeg on $0,67+1,64 = 2,31$ tundi

Nelikanttoru WB400-10 x x200-10:

Gaasiga lõikame nelikanttoru neli külge, mille paksus on 10 mm.

Lõikekiirus 10 mm materjali jaoks on 660 mm/min

Nelikanttoru kaks laiemat külge lõigatakse mõõtu $(380(400-10-10)+12\ 000)*2$ mm, lõikepikkuseks 24 760 mm, lõigatakse kaks tükki, lõikepikkus kokku 49 520 mm

Nelikanttoru kaks kitsamat kluge lõigatakse mõõtu $(200+12\ 000)*2$ mm, lõikepikkuseks 24 400 mm, lõigatakse kaks tükki, lõikepikkus kokku 48 800 mm

Lõikepikkus detailide peale kokku:

$$49\ 600 + 48\ 720 = 98\ 320\text{mm}$$

Kulunud aeg:

$$98320/660 = 148,96\ \text{min} \sim 2,48\ \text{tundi}$$

WB400-10 x x200-10 lõikamiseks kokku kulunud aeg on **2,48 tundi**

Kui me lähtume sellest, et gaasipingil on seitse lõikepead ja lõikame näiteks 7 plaati korraga, siis võiksime saadud tulemuse jagada 7-mega, kuna korraga lõikamine on kasulik ka tehnoloogiliselt mõttes, sest siis ei teki deformatsioone plaadis kuumuse tõttu ning jaotus on ühtlane. Lisaks on tegemist suurtootmisega, seega see et lõigatakse mitu tükki korraga ongi reaalne ning kasulik.

Kui kulunud aeg ühe detaili peal üksiktootmisena on kokku teatud arv tunde, siis võime teostada tehte, kus jagame kulunud aja 7-mega.

Kulunud aeg kokku seeriatootmiseks:

- 1) WI500-15 x 300x30 - $2,31/7 = 0,33$ tundi
- 2) WB400-10 x x200-10 - $2,48/7 = 0,35$ tundi

3.1.2 Servade ümardamine

Vastavalt standardile EN1090-2-le, kus teostusklass on EXC2, siis vaikimisi valitakse servade ümardamisel P2, mis tähendab seda, et serva raadius peab olema 2 mm. Antud nõu on tegelikult seotud värvimisega, mis tähendab seda, et vastavalt värvimise standardile EN ISO 12944 peab olema teostatud servade ümardus. Standardprofiili tellides on profiilidel vastav ümardus juba saavutatud, seega ümardus tuleb tekitada just nii-öelda lõike servadel.

Servade pikkust ei saa kokku võtta gaasilõikuse pikkusega sama, sellepärast et siinkohal me otste ümardamist ei arvesta, kuna teoreetiliselt käib arvestus 12 meetrise tala peale, kus siis tala tootma hakkamisel on nii keevistala kui standardprofili puhul vaja see lõigata saega mõõtu ja otste ümardamine tekib kõikide profiilide otsas, küll aga pole see hetkel seotud kahe profiili arvutusliku võrdlemisega. Arvestamata jätame ka küljed, kus külge läheb kokku talavööga, kus toimub keevitamine, mille tõttu sealne puhastusele kulunud aeg on ära näidatud keevituse ajaarvestuse juures:

- 1) WI500-15 x 300x30 – $2 \cdot 12000 \cdot 2 = 48000$ mm, kus ümardamine toimub ülemisel ja alumisel vööl
- 2) WB400-10 x x200-10 – $2 \cdot 12000 \cdot 2 = 48000$ mm, kus ümardamine toimub kitsamate külgede servades
- 3)

Lihvimiskiirus ümardajaga või käsilihvijaga on teoreetiline 500 mm/min

Kulunud aeg kokku:

- 1) WI500-15 x 300x30 - $48000/50 = 96$ min ~ **1,6 tundi**
- 2) WB400-10 x x200-10 - $48000/50 = 96$ min ~ **1,6 tundi**

Kulunud aeg selles olukorras servade ümardamiseks värvimise ettevalmistamise jaoks on mõlema keevistala puhul võrdne.

3.2 Keevitusest üldiselt ja standardid

Euroopa standardi EN ISO 3834-1 järgi lähtutakse keevituse kvaliteedinõuetest metallide sulakeevitusel. Kõige rohkem avaldab mõju tootmises just keevitus, nii tootmiskuludele kui ka kvaliteedile. Seega on tähtis tagada, et neid protsesse teostatakse võimalikult efektiivselt ja toimuks kõikide aspektide asjakohane ohje. Hea kvaliteetse keevituse tagamine hakkab täiesti algusest - juba materjali valikust. Vale materjali valik võib põhjustada pragude teket keevisliidetes [6].

Standardi ISO 3834 rakendamise olukorrad:

- lepingute puhul: keevituse kvaliteedinõuete spetsifitseerimisel
- tootjatel: keevituse kvaliteedinõuete kehtestamisel ja töökorra tagamisel
- rakendusstandardeid koostavatel komiteedel

- keevituse kvaliteedinõudeid hindavatel organisatsioonidel, näiteks kolmandal osapoolel

Standard ISO3834 annab üldised põhimõtted ja kriteeriumid kvaliteedinõuete jaoks sulakeevitusel, mis on kirjeldatud täpsemalt kolmes tasemes ISO 3834-2, ISO 3834-2 3 ja ISO 3834-4 [6].

3.3 Koostamine

Koostamisel kinnitatakse punktidega omavahel kõik detailid, millest peab saama lõpp elemendi.

Aja arvutamine käbi samadel valitud profiilidel nagu lõikuse puhul:

- 1) WI500-15 x 300x30
- 2) WB400-10 x x200-10

I-tala koosneb kolmest detailist:

- 1) Ülemine tald
- 2) Sein
- 3) Alumine tald

Nelikant-tala koosneb neljast detailist, millest kaks on sisemised küljed, kuhu rakendatakse keevisõmblused.

3.3.1 Koostamisele kuluv aeg

Koostamise puhul on suur vahe, kas teostada üksiktootmist või seeriatootmist. Kuna projektipõhise tootmise puhul üldiselt on alati vaja toota rohkem kui üks keevistala, siis on esitatud kaks kalkulatsiooni:

1) Üksiktootmine I-keevistalale

Koostamine jaguneb ajalises arvestuses kaheks, kus tuleb arvestada puhastööaegadega ja abiaegadega.

Koostamise tehnoloogia sisaldab:

- Töölaua ette valmistamine
- Detailide laadimine/ladustamine töölauale
- Detailide markeerimine ehk märgistamine
- Detailide keevituse ettevalmistus, juhul kui toorikud ei ole haavel puhastatud

- Ruumiline koostamine, kus sätitakse paika detailid
- Punktkeevitamine

Esimene samm on see, et töölaud peab olema puhas ja sirge, mis eeldab pinna puhastamist ja seejärel kontrollimist vesiloodiga või siis mõõtmise nivelliiriga, et tagada tolerants +/- 2 mm.

Normeeritud aeg: 2 inimest * 30 min = 1 tund

Detailide tõstmine/laadimine lauale peab toimuma kraanaga, kuna elemendid on rasked ja inimjõust selleks ei piisa. Lehtede puhul ei saa kasutada troppe, seega läheb vaja tõstemagnetit, mille abil siis suunatakse detailid õigesse kohta ja asendisse.

Normeeritud aeg: 2 inimest * 10 min = 20 min ~ 0,3 tundi

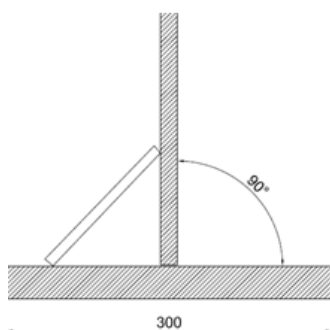
Detailide markeerimine ehk märgistamine teostatakse tahmanööri või märkimisnõelte abil. Detailidele tehakse jooned talavööde peale.

Normeeritud aeg: markeerimine 0,038 t – 1m; 0,038 * 12 = 0,45 tundi

Detailide keevituse ettevalmistamine eeldab keevitatava pinna puhtuse tagamist. Šlakk ja rooste tuleb lihvimise abil eemaldada nurklihvijaga.

Normeeritud aeg: 0,023 t – 1 m; 0,023 * 12 * 4 = 1,1 tundi

Ruumiline koostamine, mis on ühtlasi kõige täpsust nõudvaim protsess algab seina paigaldusest ühe talavöö peale (Joonis 3.1). Seejärel kontrollitakse nurgikuga täisnurk, kus peab olema tagatud 90 kraadi. Kui see on saavutatud, siis fikseeritakse punktkeevitusega mõlemalt poolt. Vastavalt standardile EN1090-2 peab olema punktkeevituse minimaalne pikkus 50 mm, kus keevise kõrgus on minimaalne a4 ja samm 1000 mm.



Sele 3.1 Koostatud T-profiil

Punktkeevitamine toimub MIG/MAG käsikaarkeevitusega, mille keevitusprotsess on 135.

Keevitusrežiimid, traat ja plaatide vaheline lõtk valitakse vastavalt WPS-ile.

Konstruksiooni toetamiseks monteeritakse ajutised toed, mille mõõtmed on PL8x50x150 ja sammuga 1500 mm mõlemalt poolt.

Normeeritud aeg: T-profiili koostamine 0,19 t – 1 m; $0,19 \cdot 12 = 2,28$ tundi

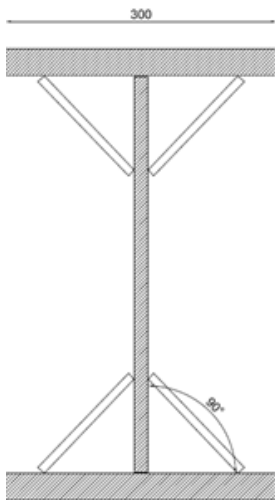
Järgmises sammus tuleb koostada juba koostatud T-profiil koos teise talavööga (Joonis 3.2).

Selleks tuleb tõsta kraanaga alam koostu T-profiili alumise plaadi peale, mis on juba eelnevalt joonega markeeritud. Teostatakse nurgikuga täisnurksuse kontroll ja 90 kraadi saavutades fikseeritakse punktkeevitusega mõlemalt poolt.

Vastavalt standardile EN1090-2 peab olema punktkeevituse minimaalne pikkus 50 mm, kus keevise kõrgus on minimaalne a4 ja samm 1000 mm.

Keevitraadi läbimõõduks on valitud 1,0 mm.

Normeeritud aeg: T-profiili koostamine 0,19 t – 1 m; $0,19 \cdot 12 = 2,28$ tundi



Sele 3.2 Koostatud I-profiil

Keevistala on koostatud ning valmis portaalkeevituse jaoks.

Ajakulu kokku 12 meetrise tala koostamiseks on 7,41 tundi

2) Seeriatootmine I-keevistalale

Seeriatootmise abi-ja puhastööajad:

- Töölaua ette valmistamine
- Detailide laadimine/ladustamine töölauale

- Rakise paika panemine
- Detailide keevituse ettevalmistus, juhul kui toorikud ei ole haavel puhastatud
- Ruumiline koostamine ehk detailide paika sättimine
- Punktkeevitamine

Esimene samm on sama nagu üksiktootmisel, kus töölaud peab olema puhas ja sirge, mis eeldab pinna puhastamist ja seejärel kontrollimist vesiloodiga või siis mõõtmise nivelliiriga, et tagada tolerants +/- 2 mm.

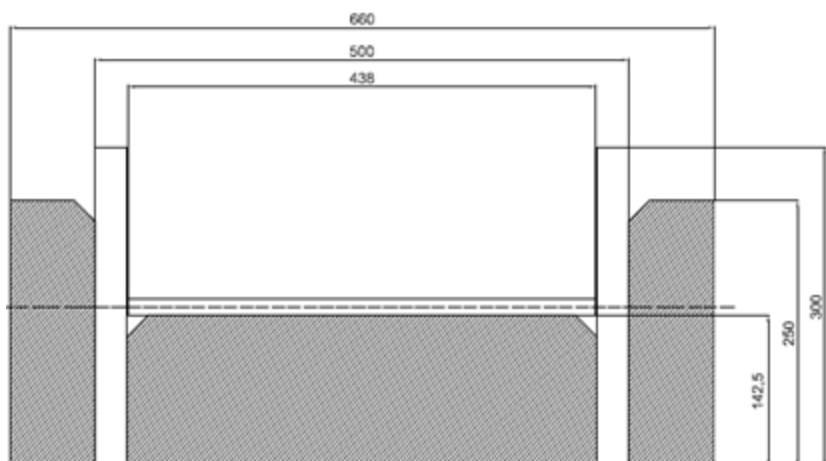
Normeeritud aeg: 2 inimest * 30 min = 1 tund

Detailide tõstmine/laadimine lauale samuti ühtib üksiktootmisega ja peab toimuma kraanaga, kuna elemendid on rasked ja inimjõust selleks ei piisa. Lehtede puhul ei saa kasutada troppe, seega läheb vaja tõstemagnetit, mille abil siis suunatakse detailid õigesse kohta ja asendisse.

Normeeritud aeg: 2 inimest * 10 min = 20 min ~ 0,3 tundi

Kolmas samm on see, mis eristab üksiktootmist seeriatootmisest. Valmistatakse rakis, mis hõlbustab toota järjest mitu keevistala ja kiirendab koostamist. Selleks paigaldatakse toetusribid paksusega 10 mm töölaua peale, mis on näidatud ära Joonisel 3.3 ja sammuks on 1500 mm. Ribisid on kokku 27 tükki.

Normeeritud aeg: rakise paigaldus 2 inimest – 90 min = 3 tundi



Sele 3.3 I-profiili koostamise rakis

Detailide keevituse ettevalmistamine eeldab keevitatava pinna puhtuse tagamist. Šlakk ja rooste tuleb lihvimise abil eemaldada nurklihvijaga.

Normeeritud aeg: $0,023 \text{ t} - 1 \text{ m}; 0,023 * 12 * 4 = 1,1 \text{ tundi}$

Ruumiline koostamine erineb üksiktootmisest, kuna koostamise etapid on erineva, mis on siis tingitud rakise ülesehitusest. Kõigepealt paigaldatakse talavööd vertikaalselt rakisesse, peale mida pannakse nende vahele horisontaalne plaat. Kontrollida tuleb üle ka mõõdud. Kui tolerantsid on tagatud, siis tuleb fikseerida detailid punktkeevitusega mõlemalt poolt.

Vastavalt standardile EN1090-2 peab olema punktkeevituse minimaalne pikkus 50 mm, kus keevise kõrgus on minimaalne a4 ja samm 1000 mm.

Keevitustraadi läbimõõduks on valitud 1,0 mm.

Peale seda tuleb monteerida ajutised toed mille mõõtmed on PL8x50x150 ja sammuga 1500 mm mõlemalt poolt. Teiselt küljelt saab toed panna pärast detaili rakisest välja võtmist.

Normeeritud aeg: $0,20 \text{ t} - 1 \text{ m}; 0,20*12 = 2,4 \text{ tundi}$

Kuna seeriatootmisel on rakise paigaldamiseks kuluvad tunnid ainult esimese puhul, siis jätame need tunnid arvestamata, seega ajakulu ühe 12 meetrise tala koostamiseks kokku on **4,8 tundi**.

1) Üksiktootmine nelikant-keevistalale

Koostamine jaguneb ajalises arvestuses kaheks, kus tuleb arvestada puhastööaegadega ja abiaegadega.

