



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **Tööprotsesside hindamine ja töötulemuse kvaliteedi parandamine**

### **Process assessment and quality improvement analysis**

EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine

ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Aleksandr Petrov

Üliõpilaskood: 193177 EDJR

Juhendaja: Tatjana Baraškova, vanemlektor

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

# LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS<sup>1</sup>

Mina [Aleksandr Petrov] (sünnikuupäev: [29].[07].[2000])

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose [Tööprotsesside hindamine ja töötulemuse kvaliteedi parandamine], mille juhendaja on [Tatjana Baraškova],
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautori(d) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

# SISUKORD

EESSÕNA (VAJADUSEL).....	5
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU (VAJADUSEL) .....	6
SISSEJUHATUS .....	7
1. Programmi kirjutamine CNC masinatel võtab kaua aega. ....	8
1.1. Käsitsi kirjutamise probleem .....	8
1.2 Probleemi lahendamine.....	9
2. Seeriatöö manuaalsed pingid .....	10
2.1 Seeriatootmise probleem .....	10
2.2 Probleemi lahendamine.....	10
3. Tööle kulutatud ressurss .....	11
3.1.1 Viga arvutustes .....	11
3.1.2 Tarneprobleem .....	11
3.2.1 Õige tööriista valimine .....	11
3.2.2 Optimeerimisprotsess .....	11
4. Olemasolevate kvaliteedikontrolli meetodikate ja protsesside kirjeldamine .....	12
5. Plasmalõikuse probleemkohtadeks Enefit Solutionis on korraliku <i>nesting</i> programmi puudumine .....	15
5.1 Lõikamisviga .....	15
5.2 Veaarvutused .....	16
5.3 Probleemi lahendamine.....	16
KOKKUVÕTTE.....	17
SUMMARY .....	18
KASUTATUD KIRJADUS .....	19
Lisa 1 Purusti DZS. ....	20
Lisa 2 Ühenduslüli.....	23
Lisa 3 Tähtratas. ....	26
Lisa 4 Detaili P-D-15190 mõõteraport. ....	29

## EESSÕNA

Minu lõputöö teema tekkis probleemide tõttu seoses toodetava kauba kvaliteediga ning tootmisprotsesside ebapiisava efektiivsusega ettevõttes, kus ma töötan.

Selle töö loomise protsessis sain väärtuslikke teadmisi tootmisjuhendajalt Marko Angerilt, kes juhendas mind ja andis mulle nõu sellel teel. Sooviksin samuti sügavalt tänada kõiki, kes mind selle protsessi vältel toetasid. Teie panus oli hindamatu ja aitas mul edukalt selle lõputöö lõpule viia.

Lõpuks, siin on mõned võtmesõnad ja fraasid, mis iseloomustavad seda lõputööd: *Mastercam*, CNC-pingid, metallilõike osakond, tehnilised jooned, Inventor Professional, 3D-modelleerimine.

Tänan kõiki, kes aitasid mul selle lõputöö loomisel.

## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

Lühendeid (välja arvatud üldkasutatavad lühendid, nagu näiteks: nt, vt, vms, nr, €, jne, ...) tuleb selgitada nende esmakordsel esinemisel lõputöö tekstis.

Lühendite ja tähiste loetelu koostamine on soovituslik juhtudel, kui lõputöö sisaldab korduvalt mitmeid vähetuntud või keerulisi lühendeid ja/või tähiseid. Selles loetelus antakse siis iga tähise/sümboli selgitus (NB! sh indeksid), akronüümi korral ka algne nimetus (originaalkeeles sulgudes). Töö sisu parema loetavuse huvides võib valitud lühendite ja sümbolite juurde tuua ka lühidefinitsiooni. Lühendid ja sümbolid esitatakse loetelus tähestikulises järjekorras.

Näide:

CNC	Arvjuhtimine
G-kood	CNC juhtimiskeel
M-kood	Lisajuhtimise koodid CNC-s
Mastercam	CNC süsteemidele mõeldud tarkvara
DZS	Remonditööde kaevandusseadmed
Nesting	Pesitsemine (kompa)

## **SISSEJUHATUS**

Metallitööstuse pideva arenguga on ettevõtete konkurentsivõime saavutamisel võtmetähtsusega aspektid tööprotsesside efektiivsuse hindamine ja kvaliteetse toodangu tagamine.

Metallitöö maailmas on oluline mõista, kuidas tööprotsessid toimivad tõhusalt, et parandada loodava kvaliteeti.

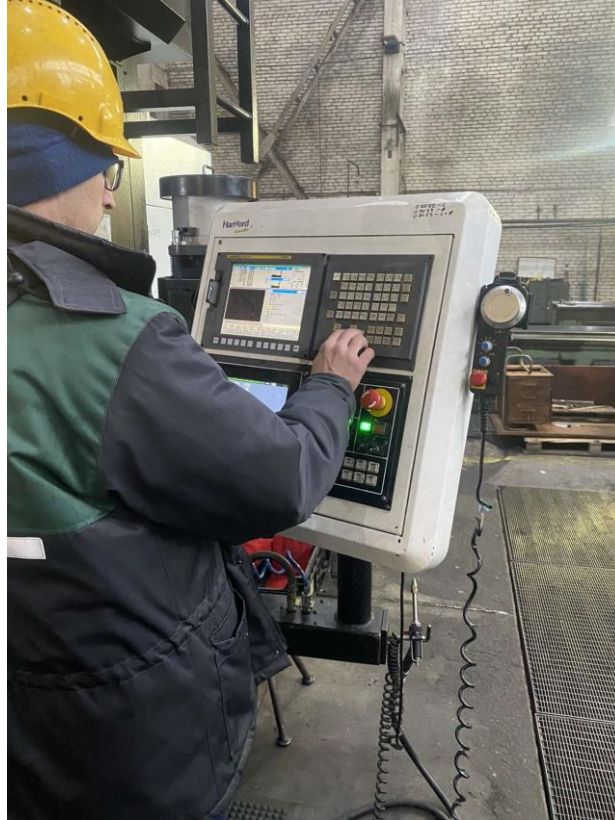
Minu lõputöö käsitleb neid probleeme, kuna soovin välja selgitada, kuidas saaksime oma ettevõtet tõhusamaks muuta, püüdes optimeerida tootmisprotsesse ja parandada lõpptoodete taset.

See on ettevõtte edukaks toimimiseks oluline.

# 1. Programmi kirjutamine CNC masinatel võtab kaua aega.

## 1.1. Käsitsi kirjutamise probleem

*Fanuc AI100* CNC masinatel kirjutab operaator programme, kasutades masina juhtimissüsteemi sisseehitatud G&M koodi, et toota detaile vastavalt joonisele [4]. Operaator sisestab masina määratud liikumissuundade koodid, millest igaüks tähistab konkreetset tegevust või käsku (vt joonis 1.1)



Joonis 1.1 Käsitsi andmete sisestamine

Täieliku G-koodi programmi käsitsi koostamine joonise põhjal võib olla tülikas ja aeganõudev protsess. Eriti keerukate ja suurte osadega töötamisel. Suurte programmide käsitsi kirjutamise riskid võivad põhjustada defekte osade valmistamisel või isegi kahjustada seadmeid (vt joonis 1.2).





Joonis 1.2 Masina kahjustused

### 1.2 Probleemi lahendamine

Selle probleemi lahendamiseks kasutati kaasaegset *Mastercam* programmi. *Mastercam* kaudu programmeerimine kiirendab ja lihtsustab oluliselt G-koodide loomise protsessi, suurendab täpsust ja vähendab vigade riski võrreldes käsitsi andmete sisestamisega [1]. (vt joonis 1.3)



Joonis 1.3 *Mastercam* tarkvara

## 2. Seeriatöö manuaalsed pingid

### 2.1 Seeriatootmise probleem

Ettevõttes, mehaanikaosakonnas, kus ma töotan, hakkab osa käsitsi masinate ehitamisest [7]. Varem ilmnis probleem, kulutasime palju aega käsitsi masinate uuesti installimiseks(vt joonis 2.1 ja joonis 2.2)



Joonis 2.1 ja joonis 2.2 Manuaalne frees ja treiping

### 2.2 Probleemi lahendamine

Selle probleemi lahenduseks oli tehnoloogilise protsessi muutmine käsitsi masinatelt CNC-pinkidele. Selline optimeerimine kiirendab tootmisprotsessi, parandab oluliselt efektiivsust ja säästab ressursse. Sel viisil lahendati käsitsi masinatel osade valmistamise probleem.