Koostamise tehnoloogia sisaldab:

- Töölaua ette valmistamine
- Detailide laadimine/ladustamine töölaual
- Detailide markeerimine ehk märgistamine
- Detailide keevituse ettevalmistus, juhul kui toorikud ei ole haavel puhastatud
- Ruumiline koostamine ehk detailide paika sättimine
- Punktkeevitamine

Esimene samm on see, et töölaud peab olema puhas ja sirge, mis eeldab pinna puhastamist ja seejärel kontrollimist vesiloodiga või siis mõõtmine nivelliiriga, et tagada tolerants +/- 2 mm.

Normeeritud aeg: $2 \text{ inimest} * 30 \text{ min} = 1 \text{ tund}$

Detailid tuleb asetada töölauale, mida tõstetakse tõstemagnetiga abil, mis on sama põhimõtte nagu I-profiili puhul:

Normeeritud aeg: 2 inimest*15 min = 30 min ~ 0,5 tundi

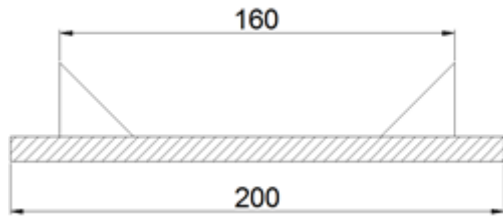
Detailide markeerimine ehk märgistamine teostatakse tahmanööri või märkimisnõelte abil.

Detailidele tehakse jooned talavööde peale.

Normeeritud aeg: markeerimine 0,038 t – 1 m; $0,038 * 12 * 2 = 0,9$ tundi

Tootmise lihtsustamiseks keevitatakse kolmnurgad (Joonis 3.4) PL6 sammuga 1000 mm.

Normeeritud aeg: kolmnurkade paigaldus 0,08 t – 1 paar; $0,08 * 12 * 2 = 1,92$ tundi



Sele 3.4 Kolmnurkade paigaldus

Detailide keevituse ettevalmistamine eeldab keevitatava pinna puhtuse tagamist. Šlakk ja rooste tuleb lihvimise abil eemaldada nurklihvijaga.

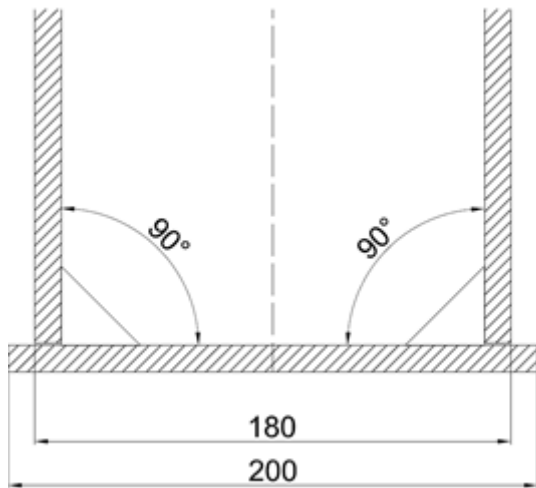
Normeeritud aeg: 0,023 t – 1 m; $0,023 * 12 * 8 = 2,2$ tundi

Ruumilises koostamises alustatakse kahe seina paigaldusest ühe talavöö peale (Joonis 3.5). Seejärel kontrollitakse täisnurgad ja tagatud peab olema 90 kraadi ning seejärel fikseeritakse punktkeevitusega mõlemalt poolt.

Vastavalt standardile EN1090-2 peab olema punktkeevituse minimaalne pikkus 50 mm, kus keevise kõrgus on minimaalne a4 ja samm 1000 mm.

Konstruksiooni toetamiseks lisatakse ajutised toed (PL8x50x150) sammuga 1500 mm, mis toimub siseküljest.

Normeeritud aeg: U-profiili koostamine (normeeritud T-profiili koostamise aeg korrutatud kahega); $0,19 * 2 - 1$ m; $0,19 * 2 * 12 = 4,56$ tundi

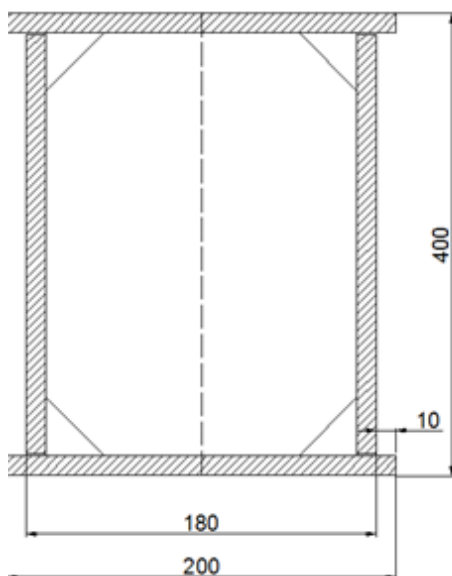


Sele 3.5 Koostatud U-profiil

Järgmisena tuleb koostada U-profiilist nelikanttoru, kus tõstetakse teine talavöö U-profiili peale (Joonis 3.6). Eelnevalt paigaldatakse kolmnurgad, mis on juhikuks, kuna täisnurki hiljem kontrollida enam ei saa. Seega võetakse kontrollmõõduks 10 mm mõlemalt poolt ning kui mõõdud on korrektsed, siis fikseeritakse talavöö punktidega väljast poolt.

Vastavalt standardile EN1090-2 peab olema punktkeevituse minimaalne pikkus 50 mm, kus keevise kõrgus on minimaalne a4 ja samm 1000 mm.

Normeeritud aeg: nelikant-toru koostamine $0,19 \text{ t} - 1 \text{ m}$; $0,19 * 12 = 2,28$ tundi



Sele 3.6 Koostatud nelikant-profiil

Nelikanttala on koostatud ning valmis portaalkeevituse jaoks.

Ajakulu kokku 12 meetrise tala koostamiseks on 13,36 tundi

2) Seeriatootmine nelikant-keevistalale

Seeriatootmise abi-ja puhastööajad:

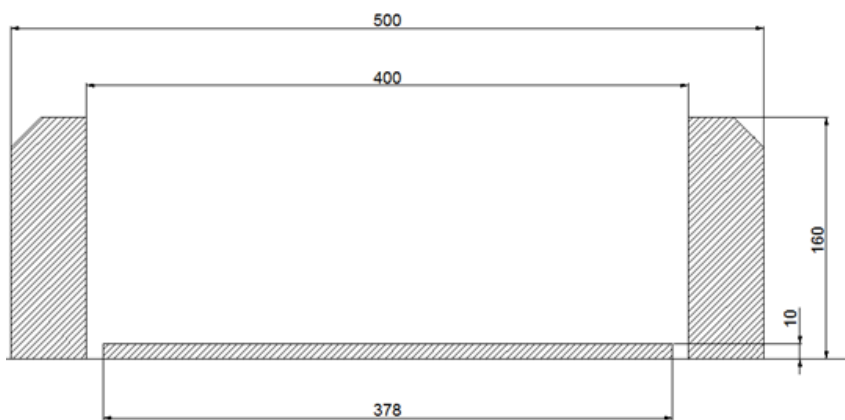
- Töölaua ette valmistamine
- Rakise paika panemine
- Detailide laadimine/ladustamine töölauale
- Detailide keevituse ettevalmistus, juhul kui toorikud ei ole haavel puhastatud
- Ruumiline koostamine ehk detailide paika sättimine
- Punktkeevitamine

Töölaud peab olema puhas ja sirge, mis eeldab pinna puhastamist ja seejärel kontrollimist vesiloodiga või siis mõõtmise nivelliiriga, et tagada tolerants +/- 2 mm.

Normeeritud aeg: 2 inimest * 30 min = 1 tund

Et tootmine oleks efektiivsem, siis valmistatakse rakis, kust me suudame hoida piisavalt aega kokku. Selleks paigaldatakse toetusribid 8-10 mm paksusega töölauale. Sammuga 1000 mm, mida on kokku 26 tükki (Joonis 3.7).

Normeeritud aeg: 2 in – 90 min = 3 tundi



Sele 3.7 Nelikant-profiili koostamise rakis

Detailide laadimine töölauale tõstemagneti abil.

Normeeritud aeg: 2 inimest*15 min = 30 min ~ 0,5 tundi

Detailide markeerimine ehk märgistamine teostatakse tahmanööri või märkimisnõelte abil.

Detailidele tehakse kahed jooned talavööde peale.

Normeeritud aeg: markeerimine 0,038 t – 1m; 0,038 * 12*2 = 0,9 tundi

Tootmise lihtsustamiseks keevitatakse samamoodi kolmnurgad PL6 sammuga 1000 mm nagu üksiktootmise puhul.

Normeeritud aeg: kolmnurkade paigaldus $0,08 \text{ t} - 1 \text{ paar}$; $0,08 \times 12 \times 2 = 1,92 \text{ tundi}$

Detailide keevituse ettevalmistamine eeldab keevitatava pinna puhtuse tagamist. Šlakk ja rooste tuleb lihvimise abil eemaldada nurklihvijaga.

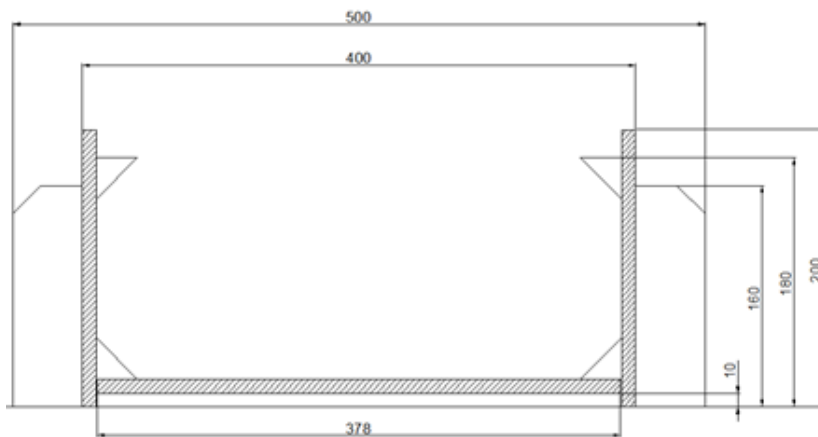
Normeeritud aeg: $0,023 \text{ t} - 1 \text{ m}$; $0,023 * 12 * 8 = 2,2 \text{ tundi}$

Ruumilises koostamises alustatakse tala seina ja talavööde rakisesse panemisega (Joonis 3.8). Täisnurk fikseeritakse nurgikuga ja 90 kraadi saavutamisel fikseeritakse punktkeevitusega seest poolt.

Vastavalt standardile EN1090-2 peab olema punktkeevituse minimaalne pikkus 50 mm, kus keevise kõrgus on minimaalne a4 ja samm 1000 mm.

Konstruksiooni toetamiseks lisatakse ajutised toed (PL8x50x150) sammuga 1500 mm, mis toimub siseküljest.

Normeeritud aeg: U-profiili koostamine $0,20 \text{ t} - 1 \text{ m}$; $0,20 * 12 = 2,4 \text{ tundi}$

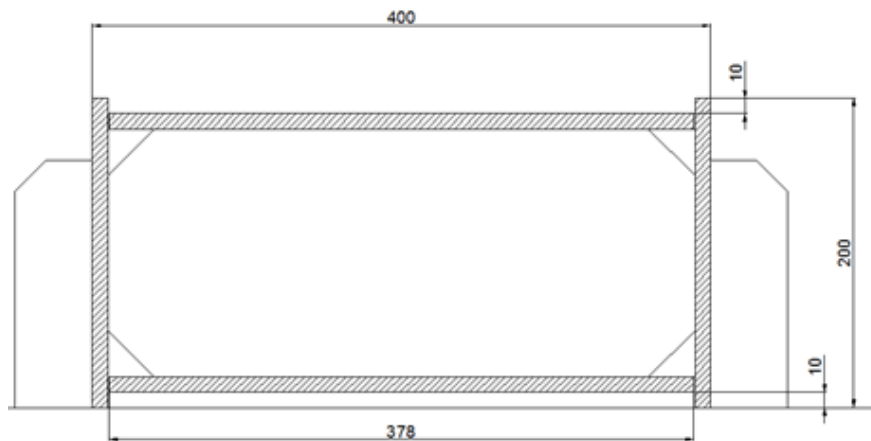


Sele 3.8 Koostatud U-profiil

Kui plaatide kinnitamine on tehtud, siis paigaldatakse teine sein U-profiili peale. Ka siin täisnurka kontrollida ei saa, seega võetakse 10 mm tala mõlemast äärest (Joonis 3.9). Kui mõõdud on tagatud, siis fikseeritakse punktkeevitusega mõlemalt poolt väljast.

Vastavalt standardile EN1090-2 peab olema punktkeevituse minimaalne pikkus 50 mm, kus keevise kõrgus on minimaalne a4 ja samm 1000 mm.

Normeeritud aeg: nelikant-tala rakises koostamine (plaadi paigaldamine) $0,05 \text{ t} - 1 \text{ m}$; $0,1 * 12 = 1,2 \text{ tundi}$



Sele 3.9

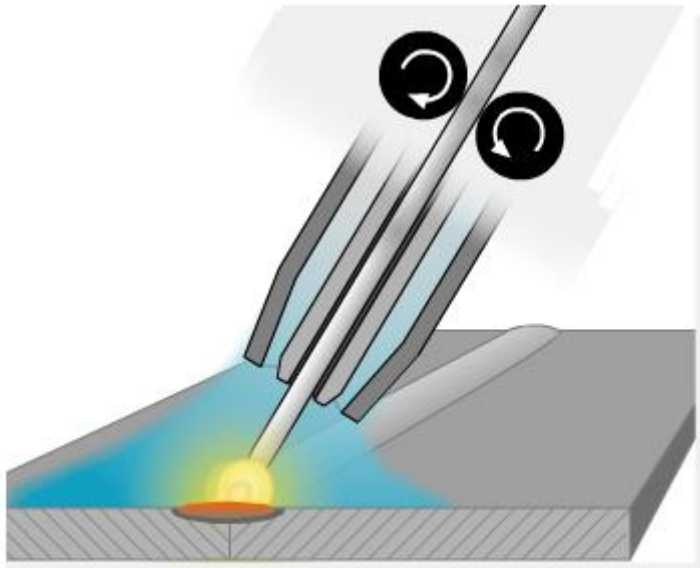
Kuna seeriatootmisel on rakise paigaldamiseks kuluvad tunnid ainult esimese puhul, siis jätame need tunnid arvestamata, seega ajakulu ühe 12 meetrise tala koostamiseks kokku on **10,12 tundi**.

3.4 Tooriku keevitamine ja protseduurid

MIG/MAG keevitus on käsikeevitus ning antud töös on vaja seda koostamisel. Euronormidele vastav tunnusnumber MAG keevitusel on 135 ja MIG keevitusel 131.

MAG keevituses kasutatakse aktiivgaasina süsihappegaasi, CO₂. MIG-MAG agregaat koosneb vooluallikast, traadi etteandemehhanismist, peavoolikust, keevituspõletist ning kaitsegaasiballoonist koos reductori ja voolikuga. Keevitusprotsessi iseloomustab kõrge tootlikus ja hea kvaliteet, kuna puuduvad elektroodi vahetamisest tingitud katkestused ja keevitamisel ei teki räbu. Keevitatavas materjalis on termomõju väiksem kui MMA-l ehk elektroodkeevitusel, seega materjalis on ühtlasi ka väiksemad deformatsioonid, aga suureneb ühtlasi läbikeevituse suurus. Tava ja täidis traadi kasutamine suurendab produktiivsust kuni 80-95 protsenti. MIG/MAG keevitus on üldiselt paindlik protsess, mis võimaldab keevitusmetalli lisada väga palju ja igast asendist. Protsessi kasutatakse õhukeste kuni keskmise paksusega terastöötlustel, kus vajatakse kõrgetasemelist käsitsikeevitust. Täidistraati on hakatud üha enam kasutama ka paksude teraskonstruktsioonide keevitusel [7].