### 3. Tööle kulutatud ressurss

#### 3.1.1 Viga arvutustes

Ajakadu detaili valmistamiseks ja tööriista kiire kulumine tulenes tehnoloogi poolt tarnitud detaili valesti määratud töötlemise režiimidest.



Joonis 3.1 Katkine tööriistist

#### 3.1.2 Tarneprobleem

Mõnel juhul ei olnud osade valmistamiseks vajalikud tööriistad saadaval, kuna teavet vajalike tööriistade puudumise kohta ei jälgitud. Seetõttu olime sunnitud tellima tööriistu, mis aitas kaasa osade õigeaegse tarnimise ajakaotusele.

#### 3.2.1 Õige tööriista valimine

Intensiivne areng metallitöötlemise vallas on aidanud kaasa uuenduslike lõikeriistade tekkele, mis on parandanud töötlemisprotsesside efektiivsust. See tõi kaasa metallide parema ja kiirema töötlemise.

Seega tegin teatud tüüpi tööriistade puhul ümberarvutusi, suurendades kokkuvõttes tööriistade vastupidavust ja kiirendades töötlemisprotsessi [2].

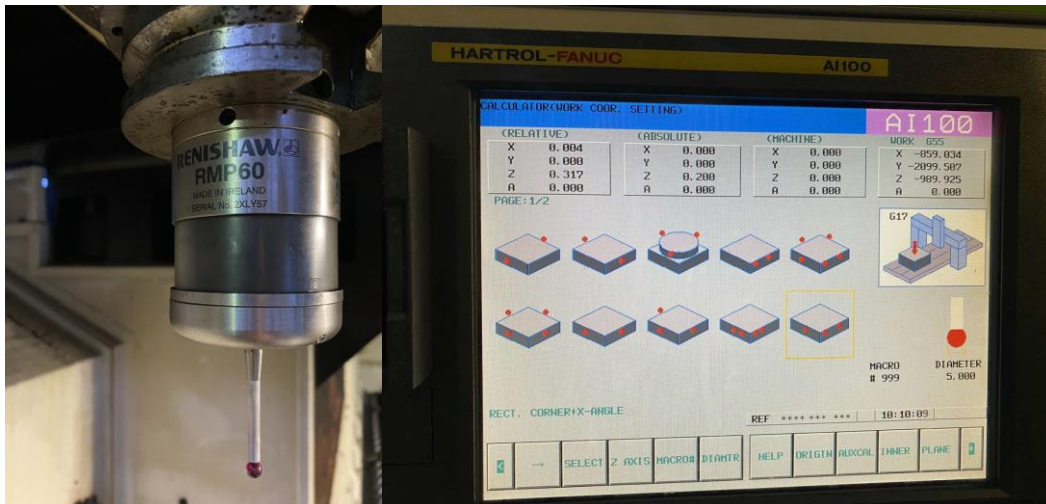
#### 3.2.2 Optimeerimisprotsess

Eelprojekti väljatöötamise käigus võeti täiendavalt arvesse vajalikke tööriistu.

Selline lähenemine optimeeris ettevalmistust ja suurendas projektide õigeaegse lõpuleviimise võimalusi.

## 4.Olemasolevate kvaliteedikontrolli meetodikate ja protsesside kirjeldamine

Detailide kvaliteeti kontrollib kõigepealt pingioperaator ise. Kui detailid on valmis ja pingioperaator on veendunud, et tooted vastavad joonisel esitatud nõuetele, siis esitatakse detailid kontrolli kvaliteedi osakonna töölisele (vt joonis 4.1.1 ja joonis 4.1.2)



Joonis 4.1.1 ja joonis 4.1.2 3D-andur ja mõõtmiste ekraan

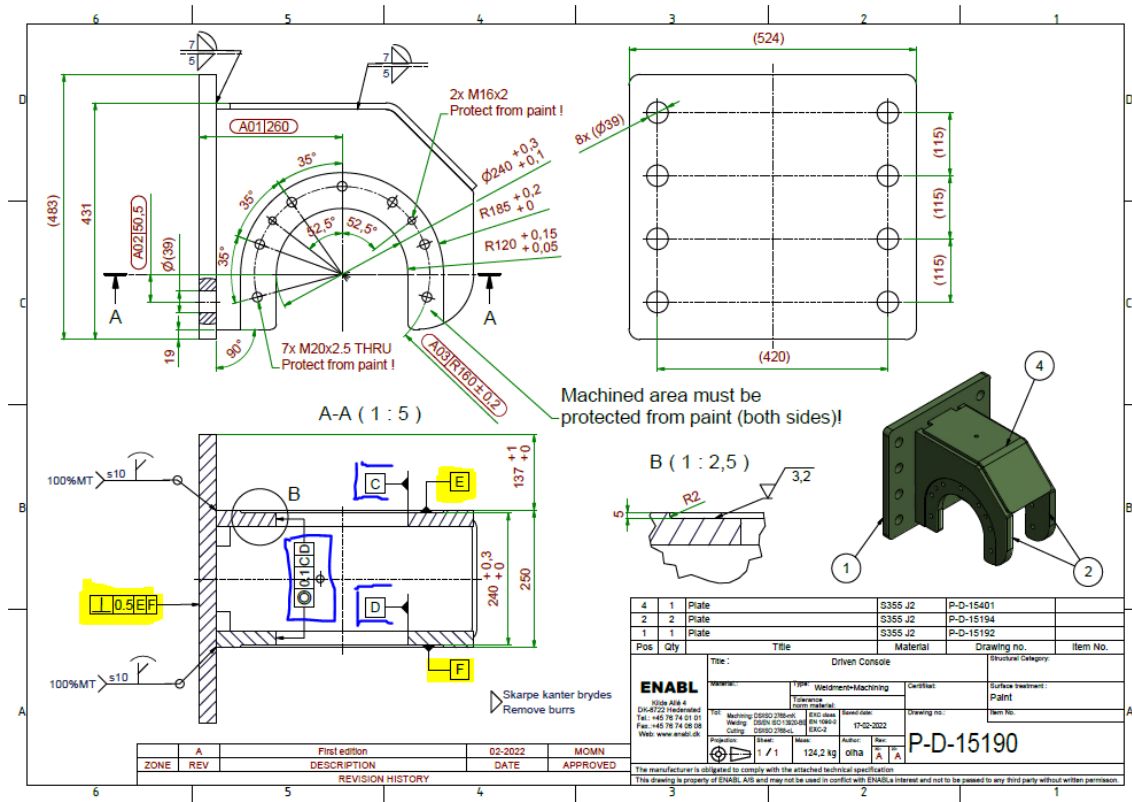
Lihtsamate detailide kontrollimiseks kasutatakse nihikut, mikromeetrit, kaliibreid, šabloone, joonlauda ja mõõdulinti (vt joonis 4.1.3)



Joonis 4.1.3 Digitaalne mõõteriist

Keerulisemate toodetega (vt joonis 4.2.1) , detail *P-D-15190* on vaja esitada tellijale iga detaili mõõteraport, et toode vastaks joonisel esitatud nõuetele [3]. (vt joonis 4.2.2 ja joonis 4.2.3)

Sellisteks töödeks on ettevõtte soetanud 3D mõõteseadet, millega on võimalik kontrollida erinevate pindade tasapinnalisust, paralleelsust, avade läbimõõte ja paiknemist teineteise suhtes [6].



Joonis 4.2.1 Tehniline projektjoonis

P-D-15190 06.07 - 1

Page 1 of 7



Enefit Solutions AS

Malmi 8  
Johvi  
Estonia  
Telephone: +372 466 6702  
Fax: +372 466 6702

Project  
220280

E-mail: solutions@enefit.com  
Web Site: https://www.enefit.com/

Customer	Enefit Solutions AS	Inspector	Juri Kuzmin
Description	Driven Console	Customer contact	Malmi 8, Johvi, Estonia
Part No.		Customer phone No.	+3727166702
Drawing number	P-D-15190	Customer fax No.	
Datum	06.07.2022	Report Type	

Measure: Master part

Plane - bottom and sides						
A01 (References: Alusplaat-plane, Circle 4 left-M20::Centre)	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Distance	-0,100	0,100	230,000	229,943	-0,057	-

Pindade E ja F vaheline kaugus (References: Parem-plane (toodeldud pind) - E, Vasak-plane (toodeldud pind) - F)						
Distance	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100	0,100	240,000	240,097	0,097	-