MIG-MAG keevituse puuduseks on see, et seda ei saa kasutada välistingimusest, sest tuul puhub kaitsegaasi minema, mille tõttu keevitusprotsess ei saa toimuda. Samuti on traadi valik väike võrreldes näiteks elektroodide valikuga.



Sele 3.10 MIG-MAG keevitus [8]

Keevitamine sulava elektroodiga, mida nimetatakse MIG/MAG keevituseks – keevitamisel kasutatakse keevitustraati. Kaarleek tekitatakse keevitustraadi ja keevitatava detaili vahele. Keevitustraati antakse etteandemehhanismi abil sulamiskiirusele vastava kiirusega kaarleegi piirkonda. Kaitsegaas võib paikneda eraldi mahutis, kus voolikute abil juhitakse see kaarleegi põlemispiirkonda või paikneda keevitustraadis.

MIG/MAG keevitusel kasutatakse vastupolaarset alalisvoolu st. elektrood on ühendatud vooluallika plussklemmiga ja tagasivoolujuhe miinusklemmiga [8].

Maru Metalli tootmistehases kasutatakse käsikeevituse aparati nimega ESAB Mig4002CW.

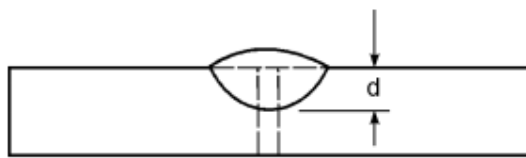
Portaalkeevitus on eurotunnuse järgi tähistatud numbriga 121. See on automaatkeevitus, millel peab olema määratud ära kindel operaator, kes suudab keevituse tööle seadistada. Portaalkeevitusel on väga kõrge tootlikus, kuna pea liikumine toimub automaatselt ja ühtlaselt, seega ei teki ebaühtsust ka kiiruse osas, kuna see on paika seadistatud. Lisaks samamoodi MIG-MAG keevitusele on see protsess ühtlane ja ei pea vahepeal tegema jätkusid. Portaalkeevitusel on lisaks käsikeevitusele veel alati ka ühtlane kaugus detailist.

Portaalkeevise suureks eeliseks on see, et keevitus toimub suuremate ampritega, mille tõttu läbikeevitus on tunduvalt suurem kui käsikeevitusel. See jätab võimaluse keevitada ilma faasi tekitamata.

Portaalkeevituse puudus on see, et sellega saab keevitada ainult lihtsaid elemente ja lineaarset keevist, seega ulatusala on tugevalt piiratud. Lisaks nõuab portaalkeevituseks eraldi operaatori välja õpetamist, mis on 3 korda kallim, kui tavalise keevitaja sertifikaadi tegemine. Portaalkeevituse masin nõuab ka tihedamat ja spetsiifilisemat hooldust [9].

Just portaalkeevist kasutatakse keevistalade kokku keevitamiseks, mis nõuab sujuvat ja ühtlast pikka keevisõmblust, mis omakorda säästab aega ja inimressurssi. Traatelektroodi kasutatakse 1,2 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,0 – 3,2 – 4,0 – 5,0 – 6,0 – 6,3 – 8,0 vastavalt standardile DIN EN 756 [10].

Portaalkeevituse läbikeevitatavus ilma faasideta on 1 mm 100 A peale.



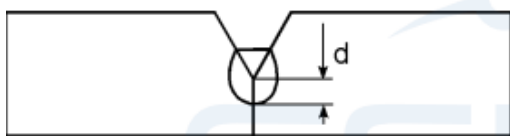
Each 100 A produces approximately 1 mm penetration.

$d \sim 1 \text{ mm}/100 \text{ Amp.}$

example: 500 Amp. produces a 5 mm penetration depth

Sele 3.11 Portaalkeevituse läbikeevitatavus töötlemata detailidele [9]

Portaalkeevituse läbikeevitatavus ette tehtud faasiga on 0,7 mm 100 A peale.



Each 100 A produces approximately 0,7 mm penetration.

$d \sim 0,7 \text{ mm}/100 \text{ Amp.}$

Sele 3.12 Portaalkeevituse läbikeevitatavus töödeldud faasitud detailidele [9]

Maru Metalli tootmistesahes kasutatakse portaalkeevituses kasutatakse aparati nimega ESAB A6 SFE1.

3.4.1 WPQR ja WPS

Vastavalt standardile EN1090-2 peavad olema tootmisel ettevalmistatud alati „Welding Procedure Qualification Record“, mille rahvusvaheline lühend on WPQR ja „Welding Procedure Specification“, mille rahvusvaheline lühend on WPS. WPQR-ga määratakse ära

keevitamise meetodi materjali grupp ja keevituse materjali vastavus standardile. Katsed teostatakse keevitaja poolt, peale mida siis viiakse testitükid laborisse, kus siis teostatakse erinevaid katsetusi, et saada kätte tulemused, mis lubavad või ei luba väljastada WPQRi. WPQRi saab väljastada kolmas osapool või vastav sertifitseeritud asutus. WPQRid saavad olla laiaulatuslikud, ehk siis ühe WPQRiga võib saada keevitada sama keevisliidet erinevatele materjali paksustele või keevis kõrgustele [11].

WPQR on aluseks WPS-i teostamiseks. WPS on detailne ja mõeldud vastavalt kindlale keevitus sõlmele, kus siis on ära määratud olulised parameetrid keevituseks:

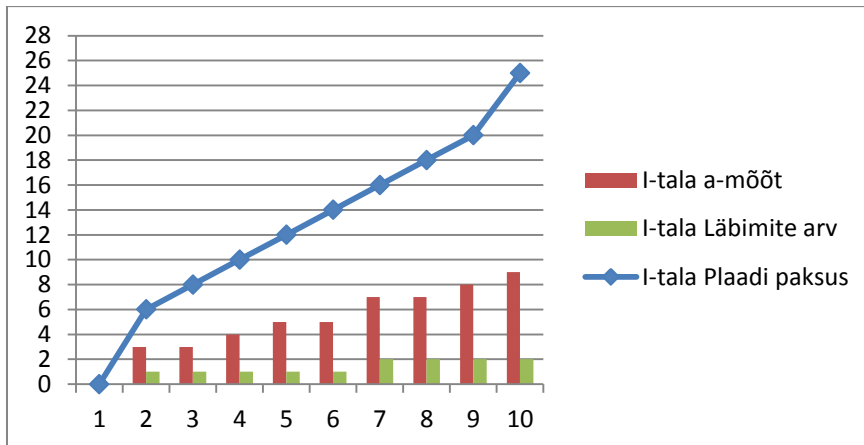
- Keevituse protsess
- Keevitustraadi läbimõõt
- Keevitustraadi tüüp
- Materjali grupp
- Võimsus amprites (A)
- Pinge (V)
- Keevituskiirus
- Materjali paksused
- Läbimite arv
- Materjalide vaheline lõtk
- Läbikeevitus sügavus
- Ettekuumus temperatuur
- Keevituse positsioon

Kõiki neid parameetreid peab jälgima ja keevituse agregaat tuleb paika sättida just WPSil näidatud andmete põhjal. Samuti peab keevitajal, kes detaili hakkab keevitama olema sertifikaat vastavalt materjali grupile, keevituse positsioonile ja keevituse protsessile. Keevitaja sertifikaat peab olema vastavuses WPSiga. Lisaks peab olema kasutatava materjali grupp näidatud ära WPSil. Teisi materjali grupe keevitada ei tohi, kuna seal on tegemist juba hoopis teiste parameetritega. WPSi võib valmistada isik kes on keevitusinsener ja läbinud selleks vastavad koolitused ja saanud tunnistuse ja loa WPS-e valmistada. WPSi valmistamine käib koostöös vastavalt standardile ja WPS ei vaja enam eraldi labori katsetusi [12].

Antud töös on tehtud kaks WPSi I-keevistala keevitamise ja nelikant-keevistala keevitamise jaoks, mis on näidatud Lisas 1 ja Lisas 2.

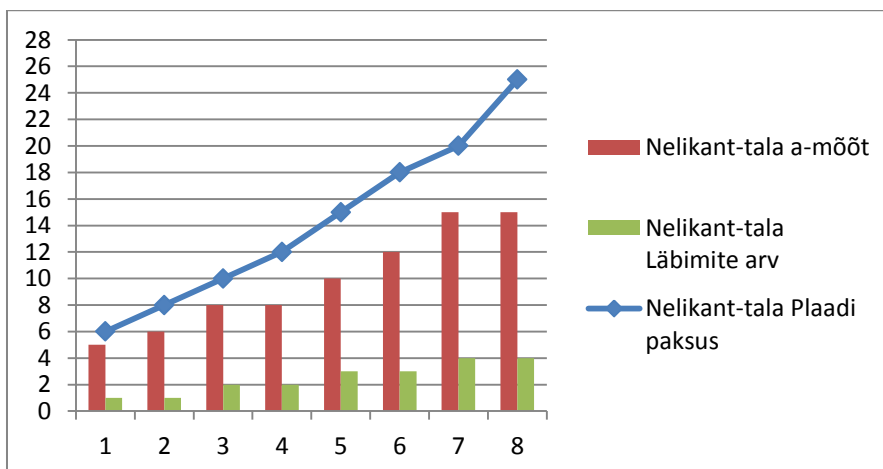
3.4.3 Keevislääbimite arv sõltuvalt materjali paksusest

Keevisekõrgused ja keevislääbimite arv on võetud IS-Plan OY projekteerimise üldpõhimõtete alt, kus siis on määratud ära täpsed materjali paksused, millele siis vastu on seotud kindel keevise kõrgus. Keevitus peab olema sümmeetriline ja kas K-keevitus või V-keevitus. Keevitusklass vaikumisi on vastavalt standardile ISO 5817.



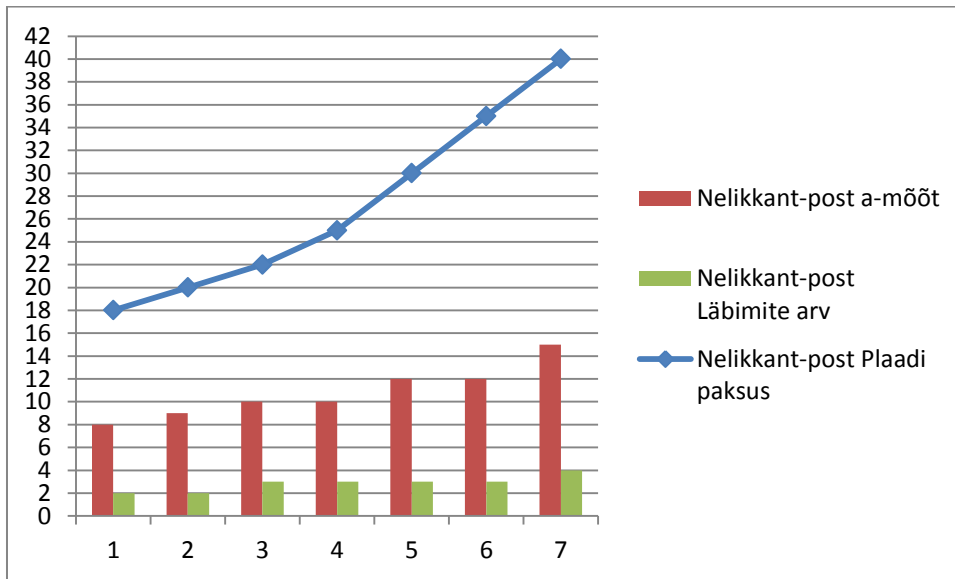
Sele 3.12 Keevise kõrgused I-tala jaoks

Alates paksusest 16 mm tuleb kasutusele teine keevitus läbim, kuna ühe läbimiga teostatakse tavaliselt maksimaalselt a6. Teise läbimi tõttu suureneb automaatselt töömaht. See ei suurene kahe korra, sellepärast, et kahe läbimiga keevitades on vastava läbimi vahekõrgus madalam ning mida madalam on keevituskõrgem, seda kiirem on keevitamise kiirus.



Sele 3.13 Keevise kõrgused nelikant-tala jaoks

Nelikant-tala juures on keevituse a-mõõdud juba oluliselt kõrgemad, mis aga on tingitud sellest, et tegemist on siinkohal ühepoolse nurkõmblusega. Lisaks on võimalus kasutada ka faasiga keevitust, mis aga praktikas on näidanud, et see on lõppkokkuvõttes kõige kulukam, kuna plaadile faaside tegemine on aega nõudev protsess. Küll aga nelikant-tala puhul on I – talast suurim erinevus see, et tuleb keevitada neljast kohast kõrgema keevise kõrgusega, mille tõttu kokkuvõttes kulub ikkagi rohkem tööaega, keevitustraati-ja gaasi, kui I-tala puhul.



Sele 3.14 Keevise kõrgused nelikant-posti jaoks:

Nelikant postid nimetuselt tähendavad seda, et täidavad postifunktsiooni. Nende puhul on kasutatud pakse materjali, mis tegelikult standardprofiilidena enam saada ei olegi. Keevisekõrguse suhe vastavuses materjaliga on parem kui nelikant-tala puhul, kuna keevituskõrgused jäävad samasse piirkonda, aga lihtsalt materjalid on paksemad, mille tõttu on nelikant-postil suurem mass ja ühikhinna põhiseelt müüakse terase toodangut kilohinnaga, mis suudab katta tekkinud kulu kergemini.

3.4.4 Keevitusele kuluv aeg

Erinevad operatsioonid keevitamisel:

- Koostatud tala laadimine portaali lauale
- Portaali ettevalmistamine ja seadistamine vastavalt parameetritele
- Portaaliga keevitamine

- Poolte vahetamine ehk ümberkeeramine
- Portaaliga keevitamine
- Puhastamine

Aja arvutamine käib samadel valitud profiilidel nagu koostamise puhul:

1) WI500-15 x 300x30

Koostatud tala laadimine lauale toimub kraanaga, mida teostab üks mees.

Normeeritud aeg: 30 min * 1 inimene = 0,5 tundi

Portaal tuleb ette valmistada sertifitseeritud operaatori poolt, kus tuleb siis vastavalt WPSile määrata ära parameetrid pinge ja võimsus ning asetada portaali keevituspea õigesse asendisse keevitavate materjalide suhtes.

Normeeritud aeg: 15 min * 1 inimene = 0,25 tundi

Portaaliga keevitamise puhul võtame andmed graafikust Sele 3.12, kus võtame aluseks materjali paksuse 15 mm, millel tuleb rakendada keeviskõrgust $a=6$.

Keevitamisel kuluv aeg on võetud WPSilt (Lisa 2), kus aega kulub 65 cm ühes minutis, seega ühe meetri peale 1,54 minutit:

Keevitada tuleb $(12000 + 12000) * 2 = 48$ meetrit,

kus tuleb teostada üks ümberkeeramine profiilile, kui on keevitatud ära mõlemalt poolt 12 meetrit altpoolt, mida on kokku 24 meetrit. Seega ümberkeeramiseks kuluv normeeritud aeg: 1 inimene*15 min = 15 min ~ 0,25 tundi

Tegemist ühe läbimiga, seega:

48 meetrit * 1 läbim = 48 meetrit jooksvat keevitusmeetrit

Kuluv aeg:

$48 * 1,54 = 273,92$ minutit ~ 1,2 tundi

I-keevistala põhiajad ja abiajad kokku: **2,2 tundi**

2) WB400-10 x x200-10

Koostatud tala laadimine lauale toimub kraanaga, mida teostab üks mees.