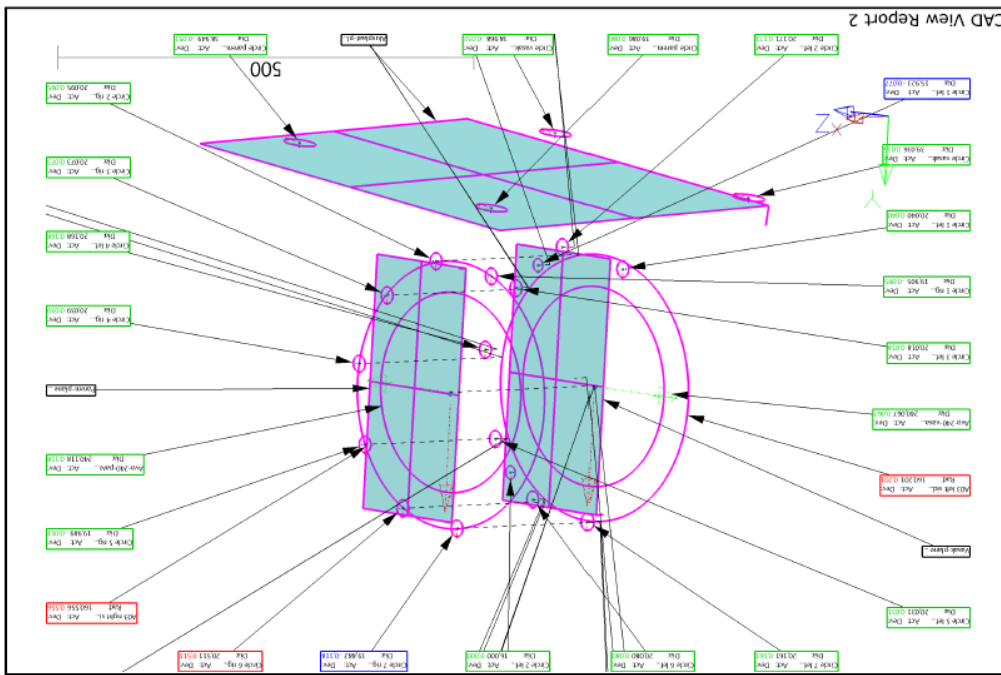
GD&T 2 Perpendicularity Out of Tolerance						
Feature	Alusplaat-plane	Condition:	RFS			
Primary Datum	Parem-plane (toodeldud pind) - E	Condition:	RFS			
Result	Tolerance: 0,500	Tol + bonus: 0,500	Measured: 0,582			

GD&T 3 Perpendicularity Accepted						
Feature	Alusplaat-plane	Condition:	RFS			
Primary Datum	Vasak-plane (toodeldud pind) - F	Condition:	RFS			
Result	Tolerance: 0,500	Tol + bonus: 0,500	Measured: 0,232			

Hole 240 - A03						
Ava-240-vasak 2 (Datum - PCS (CAD Datum))	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	0,000	0,300	240,000	240,667	0,667	-
Number of probed points: 10						

Ava-240-parem 2 (Datum - PCS (CAD Datum))						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	240,000	240,118	0,118	-
Number of probed points: 7						

Joonis 4.2.2 Detaili mõõtmise akt

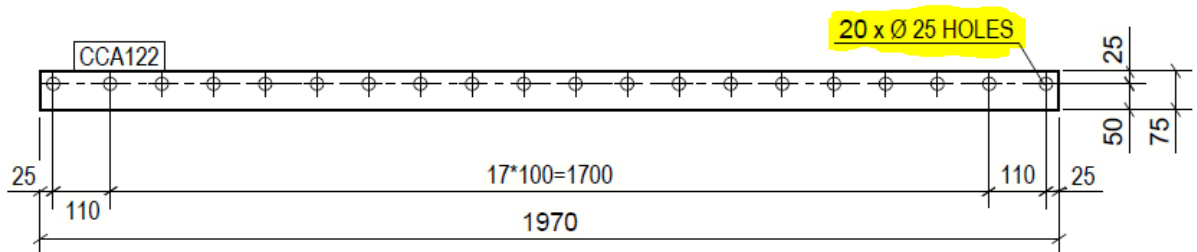


Joonis 4.2.3 3D mtmised

## 5. Plasmalõikuse probleemkohtadeks Enefit Solutionis on korraliku *nesting* programmi puudumine

### 5.1 Lõikamisviga

Tõsine probleem plasmaga oli viga kindlaksmääratud suurusega aukude lõikamisel. Veakontrolli käigus avastati masinal mehaaniline rike. See võib lõppkokkuvõttes viia pika ja kuluka remondini. Kuid detailijoonised puuduvad. Ning plasma pingi operaatoril ei ole võimalik kontrollida, kas avad detailis on õige läbimõõduga. Avade läbimõõt detailides peaks olema 25 mm, aga tegelikult pärast lõikust olid 23 mm. Ja hiljem nende avade üle puurimine on väga kulukas, kuna plasmaga lõikamine karastab materjali pinda.



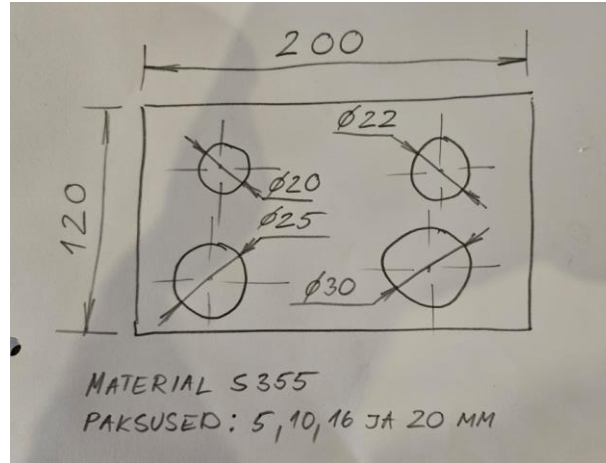
Joonis 5.1.1 Joonise visand



Joonis 5.1.2 Tulenus koos veaga

## 5.2 Veaarvutused

Detail, kus on erinevate läbimõõtuatega avad: 20,22,25 ja 30 mm. Ning seda detaili lõigatakse välja materjalist S355 ja materjali paksusteks on: 5,10,16 ja 20 mm (vt joonis 5.2)



Joonis 5.2 Paranduste visandid

Peale detailide väljalõikamist mõõdetakse detailide gabariitmõõtmed ja avade läbimõõdud detaili mõlemalt poolelt, ning vormistatakse mõõteraportid. Siis võrreldakse mõõteraportites olevaid mõõtmehid joonisel olevate mõõtmetega ja tehakse järeldused, kui palju peab ava läbimõõtu kompenseerima vastavalt lõigatava materjali paksusele.

Veel tuleb plasmapingi operaatoritele tuletada meelde, et lõikedüüse tuleb vahetada vastavalt materjali paksusele voolu tugevusele. Iga selline pisiasi mõjutab detaili kvaliteeti ja hiljem võivad kulu toodetele olla suurem, kui oli arvestatud.

## 5.3 Probleemi lahendamine

Mehaanilise remondi vajaduse vältimiseks ja materjalikadude minimeerimiseks tuli sekkuda programmi, kus parandus tehti, suurendades vigade kompenseerimiseks diameetrit [5]. (vt joonis 5.3)

(LENGTH)		
NO.	GEOM	WEAR
001	20.000	2.000
002	15.000	2.000
003	52.000	2.000
004	210.047	0.000

Joonis 5.3 Korrigeerimispaneel



## KOKKUVÕTTE

Lõputöö valmimise käigus lahendati mitmeid metallitöötlemisega seotud tehnilisi probleeme.

Uuenduslike meetodite, näiteks kellu kasutamine, mis kiirendas oluliselt programmi kirjutamist, kiirendades oluliselt töötlemisprotsessi.

Plasma töö vigade parandamiseks mõeldud tarkvara seadistused on oluliselt suurendanud lõikamise efektiivsust ja täpsust.

Seeriatööde üleviimine käsitsi masinatelt *CNC*-pinkidele on tõstnud tootlikkust ja parandanud toodete kvaliteeti.

Need muudatused äratasid tähelepanu, mis mõjutas tutvustusi.

Kõrgkoolis omandatud teadmised ja oskused osutusid nende probleemide lahendamisel äärmiselt kasulikuks, mis rõhutab hariduse olulisust. Edu erialal on ka hariduse kaudu saadud kvaliteetse koolituse peegeldus.

Valmis edasiseks professionaalseks kasvuks ja uute ideede juurutamiseks edu saavutamiseks metallitöötlemise valdkonnas.