Normeeritud aeg: 30 min * 1 inimene = 0,5 tundi

Portaal tuleb ette valmistada sertifitseeritud operaatori poolt, kus tuleb siis vastavalt WPSile määrata ära parameetrid pinge ja võimsus ning asetada portaali keevituspead õigesse asendisse keevitavate materjalide suhtes, mis toimub mõlemalt poolt. See tagab ka selle, et materjali kuumenemine on mõlemalt poolt ühtlane ja tala ei lähe kõveraks.

Normeeritud aeg: $15 \text{ min} * 1 \text{ inimene} = 0,25 \text{ tundi}$

Portaaliga keevitamise puhul võtame andmed graafikust Sele 3.13, kus võtame aluseks materjali paksuse 10 mm, millel tuleb rakendada keeviskõrgust $a=8$.

Keevitamisel kuluv aeg on võetud WPSilt (Lisa 1), kus aega kulub esimese läbimi jaoks 60 cm ühes minutis, seega ühe meetri peale 1,67 minutit ja teise läbimi jaoks 73 cm ühes minutis, seega ühe meetri peale 1,37 minutit.

Keevitada tuleb $(12000 + 12000 + 12000 + 12000) = 48$ meetrit,

kus tuleb teostada üks ümberkeeramine profiilile, kui on keevitatud ära mõlemalt poolt 12 meetrit alt poolt, et kokku 24 meetrit. Seega ümberkeeramiseks kuluv normeeritud aeg: $1 \text{ inimene} * 15 \text{ min} = 15 \text{ min} \sim 0,25 \text{ tundi}$

Siin on tegemist kahe läbimiga, kuna ühe läbimiga pole võimalik saavutada nõutud a mõõtu, seega:

1. läbim: $48 \text{ meetrit} * 1,67 = 80,16 \text{ minutit} \sim 1,3 \text{ tundi}$

2. läbim: $48 \text{ meetrit} * 1,37 = 65,76 \text{ minutit} \sim 1,1 \text{ tundi}$

Kokku läheb keevitamisele kuluv aeg $1,3+1,1= 2,4$ tundi.

Nelikant-keevistala põhiajad ja abiajad kokku: **3,4 tundi**

3.4.5 Keevitustraadi ja gaasi kaudne kulu

Keevitustraate on erinevate läbimõõtudega, aga peamiselt on ehituskonstruksioonide puhul kasutusel 1,0 mm läbimõõduga keevitustraad käsikeevituseks ja portaalkeevitusel 4 mm. Küll aga on portaalkeevitusel suurem valiku võimalus, mis lähtub reeglina materjalide paksusest.

Keemilise koostise järgi jagatakse keevitustraadid järgmiselt:

- Süsiniktraat, mis on mõeldud süsinikteraste keevitamiseks
- Legeeritud traat, mis on mõeldud kroom-molübdeen-vanaadiumteraste keevitamiseks
- Kõrgeltlegeeritud traat, mis on mõeldud kroomteraste keevitamiseks

- Kõrgeltleegeritult traat, mis on mõeldud roostevaba, kuumuskindlate ja tagikindlate kroomnikkelteraste keevitamiseks

Keevitustraadi ja gaasi kaudne kulu näidatakse ära majanduslikus osas, mida üldjuhul ei tehta tootmise eelarvestamisel keevitustraadi kulu arvestust või gaasi ruumala kulu arvestust, kuna need arvestatakse lähtuvalt üldisest koefitsiendist.

3.5 Lõpptöötlus ja sirgestamine

Lõpptöötlus ja sirgestamine võib tekkida juhul, kui on valitud liiga suur võimsus, et tagada läbikuumutus. Sellisel juhul näiteks I-tala puhul kus ääred on vajunud alla tuleb kasutada keskelt soojendamist. See vähendab materjalis pingeid ja saab talavööd tagasi sirgeks. Probleem võib tekkida veel juhul, kui on tegemist liiga ebaproportsionaalsed materjali paksuste suhtega.

I-keevistala WI500-15 x 300x30 puhul on valitud võimsuse ja pinge parameetrid nii, et talavöö kõrveraks ei tõmbaks, seega siia lõpptöötlust ei lisandu.

Nelikant-keevistala WB400-10 x x200-10 puhul kõrveraks tõmbamise probleem puudub, kuna keevitaks neljast eri küljest ühtlaselt ja küljed on omavahel ühendatud, seega pole võimalik taolise painde tekkimisel kuumusel nagu on I-tala puhul.

3.6 Detailide tootmissisene transport

Kuna keevistala toodetakse erinevatest elementidest ning nõutud on kasutada erinevad protseduurid, siis tuleb arvestada ka tehase sisest transporti, kuidas elemendid või asjad liiguvad:

- 1) Ladu -> Ettevalmistus
- 2) Ettevalmistus -> Koostamine
- 3) Koostamine -> Keevitamine

Protsess lõppeb keevitamisega, kuna lõppviimistluse teeb keevitaja ning keevitusest elemendi edasi suunamine on võrdväärne kui standardprofiil suunatakse laost ettevalmistusse või keevitusse.

3.6.1 Tootmissisesel transpordil kuluv aeg

Normeeritud aeg laost ettevalmistusse saab olema kärude peal ja kraanaga tõstmine tööpingile, milleks on:

$$1 \text{ inimene} * 30 \text{ min} = 0,5 \text{ tundi}$$

Normeeritud aeg ettevalmistusest detailide transportimine koostamisse on samamoodi kärude peal, aga kraanaga tõstmise aeg on ära näidatud koostamise aja arvutuses, aga tuleb arvestada juurde vahemaad liikumas ühest tootmisosakonnast teise:

$$1 \text{ inimene} * 20 \text{ min} = 0,3 \text{ tundi}$$

Normeeritud aeg koostamise alast koostatud profiili transportimine keevitusse, kus peab arvestama maha tõstmise aja, aga juurde pole vaja liita peale tõstmise aega, kuna see on juba näidatud ära keevituse aja arvestuse all:

$$1 \text{ inimene} * 20 \text{ min} = 0,3 \text{ tundi}$$

Tehasesiseseks transpordiks kuluv aeg kokku: **1,1 tundi**

3.7 Tootmisele kulunud ajad

Profiil	Operatsioon	Aeg, h
I-keevistala	Detailide lõikamine	0,33
	Servade ümardamine	1,6
	Koostamine	4,8
	Keevitamine	2,2
	Tehasesisene transport	1,1
Nelikant-keevistala	Detailide lõikamine	0,35
	Servade ümardamine	1,6
	Koostamine	10,12
	Keevitamine	3,4
	Tehasesisene transport	1,1

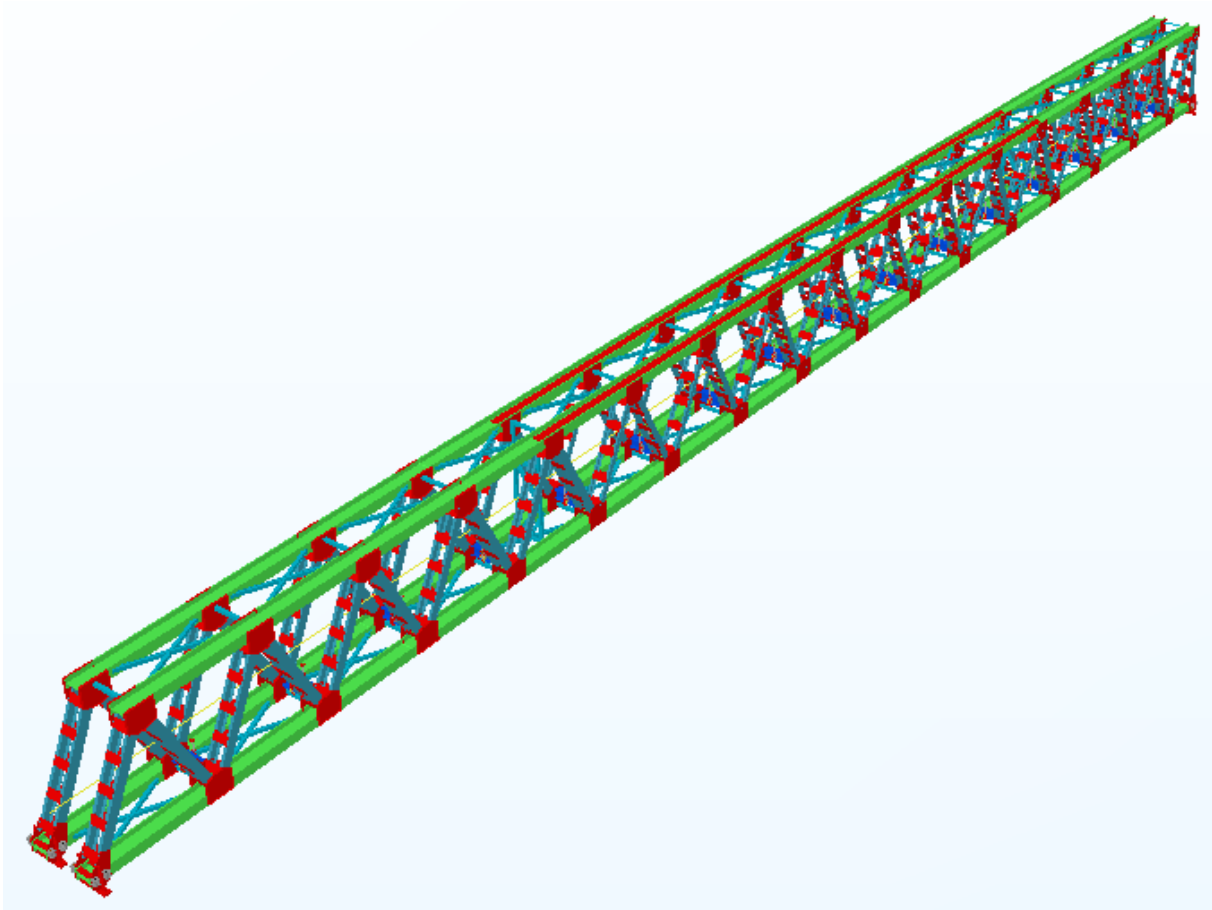
Tabel 3.1 Keevisprofiilide tootmise ajad kokku

4. PROJEKTEERIMINE

Üldiselt on kaks olulist kriteeriumi: kandepiirseisund ja kasutuspiirseisund. Kandepiirseisundis käsitletakse profiili kandevõimet antud koormustele ja kasutuspiirseisundis käsitletakse konstruktsiooni läbipaindeid ja siirdeid.

4.1 Projekteerimistarkvara „Tekla“

Ehituskonstruktsioone enamus suuretevõtted projekteerivad programmiga nimega „TEKLA“. See võimaldab suurepäraselt projekteerida 3D-s erinevaid hooneid, sildu või muid keerulisi ehituslikke konstruktsioone. Tekla võimaldab projekteerida lühikese ajaga väga suuri mahtusid ja lisaks annab projektist alati väga selge ülevaate. Näiteks kui sõlmed on lahendatud ja profiilid sisse projekteeritud on väga lihtsalt välja võimalik võtta materjali list, mille põhjal saab tootmine koheselt ära tellida materjali ja enne seda kui on valminud tootmisjoonised. Lisaks on võimalik enne lõplikke koostööjooniseid anda tootmisele ka detailijoonised plaatide lõikuseks või profiilide saagimiseks. Tekla abil saab genereerida plaatide lõikamiseks dxf. formaadis failid, mille siis ettevalmistuse meister lisab programmi ja sätib need paigutuselt nii, et oleks võimalikult väike materjali jäägikulu. Selle põhjal lõikab siis plasma-või gaasipink välja vajalikud detailid soovitud koguses. Profiilide jaoks genereeritakse Teklast dstv. formaadis failid, mis on mõeldud automaatse saag-puurpingi jaoks, kus pink suudab lõigata mõõtu kuni 12 meetrise tala ja puurida avasid kolmest eri küljest. Tekla hea omadus, mida on võimalik seadistada, on see et kui kuskil on näiteks üks tala läbinud teist ebaloogiliselt, siis viskab see „error“ teate. Lisaks suudab Tekla genereerida erinevaid liste positsioonide nimedega, kaaludega, pikkustega, ruutmeetritega jne. ning isegi poldide spetsifikatsioone. Tekla saab veel lisaks genereerida IFC mudeli tavakasutaja jaoks, näiteks peamiselt projektijuhtide jaoks, kellel on võimalik tasuta vabavara BimSightiga vaadata mudelit ja seda kasutada, kus on näha ära kõik positsioonid, pikkused ja on võimalik neid sorteerida ja peita või märgistada probleemkohti.



Sele 4.1 3D BimSight mudelist

4.2 Profiilide valik

Teklas on ära määratud kõik standardprofiilid, mis on näidatud ära Lisas 1 ja Lisas 2. Seega kui on ette antud lähteülesandes standardiseeritud profiilid, siis on väga lihtne neid profiile valida ja nende pikkusi muuta vastavalt vajadusele. Sama lugu on plaatidega, mis on programmis olemas ja kuna plaate ei kasutada täis lehenähtava kuna, siis fikseeritakse selle paksus, laius ja kõrgus. Kui puudub lähteülesanne, siis tähendab see seda, et tuleb profiile valida hakata vastavalt koormustaluvusele, kus projekteerijale on ette antud jõud, mille põhjal ta saab teha otsuseid profiilide valikus. Siinkohal tuleb teemasse just see, mis võib tihtipeale saada saatuslikuks, et kas valitud profiili asemel oleks saanud teostada hoopis keevistala. Keevistala valikul aga Tekla puhul tuleb projekteerida lehtedest, mis tähendab suuremat ajakulu, kui lihtsalt standardprofiili valik.

Aeg ühe keevisprofiili mudeldamiseks: 1 inimene = 20 minutit ~ 0,3 tundi

Kui keevistalade projekteerimisega tegeletakse igapäevaselt, siis on võimalik programmeerida „Makrosid“, mis seeria projekteerimisel oluliselt kiirendaks protsessi.

4.3 Profiilide koormustaluvus

Profiilide koormustaluvus võib olla tihipeale just see koht, kus on võimalik niiöelda “säästa”, näiteks teostada õhema seinapaksusega keevistala, siis on võimalik vähendada kaalu, mis võib olla siis kasulik, kui projektis on fikseeritud lepinguline hind, sest kui see oleks ühikhinnapõhiselt kaalu järgi, siis kaalu vähendamine ei too kasu. Kaalu vähendamisel on vaja aru saada ka sellest, kas see on piisav rahaline võit, et see kataks keevistala tootmise kulud.

Üldiselt on nelikanttorude väändejäikus suurem, kui I-profiilidel, seega nad taluvad paremini väänet ja pikijõudu (survet). Kui on vaja väga suurt koormust taluvaid poste, siis just tulebki projekteerida WB-post, mis gabariidiliselt on tavaliselt üle 500 mm laiuselt, ja mida ei eksisteeri standardprofiilides. Lisaks WQ talad, kus ühele küljele tuleb lisaplaat, mis siis läheb betooni sisse ja on samuti suure koormustaluvusega ja väga laialt levinud. Kui I-profiilil y ja z ristlõike telgede jäikused erinevad kordades, siis nelikanttorul, kui on tegemist ruutristlõikega on need mõlemas suunas samad, seetõttu töötab nelikanttoru survevardana paremini kui I-profiil. Siduma peab seda aga nõrgemas suunas, et mõlemal teljel oleks võrdsed kandevõimed. I-profiile kasutatakse rohkem konstruktsioonides, kus on tegemist suuremate paindemomentidega ja I-profiilide osakaal talade puhul on suurem kui nelikanttorudel.

Ristlõigete muutmisel nii I-profiili kui nelikantprofiilil kas siis vähenevad või suurenevad erinevad vastupanu jõud. Ristlõigetel on ära määratud kindlaid parameetrid, millest põhilised on näiteks pindala, inertsimomendid erinevate telgede suhtes, vastupanumoment jne. Nende alusel arvutataksegi vastavaid ja nõutavaid kandevõimeid. Kui suurendada või vähendada ühte või teist paksust, siis muutuvad ka need parameetrid vastavalt, kuid nende vahel puudub lineaarne seos.