## SUMMARY

Minu lõputöö eesmärk on metallitöötlemisprotsesside optimeerimine. Kasutades *Mastercam*-i *G*-koodide genereerimiseks *CNC*-pinkidel, näitasin tootmise kiirenemist ja täpsuse suurenemist. Üleminek manuaalsetelt *CNC*-pinkidele on oluline samm, vähendades aega ja parandades valmistamise kvaliteeti.

Samal ajal uurin plasma lõikamisega seotud probleeme, pakkudes selle protsessi optimeerimiseks tarkvaralahendusi. Minu uurimistöö rõhutab mitte ainult hariduse olulisust metallitöötlemise valdkonnas, vaid ka vajadust pidevalt rakendada uusi tehnoloogiaid tõhusa tootmiskeskonna loomiseks.

See projekt on tulemus minu veendumusest tootmisprotsesside pideva täiustamise kriitilisest tähtsusest. Minu valik *Mastercam*i kasutuselevõtuks ja üleminekuks *CNC*-pinkidele põhineb soovil olla metallitöötlemise valdkonna innovatsioonide esirinnas. Need uuringud mitte ainult ei paranda olemasolevaid protsesse, vaid on ka sügavamate uuringute aluseks, mille eesmärk on tootmise optimeerimine selles valdkonnas.

## KASUTATUD KIRJADUS

1. Mastercam <https://www.mastercam.com/>
2. Sandvic <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools>
3. Inventor professional 2024  
<https://www.autodesk.com/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
4. Fanuc <https://www.fanuc.eu/rs/en/cnc/cnc-system>
5. Hypertherm LT PRO Nesting  
<https://www.hypertherm.com/products/?DefaultProductLine=ProNest>
6. Renishaw <https://www.renishaw.com/en/renishaw-enhancing-efficiency-in-manufacturing-and-healthcare--1030>
7. Enefit Solutions AS <https://www.energia.ee/ettevottest/tehnologia/enefit-solutions>

## Lisa 1 Purusti DZS.



Joonis 1.1.1 Purusti DZS toorik detaili jaoks

Tehnoloogiakaart											2	
<b>Tellimus Solm</b>	JR2222	23E089	Purusti DZS-002 remont									
	Segment t=132		DZS.04.01		DZS.04.01.001(sm.DZS.04.01)				Liik	103		
<b>Detail</b>	9152	Segment t=132		DZS.04.01.001(sm.DZS.04.01)				Liik	103			
<b>Hulk tellimuses</b>	12	<b>Hulk solmes</b>		1								
<b>Toorik Moot</b>	Kooperatsia valu x400		<b>Pikkus</b>	<b>Laius</b>	<b>Mark</b>	35L-II	<b>Kaal</b>	1,00	<b>Det.arv</b>	1	<b>Kulunorm</b>	1,00
Nr	Osak.	Tahis	Pink	J?rk	A.norm	Summa	Rakistus	Markus	T?itja	Kuupaev	Hulk	Tko
1	Кооперация	TUR						Поставка отливки по кооперации				
1	Поставка и учет	TRH	TRH					Входной контроль				
2	Горизонтально-фрезерный	MTJ	68-86	Cincinnati III	7.450	44.70		Операцию фрезерования 4-х площадок (база "Ж") и торцовки с 2-х сторон выполнить на горизонтально - расточном станке в связи с тем, что станок Cincinnati не обеспечивает требование по неплоскостности = 0,16 мм или на станке FU -450				
							2-03-111 2-03-227	Стойка д/фрез.сегм. Приспос.д/торцовки				
2	Горизонтально-фрезерный	MTJ	68-95	FU 450R-0III	8.200	49.20		Фрезеровать длинную сторону в размер 475 по черт; Фрезеровать торцы, выдерживая размер 155 по черт. до центра крайнего зуба; Установить в приспособление вертикально, Фрезеровать опорную поверхность "Ж" (4 площадки - обеспечить неплоскостность по черт), 2 клина в размер 45 по черт и боковые поверхности клиньев выдерживая размеры 150 и 1000 по черт.				
							2-03-111B 2-03-227	Стойка д/фрез.сегм. Приспос.д/торцовки				
3	Слесарная чистка заусениц	MTJ	20-02	I	0.790	3.75						
3	Горизонтально-расточной	MTJ	26-90	2620B	3.850	23.10		Шаблон д/контроля Фрез.рол.д/раст.ст-ка				
							4-07-073 3-03-083-D8 0					