Keevistala projekteerimise põhiline alus ongi optimaalsete ristlõike parameetrite leidmine vastavalt koormustele.

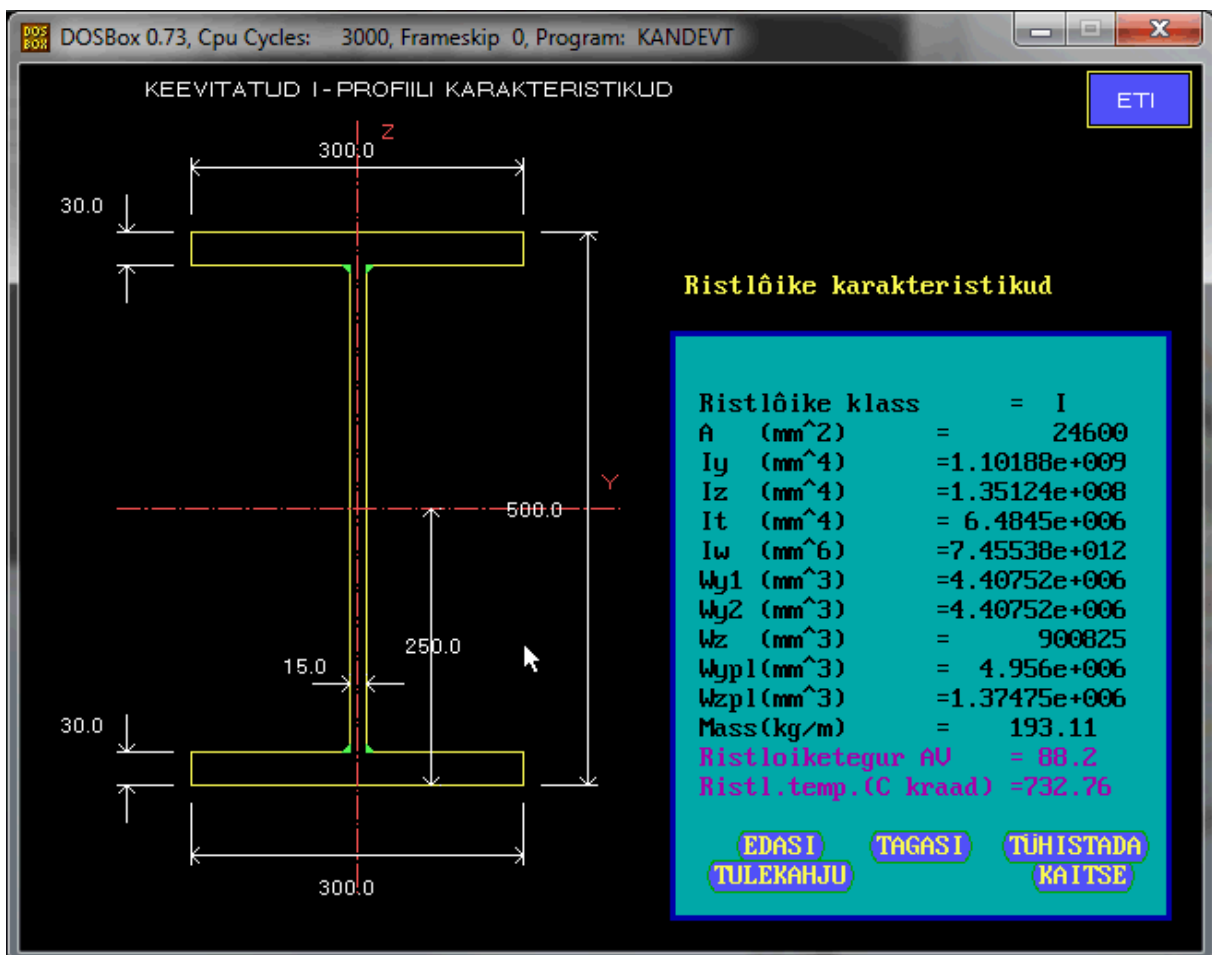
Koormustaluvus muutub ka juhul kui näiteks muuta laiemaks või kitsamaks talavööd. Laiendamisel kindlasti muudab see suuremaks kandevõimet, küll aga saab seda öelda ainult arvutuslikul teel, kuna talavöö muutmine muudab ristlõike parameetreid ja see sõltuvus ei ole lineaarne.

Koormustaluvus on parem ka sõltuvalt materjali margist, näiteks S235 on kõige kehvem, mis kasutatud peamiselt mitte nii koormavate elementide puhul ja vastavalt numbriga kasvamise suunas suureneb ka kandevõime. Parameeter J enam otseselt kandevõimet ei mõjuta vaid pigem annab ette kriteeriumid.

4.4 Ristlõike karakteristikud

Ristlõike karakteristikud on näidatud ära põhilised parameetrid I-keevistala WI500-15 x 300x30 jaoks, kus on suurem inertsimoment z telje suhtes, kui y telje suhtes.

Arvutused on tehtud tarkvara programmiga DOSBox.

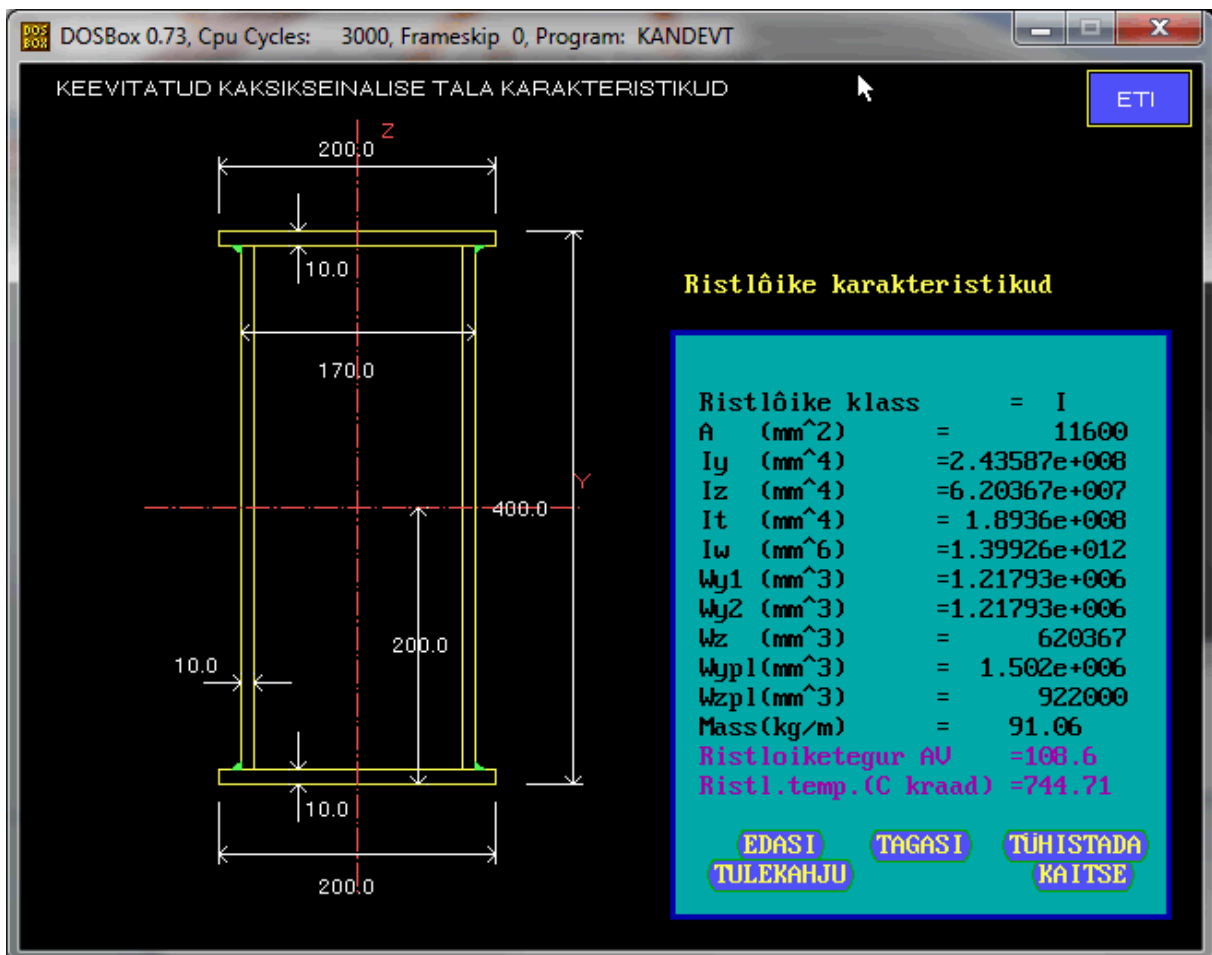


Sele 4.2 Keevitatud I-profiili karakteristikud

Ristlõike karakteristikutes on näidatud ära põhilised parameetrid nelikant-keevistala WB400-10 x x200-10 jaoks, kus siis inertsimoment z telje suhtes on kordades suurem, kui I-profiili

puhul ja suhe y-teljega on samuti suurem. See on tingitud just sellest et tegemist on nelikanttorul neli külge. Nelikanttoru toetuspind on kitsam pind, kus kandevõime on just pikemat külge pidi, mille tõttu on asetatud pikemad lehed ka just kahe väiksema plaadi vahele, kuhu siis teostatakse nurkõmblus.

Arvutused on tehtud tarkvara programmiga DOSBox.



Sele 4.3 Keevitatud kaksikseinalise tala karakteristikud

5. MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED

Majanduslikes arvutustes võetakse kokku standardprofiili maksumus ja keevisprofiili maksumus, mis siis kujuneb projekteerimisest, materjalist, transpordist ja tootmisest. Saadud tulemusi võrreldakse omavahel, mille põhjal saab määrata profiilide hinna erinevusi.

5.1 Materjalide maksumused

Materjalide maksumuse osas tuleb võtta arvesse standardprofiilide maksumusi ja keevisprofiili kuuluvate lehtmaterjalide maksumuse. Materjalide hinnad on võetud AS Maru Metalli materjalide andmebaasist, kust leiab läbi aastate keskmised materjalide hinnad, kuna materjalide hinnad on kõikuvad sõltuvad perioodist ja nõudlusest.

5.1.1 Standardprofiilid

Standardprofiilide materjalide maksumused võivad kõikuda periooditi ning sõltuvad turu üldisest tasemest. Materjalide hinnad on erinevad sõltuvalt edasimüüjast või materjalide tootmisest. Samuti on see kõikuv erinevate riikide vahel. Üldjuhul on Euroopast tellitud materjalid kallimad kui näiteks Ukrainast tellitud materjal. Küll aga järjest rohkem kliendid nõuavad materjale, mis on just Euroopa päritoluga ja vastavad EN standardile ja samuti peab olema kindlasti CE märgistusega. Standardprofiilide hinnad, mis on kasutatud antud töös on võetud läbi aastate ja läbi erinevate ettevõtete keskmise.

Materjali maksumus töös käsitletud profiilidele, mis on vastavuses keevistala mõõtudega:
HEB500 – profiili kaal ühele jooksvale meetrile on 187 kg/jm, mille keskmiseks ühikhinnaks on võetud 788 €/ton.

Kui tala pikkus on 12 meetrit, siis: $12 \text{ m} * 191,2 \text{ kg/jm} = 2292,4 \text{ kg}$

I-standardtala maksumus kokku: $2244 * 0,788 = 1768,2 \text{ €}$

400x200x10 – profiili kaal ühele jooksvale meetrile on 88,4 kg/jm, mille keskmiseks ühikhinnaks on võetud 923 €/ton.

Kui tala pikkus on 12 meetrit, siis: $12 \text{ m} * 88,4 \text{ kg/jm} = 1060,8 \text{ kg}$

Nelikant-standardtala maksumus kokku: $1060,8 * 0,923 = 979,1 \text{ €}$

5.1.2 Keevisprofiilid

Keevisprofiili materjali maksumus kujuneb tellitavatest lehtedest. Keevisprofiili materjalide puhul samuti arvutame materjali hinna lähtuvalt materjali massist. Lehtmaterjal on tunduvalt odavam kilogrammi hind kui profiilidel ja eriti kui seda tellida suures koguses. Küll aga võib olla paksude lehtmaterjalide puhul pikem tarneaeg.

I-keevistala WI500-15 x 300x30 puhul on tegemist kahe lehtmaterjalidega (15 mm ja 30 mm).

$$\text{PL15 mm seina kaal: } 15 \cdot 440 \cdot 12000 \cdot 7,8 / 1000000 = 617,76 \text{ kg}$$

$$\text{PL30 mm kahe vöö kaal: } 30 \cdot 300 \cdot 12000 \cdot 7,8 / 1000 \cdot 2 = 1684,8 \text{ kg}$$

WI500-15 x 300x30 materjali mass kokku 2302,56 kg

$$\text{Ühikhind PL15 jaoks – 568 €/ton}$$

$$\text{Ühikhind PL30 jaoks – 597 €/ton}$$

$$\text{PL15 maksumus: } 617,76 \cdot 0,568 = 350,9 \text{ €}$$

$$\text{PL30 maksumus: } 1684,8 \cdot 0,597 = 1005,8 \text{ €}$$

I-keevistala WI500-15 x 300x30 materjali maksumus kokku on **1356,7 €**.

Nelikant-keevistala WB400-10 x x200-10 puhul on tegemist ühe materjali paksusega, milleks on PL10 mm.

PL10 kaal:

$$-10 \cdot 200 \cdot 12000 \cdot 7,8 / 1000000 \cdot 2 \text{ seina} = 374,4 \text{ kg}$$

$$-10 \cdot 380 \cdot 12000 \cdot 7,8 / 1000000 \cdot 2 \text{ seina} = 711,36 \text{ kg}$$

WB400-10 x x200-10 materjali mass kokku 1085,76 kg

$$\text{Ühikhind PL10 jaoks – 576 €/ton}$$

$$\text{PL10 maksumus: } 1085,76 \cdot 0,576 = 625,4 \text{ €}$$

Nelikant-keevistala WB400-10 x x200-10 materjali maksumus kokku on **625,4 €**.

5.1.3 Profiilide maksumused eripikkustega

Kui tellida 12 meetrise tala asemel 10 meetrine otse tootmistehasest, siis standardprofiili mass HEB500 puhul oleks kokku: $10 \text{ m} \cdot 191,2 \text{ kg/jm} = 1912 \text{ kg}$

Arvestatakse ligikaudu, et kindla pikkusega elemendi tellimine on kallim 5%, seega:

Ühikhind 788 €/kg * 1,05 = 817 €/kg

Hind kokku tuleb 1912*0,817 = **1562,1 €**

Keevistala puhul lehtmaterjali üldiselt kindlatele pikkustele ei telli, aga saaks tellida tehases kes lõikaks mõõtu, kuigi siis oleks tegemist gaasilõike tööga ja ei annaks õiget pilti, seega arvestatakse, et toodetakse 10 meetrine ja jäägid ostetakse tagasi vanaraua hinnaga 250 €/ton. I-keevistala WI500-15 x 300x30 materjali maksumus kokku oli 1356,7 €, seega ja mass kokku 2302,56 kg ;

Jagamine selle meetritega: 2302,56/12 = 191,88 kg/jm

Jäägi mass: 2 meetrit * 191,88 = 383,76 kg

Vanaraua hind: 383,76 kg * 0,250 = 95,94 €

Raisku läinud jäägist saadakse tagasi 95,94 eurot, seega:

10 meetrise I-keevistala materjali maksumus 1356,7-95,94 = **1260,76 €**

Kui tellida 12 meetrise tala asemel 10 meetrine otse tootmistehasest, siis standardprofiili mass nelikant-tala puhul oleks kokku: 10 m*88,4 kg/jm = 884 kg

Arvestatakse ligikaudu, et kindla pikkusega elemendi tellimine on kallim 5%, seega:

Ühikhind 923 €/kg * 1,05 = 969 €/kg

Hind kokku tuleb 884*0,969 = **856,6 €**

Nelikant-keevistala puhul lehtmaterjali üldiselt kindlatele pikkustele ei telli, aga saaks tellida tehases, kes lõikaks mõõtu, kuigi siis oleks tegemist gaasilõike tööga ja see ei annaks õiget pilti, seega arvestatakse, et toodetakse 10 meetrine ja jäägid ostetakse tagasi vanaraua hinnaga 250 €/ton.

Nelikant-keevistala WB400-10 x x200-1 materjali maksumus kokku oli 625,4 €, seega ja mass kokku 1085,76 kg;

Jagamine selle meetritega: 1085,76/12 = 90,48 kg/jm

Jäägi mass: 2 meetrit * 90,48 = 180,96 kg

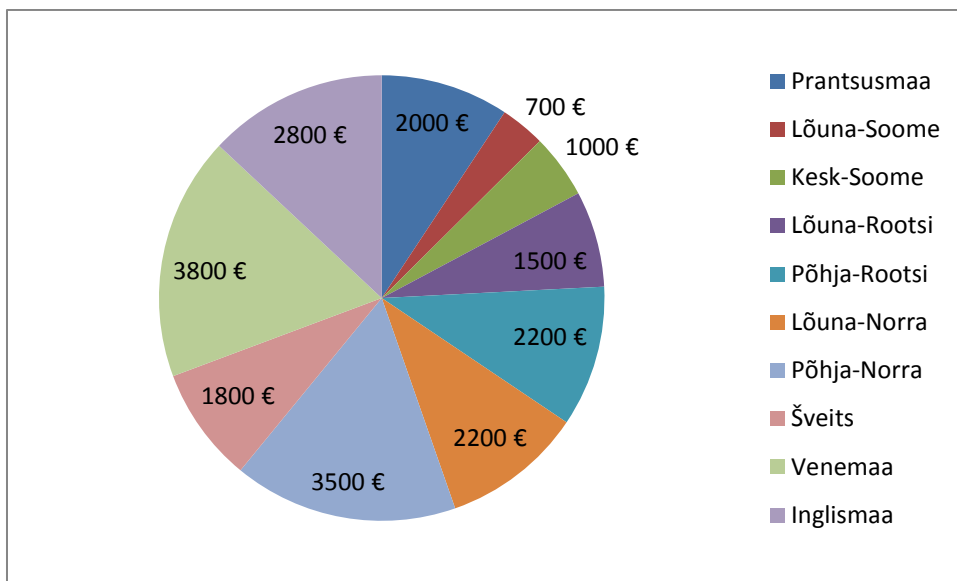
Vanaraua hind: 180,96 kg * 0,250 = 45,24 €

Raisku läinud jäägist saadakse tagasi 45,24 eurot, seega:

10 meetrise nelikant-keevistala materjali maksumus 625,4-45,24 = **580,16 €**

5.2 Transpordi maksumused erinevatest Riikidest

Kui Eestis parasjagu puudub mõni profiil ehk kas on laost otsa saanud või pole sisse toodud, siis tuleb tellida materjale Euroopast. Samuti, kui tellitakse eripikkusega materjali, siis tuleb kalkuleerida juurde ka transpordi maksumus. Transpordimaksumus käib koormapõhiselt, kus üks standard veoauto mahutab 24,5 tonni materjali normide järgi. Seega tuleb koorma hind jagada mahuga, et saaksime ühikhinna lisada materjali maksumusele juurde.



Sele 5.1 Transpordi hinnad erinevatest riikidest

Kõikide riikide peale keskmine koorma hind tuleb 2150 €.

Kui on vaja teostada transport Euroopast eripikkusega materjalide tellimiseks, siis:

$$2150 \text{ €} / 24500 \text{ kg} = 0,08 \text{ €/kg}$$

HEB500 mass on (10 meetrit) 1912 kg, siis:

$$1912 * 0,08 = 152,96 \text{ €}$$

Euroopast tellitud ühe 10 meetrise HEB500 materjali hinnale lisandub veel **152,96 €**

400x200x10 nelikant toru mass on (10 meetrit) 884 kg, siis:

$$884 * 0,08 = 70,72 \text{ €}$$

Euroopast tellitud ühe 10 meetrise nelikant toru 400x200x10 materjali hinnale lisandub veel **70,72 €**

5.3 Keevistala tootmise maksumus

Kui räägitakse keevistala tootmise maksumusest, siis võetakse aluseks kulunud tööaeg, mis on läinud keevistala valmistamiseks. Keevistala peab olema saavutanud võrdväärse tulemuse nagu on standardprofiilid, kuna järgmises etapis jätkub protsess nii nagu alati tootmises, ehk järgmiste detailide lisamine profiilile.

Keevistala tootmise tunnid on välja arvatud I-keevistala ja nelikant-keevistala jaoks.

I-keevistala WI500-15 x 300x30 tootmisel on võetud arvesse viie etapi tunnid:

- Gaasilõikus kokku 0,33 tundi
- Servade ümardus kokku 1,6 tundi
- Koostamine kokku 4,8 tundi
- Keevitamine kokku 2,2 tundi
- Tehasesisene transport kokku 1,1 tundi

Kokku tunde I-keevistala valmistamise jaoks seeriatootmise põhimõttel kulub **10,03 tundi**.

Nelikant-keevistala WB400-10 x x200-10 tootmisel on arvesse võetud viie etapi tunnid:

- Gaasilõikus kokku 0,35 tundi
- Servade ümardus kokku 1,6 tundi
- Koostamine kokku 10,12 tundi
- Keevitamine kokku 3,4 tundi
- Tehasesisene transport kokku 1,1 tundi

Kokku tunde nelikant-keevistala valmistamise jaoks seeriatootmise põhimõttel kulub **16,57 tundi**.

Keevistala tootmisel võetakse arvesse palju teisigi kulusid, mis on seotud tootmisprotsessiga. Näiteks keevitustraadi ja gaasi kulu, aga kuna seda kulub pidevalt, siis ei ole seda mõtet eraldi eel arvestada. Tootmispinna rent või seadmete rent, samuti vesi-ja kanalisatsioon, elekter jne kuuluvad üldkuludesse, lisaks turustuskulud, juhtimiskulud ja muud üldkulud. Lihtrakise valmistamine kuulub üldkulude alla, kuna tootmine peab lihtsustama tootmist, kui võimalik. Kõik üldkulud, töömeeste ja juhtivate isikute palgad on arvestatud välja ettevõtte siseselt ning Maru Metalli raamatupidamisest võttes on selleks tunni hinnaks keskmiselt 30 €/tund, mis on siis omahind. Seega saadud tootmisele kulunud tunnid tulebki arveldada läbi tunnihinde.

Maksumused kokku:

I-keevistala WI500-15 x 300x30 jaoks tootmise maksumus kokku: $10,03 \text{ h} * 30 \text{ €/h} = \mathbf{300,9 \text{ €}}$

Nelikant-keevistala WB400-10 x x200-10 jaoks tootmise maksumus kokku: $16,57 \text{ h} * 30 \text{ €/h} = \mathbf{497,1 \text{ €}}$

I-profiili ja keevisprofiili tootmise maksumus 10 meetrise profiili puhul:

I-keevistala WI500-15 x 300x30:

-Gaasilõikus kokku 0,33 tundi /12 = 0,0275; $0,0275 * 10 = 0,275$ tundi

-Servade ümardus kokku 1,6 tundi/12 = 0,13; $0,13 * 10 = 1,3$ tundi

-Koostamine kokku 4,8 tundi/12 = 0,4; $0,4 * 10 = 4$ tundi

-Keevitamine kokku 2,2 tundi/12 = 0,18; $0,18 * 10 = 1,8$ tundi

-Tehasesisene transport kokku 1,1 tundi = 1,1 tundi, kuna kahe meetri pikkuse vähendamine tehasesisese transpordi aega ei vähenda

10 meetrise WI500-15 x 300x30 valmistamise jaoks kulub kokku **8,5 tundi**.

Nelikant-keevistala WB400-10 x x200-10:

-Gaasilõikus kokku 0,35 tundi/12 = 0,029; $0,029 * 10 = 0,29$ tundi

-Servade ümardus kokku 1,6 tundi/12 = 0,13; $0,13 * 10 = 1,3$ tundi

-Koostamine kokku 10,12 tundi/12 = 0,84; $0,84 * 10 = 8,4$ tundi

-Keevitamine kokku 3,4 tundi/12 = 0,28; $0,28 * 10 = 2,8$ tundi

-Tehasesisene transport kokku 1,1 tundi = 1,1 tundi, kuna kahe meetri pikkuse vähendamine tehasesisese transpordi aega ei vähenda

10 meetrise WB400-10 x x200-10 valmistamise jaoks kulub kokku **13,9 tundi**.

Maksumused kokku:

10 meetrise WI500-15 x 300x30 maksumus kokku on $8,5 * 30 = \mathbf{255 \text{ €}}$

10 meetrise WB400-10 x x200-10 maksumus kokku on $13,9 * 30 = \mathbf{416 \text{ €}}$

5.4 Projekteerimise maksumus inimesel

Projekteerimise tunnid on võetud kogemuse põhiselt Maru Metall AS projekteerimisosakonnast, kus kulub ühe keevistala projekteerimiseks ühel inimesel 20 minutit. Samamoodi nagu tootmise puhul arvestatakse projekteerimises tunnipõhist

ühikhinda, kuhu on sisse arvestatud projekteerimistarkvara kulud, turustuskulud, palgad jms. Omahind on raamatupidamisest võetud, milleks on 24 €/tunnis.

Ühe keevistala projekteerimise maksumuseks kokku kujuneb: 0,3 tundi * 24 €/h = **7,2 €**

5.5 Valmis keevisprofiili ja standardprofiili hinnad

I-profiilid

Valmis standardprofiili hind kujuneb standardpikkuse puhul ainult materjali hinnast. Ühe 12 meetrise HEB500 hind kokku on **1768,2 €**.

I-keevisprofiili WI500-15 x 300x30 hind kujuneb standardpikkuse puhul:

-Lehtmaterjali hind kokku 1356,7 €

-Tootmise hind kokku 300,9 €

-Projekteerimise hind kokku 7,2 €

WI500-15 x 300x30 valmistamise hind kokku on **1664,8 €**.

Valmis standardprofiili hind eripikkusega kujuneb: materjali hind + transport:

-Profiilmaterjali hind kokku 1562,1 €

-Transpordi hind kokku 152,96

Ühe 10 meetrise HEB500 hind kokku on **1715,06 €**.

I-keevisprofiili WI500-15 x 300x30 hind kujuneb 10 meetri korral:

-Lehtmaterjali hind – jääkmaterjal kokku 1260,76 €

-Tootmise hind kokku 255 €

-Projekteerimine 7,2 €

Ühe 10 meetrise WI500-15 x 300x30 hind kokku on **1522,96 €**

Nelikant-profiilid

Valmis standardprofiili hind kujuneb standardpikkuse puhul ainult materjali hinnast. Ühe 12 meetrise nelikanttoru 400x200x10 hind kokku on **979,1 €**.

Nelikant-keevisprofiili WB400-10 x x200-10 hind kujuneb standardpikkuse puhul:

-Lehtmaterjali hind kokku 625,4 €

-Tootmise hind kokku 497,1 €

-Projekteerimise hind kokku 7,2 €

WB400-10 x x200-10 valmistamise hind kokku on **1129,7 €**.

Valmis standardprofiili hind eripikkusega kujuneb: materjali hind + transport:

-Profiilmaterjali hind kokku 856,6 €

-Transpordi hind kokku 70,72 €

Ühe 10 meetrise nelikanttoru 400x200x10 hind kokku on **927,32 €**.

Nelikant-keevisprofiili WB400-10 x x200-10 hind kujuneb 10 meetri korral:

- Lehtmaterjali hind – jääkmaterjal kokku 580,16 €

-Tootmise hind kokku 416 €

-Projekteerimine 7,2 €

Ühe 10 meetrise WB400-10 x x200-10 hind kokku on **1003,36 €**

Profiil	Pikkus	Osa	Hind, €
I-standardprofiil	12 meetrit	Materjal	1768,2
Nelikant-standardprofiil		Materjal	979,1
I-keevistala	12 meetrit	Materjal	1356,7
Nelikant-keevistala		Materjal	625,4
I-keevistala		Tootmine	300,9
Nelikant-keevistala		Tootmine	497,1
Keevisprofiil		Projekteerimine	7,2
I-standardprofiil	10 meetrit	Materjal	1562,1
Nelikant-standardprofiil		Materjal	856,6
I-standardprofiil		Transport	152,96
Nelikant-standardprofiil		Transport	70,72
I-keevistala	10 meetrit	Materjal	1260,76
Nelikant-keevistala		Materjal	580,16
I-keevistala		Tootmine	255
Nelikant-keevistala		Tootmine	416
Keevisprofiil		Projekteerimine	7,2

Tabel 5.1 Maksumused

5.6 Tulemus

- 1) Sarnaste I-profiilide puhul tuleb keevistala tootmine odavam standardprofiilist **103,4 €**
- 2) Sarnaste I-profiilide puhul, kus on tegemist eripikkusega 10 meetriga tuleb keevistala tootmine odavam standardprofiilist **192,1 €**
- 3) Sarnaste nelikant-profiilide puhul tuleb standardprofiili tellimine odavam **150,6 €** võrra kui toota keevisprofiili.
- 4) Sarnaste nelikant-profiilide puhul, kus on tegemist eripikkusega 10 meetrit, siis tuleb standardprofiili tellimine Euroopast õige pikkusega odavam **76,04 €**, kui valmistada keevisprofiil.

I-standardprofiil	I-keevistala	Vahe
1768 €	1665 €	-103 €
Nelikant-standardprofiil	Nelikant-keevistala	Vahe
979 €	1130 €	151 €

Tabel 5.2 Profiilide maksumuse võrdlus kokku (12 meetrit)

I-standardprofiil	I-keevistala	Vahe
1715 €	1523 €	-192 €
Nelikant-standardprofiil	Nelikant-keevistala	Vahe
927 €	1003 €	76 €

Tabel 5.3 Profiilide maksumuse võrdlus kokku (10 meetrit)

Üldiselt

- I-profiilide puhul antud töös jäävad rahalises mõttes kasulikumaks keevistala tootmine, mis on siis tingitud sellest, et HEB500 on raske profiil ja kilo hind on kõrge, seega suurem kui HEB500 profiil tasub kaaluda keevisprofiili tootmist.
- Kuna hinna vahe on väike, siis alla HEB500 on mõistlik siiski kasutada standardprofiile ja just nimelt sellepärast, et ajagraafikut jälgides ei oleks võimalik väikseid profile keevistalana toota.
- Raskesti saadavate ja kõrgete ühikhinnaga I-profiilide puhul tasub valida keevistala tootmine.
- I-profiilide puhul suurendab hinnavahet eripikkustega profiilide tellimine, kuna 5% on piisav, et teeb hinna kõrgemaks, ehk keevistala puhul kuluv jääk on väiksema kahjuga.

See tasub ära siis, kui on tegemist suure kogusega ja on võimalik materjali müüjatega vähendada hinnakasvu protsenti.

- Nelikant-profiilide puhul jäävad antud töös rahalises mõttes kasulikumaks standardprofiili tellimine, mis on tingitud keerukamast koostamisest ja tuleb teostada ka rohkem keevitust, kuna keevitus on ühepoolne ning ei piisa ühest läbimist.
- Nelikant-profiilide hinnavahe eripikkuste tellimise puhul võrreldes standardprofiili puhul küll väheneb, aga siiski siinkohal on mõistlik tellida standardprofiile otse tehasest vastavale pikkusele, kui tekib vajadus, mis on ka tavaliselt suurte koguste puhul ja kui jääb järgi liiga palju profiili
- Üldiselt nelikant-keevistala kasutamine on vajalik siis, kui on vaja taluda suuri koormusi või kui antud profiili standardprofiilina enam ei eksisteeri
- Nelikant-keevisposti kasutamine on kindlasti ainult suure mõõdulised, seega siin peab seda kasutama, sama on ka HQ-taladega.
- Kui nelikant-profiili esineb kataloogis ja selle tarneaeg on ajagraafiku jaoks sobilik, siis tasub valida nelikant standardprofiil.
- Kui projektis on tegemist lepingulise lukustatud lõpphinnaga ning täistöövõtus teostatakse koos projekteerimisega, siis tasub projekteerimise faasis valida ka I-keevistalad, kus näiteks pole rakendatud väga suured jõud ja on võimalik kaalu näiteks sein kitsaks muutmise vähendada. See tingiks kokkuvõttes selle, et mass väheneks, mille arvelt väheneb ka töömaht, aga projektile mõeldud tulu on sama, seega on see kindlasti ettevõttele kasumlik.
- Projekteerimise faasis olev kulu on minimaalne võrreldes tootmises tekkivate kuludega, seega tasub analüüsida juba projekteerimise faasis hoolikamalt profiilide valikut, eriti kui on tegemist ühes ettevõttes projekteerimise + tootmisega.
- Keevistalad tuleb projekteerida nii, et oleks sarnaseid ja mitte üks, sellepärast, et keevistala tootmine tasub ära, kui seda teha seeriatootmise põhimõttel ja rakises

KOKKUVÕTE

Lõputöö teema on idee leidnud AS Maru Metallis töötades, kus eesmärgi saavutamiseks on ära analüüsitud erinevad punktid tingitud materjalidest, tootmisest ja projekteerimisest. Antud teemas oli vajalik aru saada, milliseid profiile on soovituslik tootmise juures kasutada ja mida on võimalik välja valida juba projekteerimise faasis. Töös analüüsiti standardseid ja keevitatavaid I-profiile ja nelikant-profiile, mis siis on kandvateks elementideks erinevates ehitistes. Analüüs on tehtud lähtudes Euroopa standardist EN 1090:2009/AC:2010 ja AS Maru Metalli võimalustest ja tingimustest.

Standardprofiilide osas on lõpptulemus teada, kuna see hind on võrdne materjali müügihinnaga, mis aga on muutuv sõltuvalt profiilist ja perioodist. Töös on ära analüüsitud ka profiilide saadavused ja tarneaegadest lähtuvad probleemid. Keevisprofiilide puhul oli vaja arvutada lisaks tootmisele kuluv aeg, mille kaudu omakorda sai leida tootmisele tekkiva kulu.

Keevisprofiili analüüsimine andis erinevad tulemused, kus keevitatud I-tala tootmine on odavam kui standardprofiil, aga keevitatud nelikant-tala tootmine kallim, kui standardprofiil. I-standardprofiili ja I-keevistala tootmise hinnavahe pole kuigi suur, seega töös välja toodud profiilist HEB500 alla poole jäävad suurused tuleb valida standardprofiilina, kuna neil on kiire tarneaeg. Suuremaid profiile võib toota I-keevistalana, kuna standardprofiili tarneaeg kujuneb pikemaks ja suureneb ühikhind kilogrammi suhtes.

Keevitatud nelikant-profiil on kallim kui standardprofiil, mis on tingitud sellest, et koostamiseks kulub rohkem aega ja keevitust ei ole võimalik teostada kahelt poolt, mille tõttu ka näiteks 10 mm lehtmaterjali puhul ei piisa ühest keevislõbimisest ja keevitusele kulub rohkem aega. Keevitatud nelikant-profiili tuleb kasutada siis, kui tala või post peab võtma vastu suuri jõude ning neid profiile standardprofiilina ei eksisteeri. Keevistala projekteerimisel kulub samuti aega, aga kui see muudab tootmist efektiivsemaks, siis projekteerimisel tekkiv kulu on selle kõrval minimaalne.

Töös saadud tulemus andis võrdluse I-profiili ja nelikant-profiili puhul ning ligilähedased piirid standardprofiili või keevisprofiili valimisel projekteerimise faasis, kus tuleviku projektides saab saadud analüüsist ja andmetest lähtuda.

SUMMARY

The subject of the final paper was chosen while working for AS Maru Metall. In order to achieve the objective of the research the author analyzed different issues in relation to materials, process of manufacture and design. The author wanted to study what profiles should be recommended for use in production and which ones can be already chosen in the stage of design. In this study standard and welded L-profiles and rectangle profiles were analyzed, used in different structures as load-bearing members. The analysis was performed on the basis of the European standard EN 1090:2009/AC:2010 and the opportunities and conditions of AS Maru Metall.

Generally, for standard profiles, the final result is known since their price equals to sales price of the material, which varies depending on profiles and time periods. The author also analyzed availability of profiles and problems in regard with time of delivery. As for welded profiles, it was also necessary to calculate time required for production of profiles, which, in turn, helped estimate production costs.

The analysis of welded profiles provided different results: production of welded L-beam is cheaper than using standard profile while production of rectangular beam is more expensive than standard profile. However, difference in prices of standard L-profile and welded L-beam is not significant, so the examples of profiles in sizes below HEB500, given in this work, should be chosen as standard profiles since they feature fast time of delivery. Bigger profiles can be manufactured as the time of standard profile delivery of welded L-beams is longer and price per piece to kilogram grows.

Rectangular welded profiles are more expensive than standard profiles due to the fact that their assembly is more time-consuming and no welding is possible from two sides, that is why e.g., for 10 mm sheet metal one weld pass is not enough and welding requires more time. Rectangular welded profiles should be used when beam or pillar must bear large tensile loads and no such standard profiles are available. Design of welded profiles is also time-consuming, but in case it can make production more effective, the cost of design can be considered as minimal.

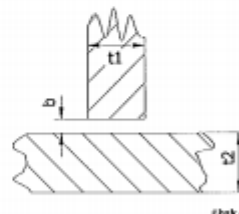
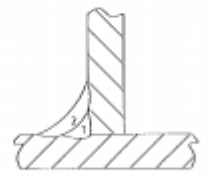
The research provided the comparison between L-profile and rectangular profile and the approximate limits in choice between standard profile and welded profile in the stage of design, so the results of the analysis and data received can be used as a basis for future projects.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] „AS Maru Metall“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://maru.ee/ee/maru-metall/ettevottest/tutvustus> [Kasutatud 1. Märts 2014].
- [2] „AS Frelok“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: http://www.frelok.ee/products_est.pdf [Kasutatud 8. Märts 2014].
- [3] Eesti Standardikeskus EVS-EN 10025-1:2006. Konstruksiooniterasest kuumvaltsitud tooted: Osa 1: Üldised tehnilised tingimused, 2006. [Kasutatud 8. Märts 2014]
- [4] „Tehnilise järelevalve amet“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://www.ohutus.ee/index.php?id=10781> [Kasutatud 9. Märts 2014]
- [5] „Tehnilise järelevalve amet“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://www.ohutus.ee/index.php?id=10824> [Kasutatud 9. Märts 2014]
- [6] Eesti Standardikeskus EVS-EN ISO 3834-2:2006. Keevituse kvaliteedinõuded metallide sulakeevitus. Osa 2: Laialdased kvaliteedinõuded, 2006. [Kasutatud 22. Märts 2014]
- [7] „Tallinna Tehnikakõrgkool“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://eprints.ttk.ee/176/2/17939695964fdf213359f44/mig-mag-keevitusprotsessi-kirjeldus.html> [Kasutatud 4. Aprill 2014].
- [8] „ESAB“ [Võrgumaterjal]. Saadaval <http://www.esab.ee/ee/ee/education/processes-mig-gmaw.cfm> [Kasutatud 4. Aprill 2014].
- [9] The Welding Engineer's Current Knowledge Edition 2010, inglise keelne materjal.
- [10] Keevitaja käsiraamat. Kirjastus „Valgus“. Tallinn 1971
- [11] „Project Inspection Engineering“ [Võrgumaterjal]. http://www.pgmgozetim.com/en/nm-Welding_Procedure_Qualification_Record_WPQR-cp-21 [Kasutatud 12. Aprill 2014]
- [12] „Project Inspection Engineering“ [Võrgumaterjal]. http://www.pgmgozetim.com/en/nm-Welding_Procedure_Specification_WPS-cp-87 [Kasutatud 12. Aprill 2014]

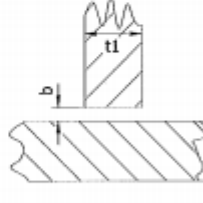
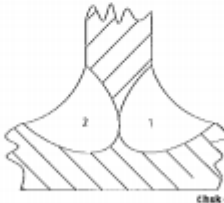
LISAD

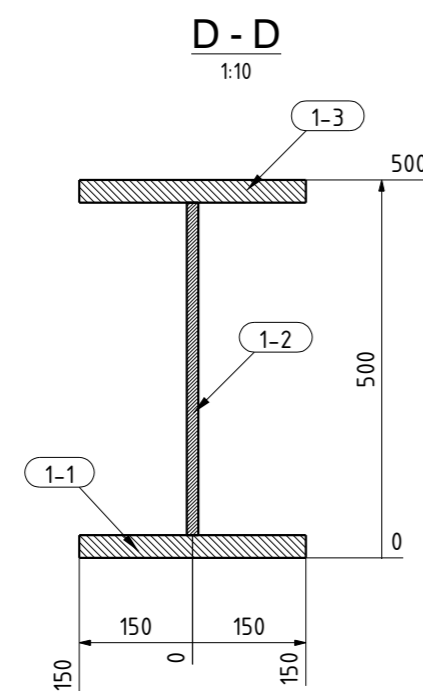
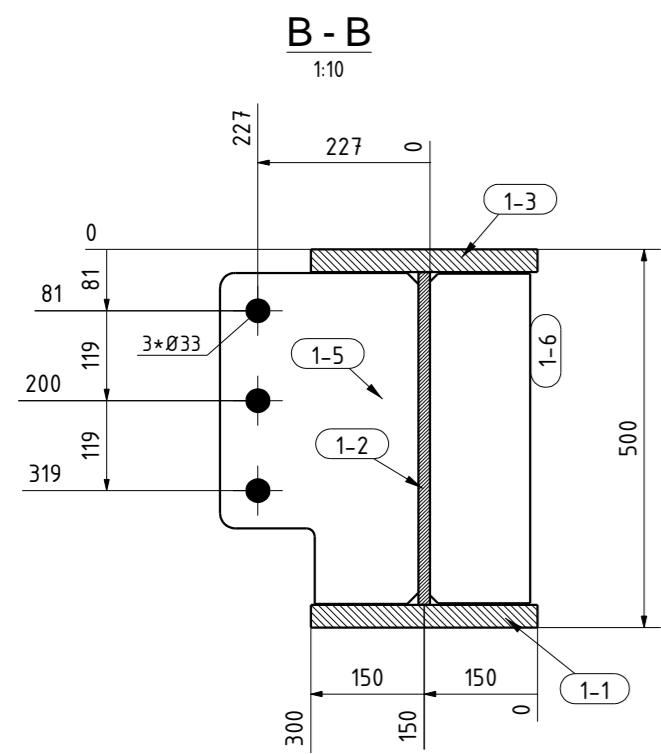
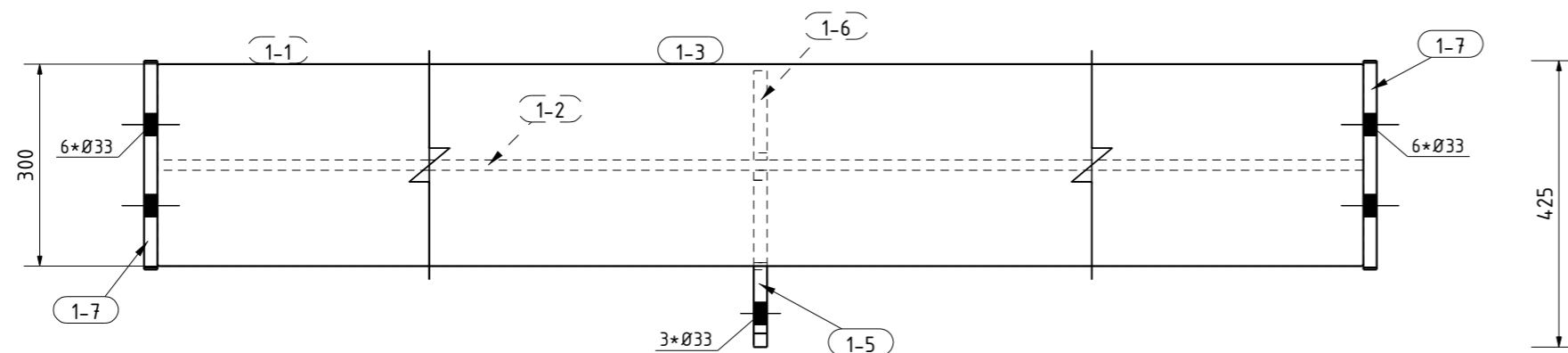
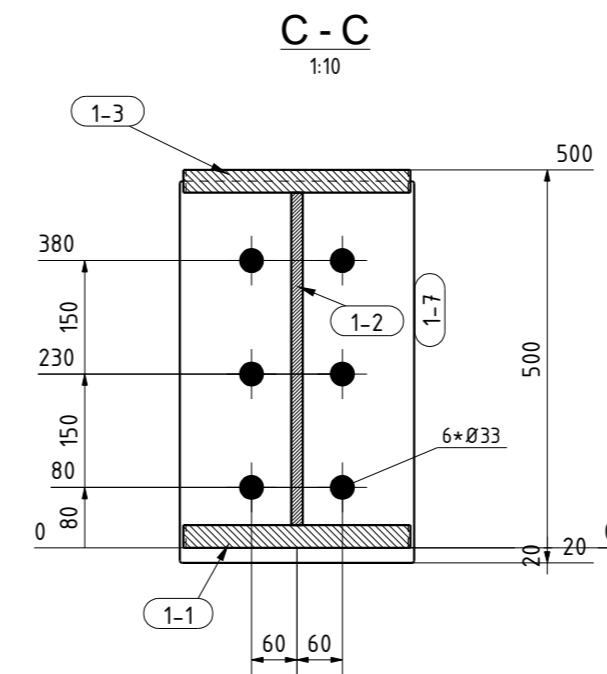
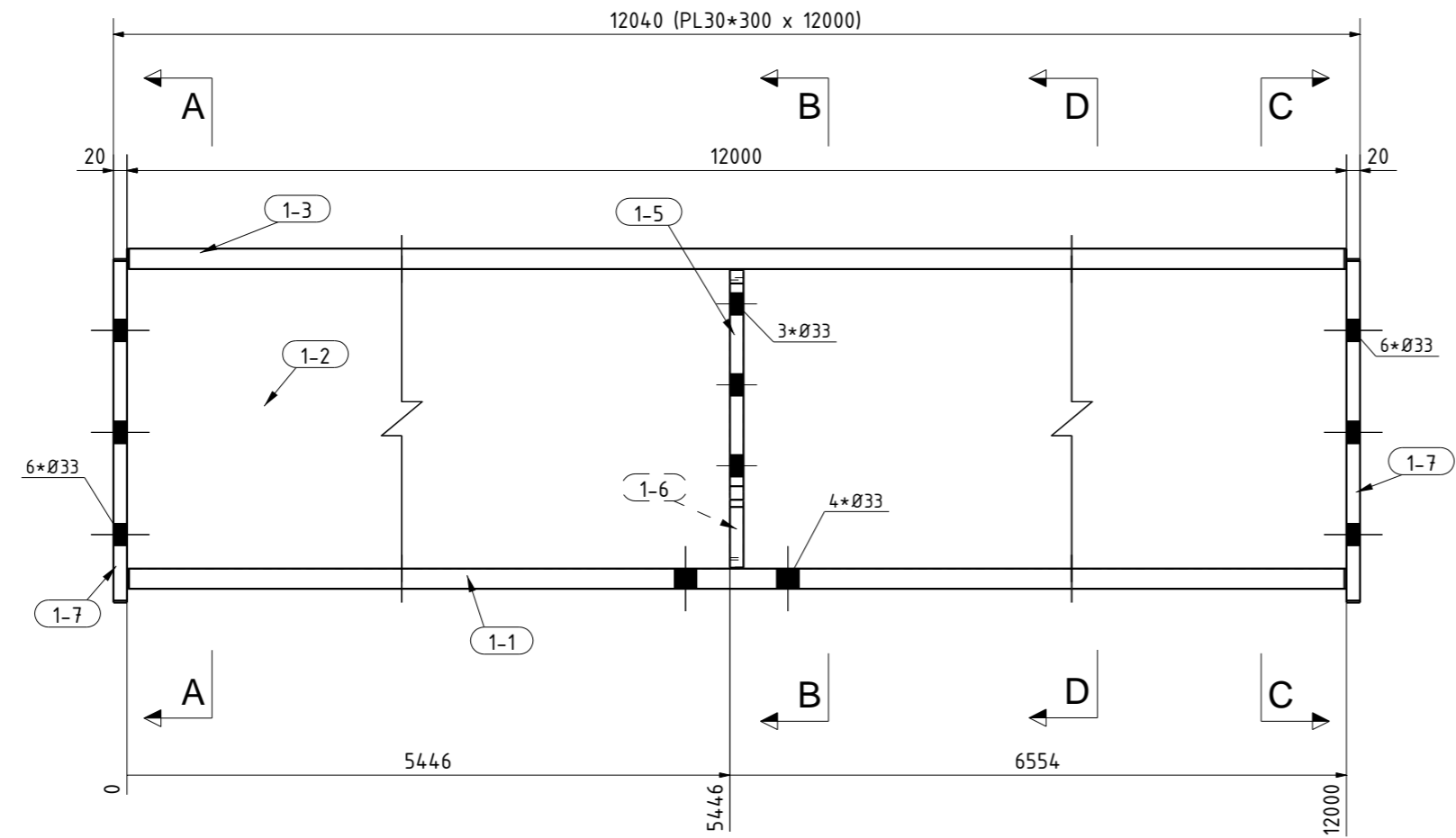
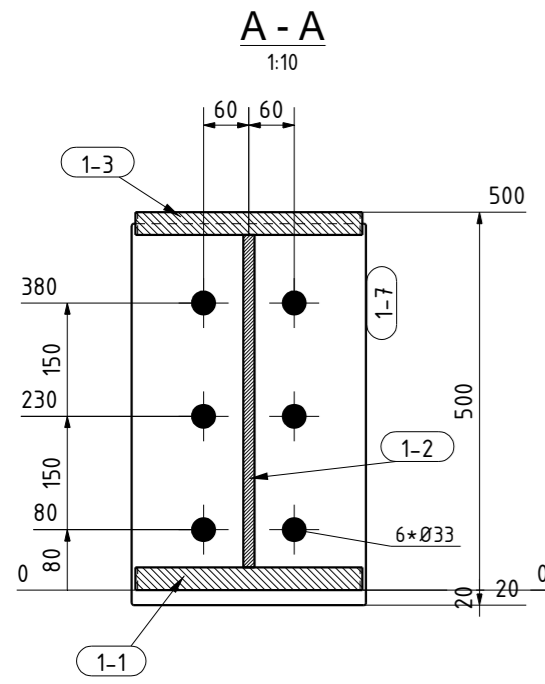
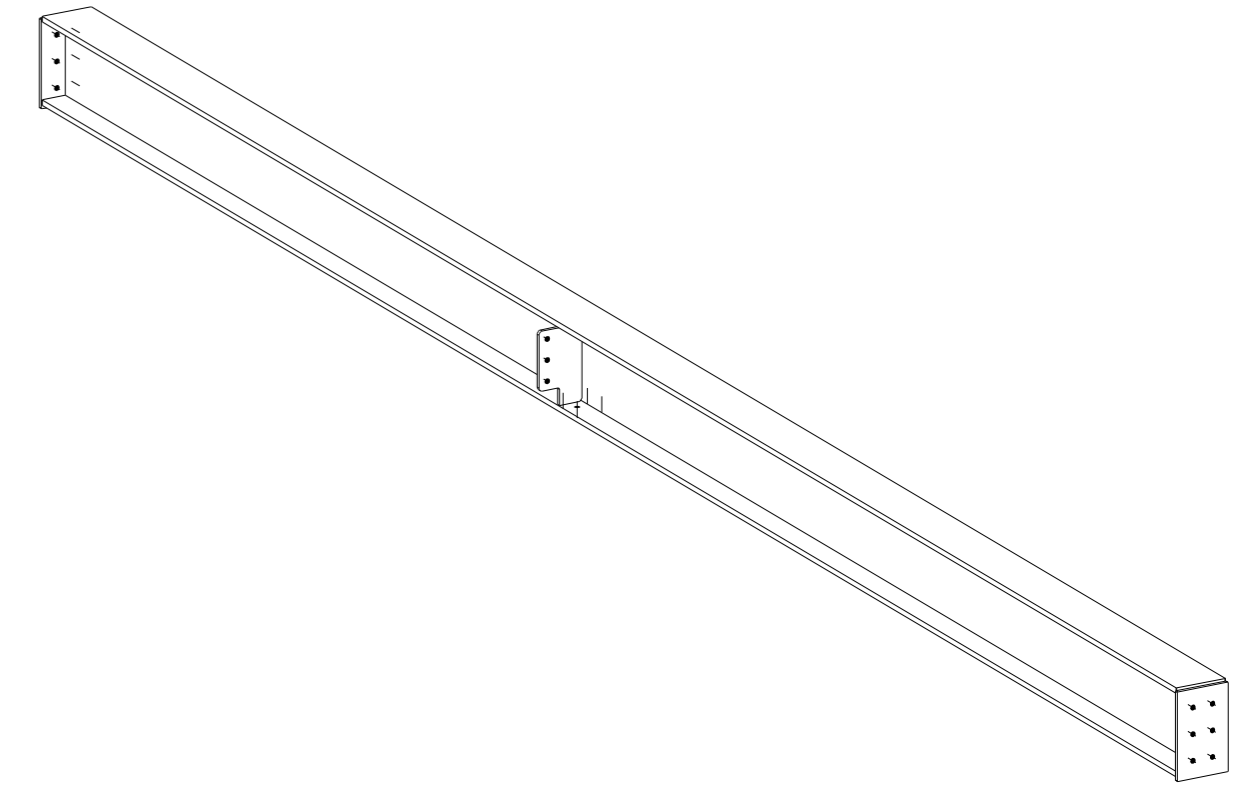
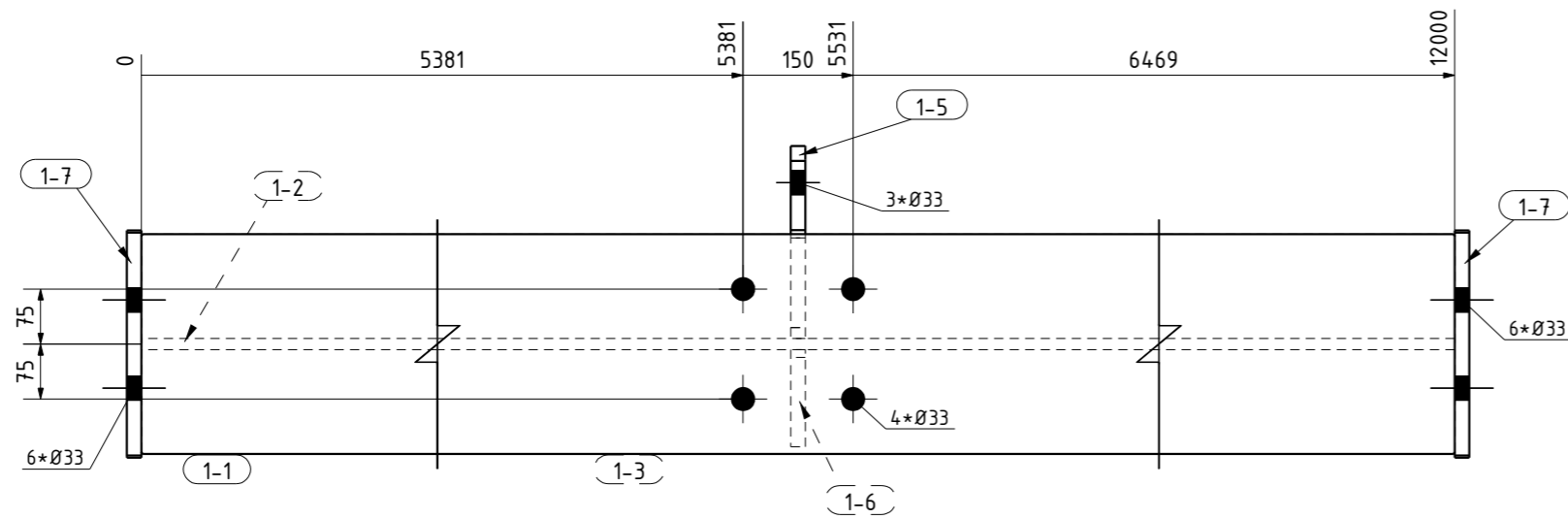
Lisa 1. Nelikant-keevistala WPS

AS Maru Metall Kesk tee 10 Ardu Kõue vald Harjumaa ESTONIA	WPS PL10 + PL10 FW	WPS no: MM121FWBO10+10 Rev: Page 1 of 1						
Location: Ardu WPQR no.: 00703 Welder qualification: EN ISO 14732 Welding process: 121-SAW Joint type: fillet weld Customer: Order no.: Drawing no.: Part no.:	Examiner or test centre: Method of preparation and cleaning: Grinding Processing the root weld: none Parent material specification: Group no ISO 15638: 1) [1.0577] S355J2 1.2 2) [1.0577] S355J2 1.2 Material thickness: 10+10 mm Outside diameter: Welding position: PB							
Dimensions: t1=10 mm t2=10 mm Øsb51 ø7	Joint design  <small>chalk - welding solutions</small>	Welding sequence  <small>chalk - welding solutions</small>						
Remark:								
Welding details								
Welding pass	Process	Ø weld filler [mm]	Current	Voltage [V]	Current / Polarity	Wire feed rate	Travel speed [cm/min]	Heat input [kJ/mm]
A)	1	121	4	450 A	30 = / +		60	1,350
B)	2	121	4	600 A	32 = / +		73	1,578
Welding filler / welding flux			Special regulations for drying					
Designation	Brand name	Manufacturer	Time [h]	Temperature [°C]				
A)	S2Si / S A AB1 56 AC H5 1-16	L61 / 860	Lincoln Electric					
B)	S2Si / S A AB1 56 AC H5 1-16	L61 / 860	Lincoln Electric					
Shielding gas			Brand name	Manufacturer	Flow rate [l/min]	Pre purge time [s]	Post purge time [s]	
Type								
Further information			Weaving: string or weave bead Preheat temperature [°C]: Interpass temperature [°C]: max 250					
Parameter / Value								
A)	Distance contact tube: 30 mm							
B)	Distance contact tube: 30 mm							
Remark:			Põleti kaldenurk 30-30 deg.					
Date / prepared:	Date / checked:	Date / released:						
24.09.2013 A.Viin	24.09.2013 U.Tõmpu							
Signature	Signature	Signature						

Created with weldstat@9 by hsk-welding solutions

Lisa 2. I-keevistala WPS

AS Maru Metall Keek tee 10 Ardu Kõue vald Harjumaa ESTONIA	WPS		WPS no. Rev. MM121TLK 15+30						
	PL15 + PL30 FW		Page 1 of 1						
Location: WPQR no.: Welder qualification: Welding process: Joint type: Customer: Order no.: Drawing no.: Part no.:	Ardu 00703 EN287-1: 121 P FW 1.2 S t20 PB al 121-SAW both sided fillet weld a5	Examiner or test center: Method of preparation and cleaning: Processing the root weld: Parent material specification: Material thickness: Outside diameter: Welding position:	Grinding none 1) [1.0577] S355J2 2) [1.0677] S355J2 15+30 mm PB	Group no ISO 15606: 1.2 1.2					
Dimensions: t1=15 mm t2=30 mm Øbs1 a5	Joint design 	Welding sequence 	Remark:						
Welding details									
	Welding pass	Process	Ø weld filler (mm)	Current	Voltage [V]	Current / Polarity	Wire feed rate	Travel speed [cm/min]	Heat input [kJ/mm]
A)	1-2	121	4	550 A	32	= / +		65	1,625
Welding filler / welding flux					Special regulations for drying				
	Designation	Brand name	Manufacturer	Time [h]	Temperature [°C]				
A)	S2Si / S A AB1 56 AC H5 1-16	L61 / 860	Lincoln Electric						
Shielding gas									
	Type	Brand name	Manufacturer	Flow rate [l/min]	Pre purge time [s]	Post purge time [s]			
Further information									
	Parameter / Value	Waving:		string or weave bead					
A)	Distance contact tube: 30 mm	Preheat temperature [°C]:		15					
		Interpass temperature [°C]:		max 250					
Remark:									
Põleti kaldenurk 30-30 deg.									
Date / prepared: 24.09.2013 A.Viin		Date / checked: 24.09.2013 U.Tõmpu			Date / released:				
Signature		Signature			Signature				



Juhised:

1. Märkimata keevised:
2. Keeviseklass: C (ISO-EN 5817)
3. Teostusklass: EXC2 (EVS-EN 1090-2)
4. Tolerantsiklass: Klass 1 (EVS-EN 1090-2)

KOOSTU TABEL		Tähis:	Arv:	Tüüp:	Pinnakate:	
		WI500-15x300-30	1	TALA		
MATERJALI NIMEKIRI ÜHE KOOSTU KOHTA						
Koost: WI500-15x300-30						
Tähis	Profiil	Materjal	Arv [tk]	Pikkus [mm]	Pind [m ²]	Kaal [kg]
1-1	PL30*300	S355J2	1	12000	7.9	847.8
1-2	PL15*440	S355J2	1	12000	10.9	621.7
1-3	PL30*300	S355J2	1	12000	7.9	847.8
1-5	PL20*262.5	S355J2	1	438	0.2	16.0
1-6	PL20*132.5	S355J2	1	436	0.1	9.1
1-7	PL20*310	S355J2	2	505	0.3	24.6
					Kokku:	2392
Tunnus Hulk		Muutus		Muutja Kuupäev		
Tellija:						
Objekt:						
Osa: TERAS KOSTRUKTSIOON						
Joonis: KEEVISTALA WI500-15x300-30						
Projekti juht						
Konstruktor						
Joonestaja		M. Helleste				
M1:10 1:40		Formaat: A2		Staad:		Joonise nr: WI500-15x300-30
Käesoleva joonise andmine kolmandale isikule lubatud ainult AS MARU METALL loal!						