Joonis 1.2.1 Tehnoloogiline kaart

### Tehnoloogiakaart

3

<b>Tellimus Solm</b>		JR2222 23E089 Purusti DZS-002 remont Segment t=132 DZS.04.01										
<b>Detail 9152</b>		Segment t=132		DZS.04.01.001(sm.DZS.04.01)				<b>Liik</b>		103		
<b>Hulk tellimuses</b>		12		<b>Hulk solmes</b>		1						
<b>Toorik Moot</b>		Kooperatsia valu x400		<b>Pikkus</b>		<b>Laius</b>		<b>Mark</b>		35L-II Kaal 1,00 Det.arv 1 Kulunorm 1,00		
Nr	Osak.	Tahis	Pink	J?rk	A.norm	Summa	Rakistus	Markus	T?itja	Kuupaev	Hulk	Tko
4	MTJ	20-04		III	0,260	1.56	5-07-194 5-01-021					Шаблон разметочный Кернер д/отверстий
Горизонтально-расточной												
4	MTJ	26-90	2620B	III	4,250	25.50	4-07-073 3-03-083-D8 0	Фрезеровать углы 2-х клиньев и 4 паза по черт Шаблон д/контроля Фрез.гол.д/раст.ст-ка				
Слесарная чистка заусениц												
5	MTJ	20-02		I	0,170	0.58						
Горизонтально-расточной												
5	MTJ	26-90	2620B	3-3	2,400	3.84	3-05-033 3-01-004-01	Y4	зенкерФ28/Ф25 Сверло коническое			
Слесарная нарезка резьбы												
6	MTJ	20-03		2-3	0,180	0.27						
Слесарная разметка												
6	MTJ	20-04		II	0,250	1.07	5-07-194 5-01-021					Шаблон разметочный Кернер д/отверстий
Горизонтально-расточной												
7	MTJ	26-90	2620B	III	2,400	14.40	3-05-033 3-01-004-01 4-05-200	Y4	зенкерФ28/Ф25 Сверло коническое Калибр-пробка и кольцо на конус			
Слесарная нарезка резьбы												
8	MTJ	20-03		II	0,180	0.93						
Слесарное изготовление деталей												
9	MTJ	20-00		II	0,540	2.78	5-05-093		Притереть с машинным маслом конусное отв. до необходимой чистоты segment t=1 притир конусный			

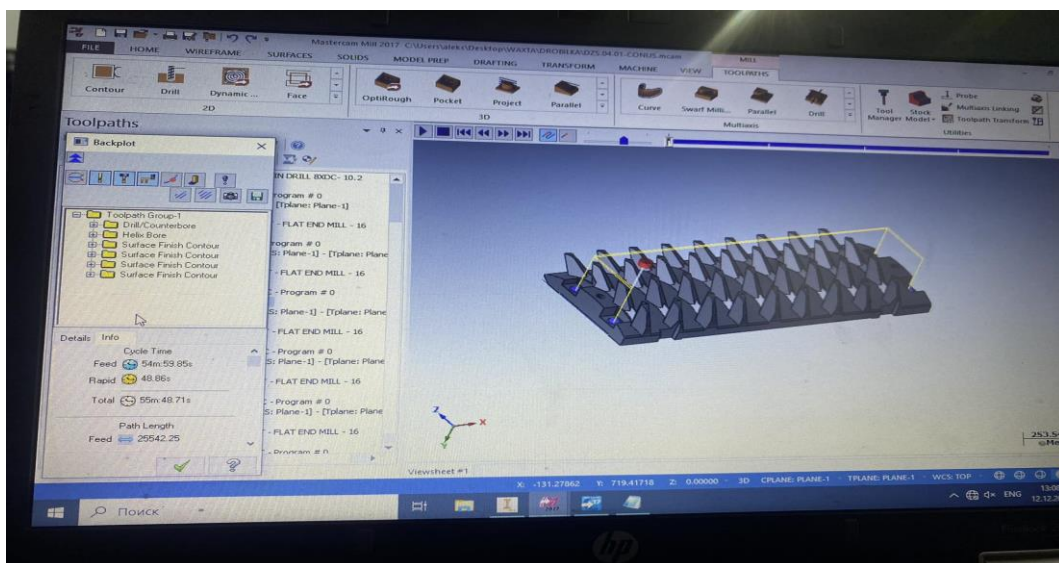
Joonis 1.2.2 Tehnologiline kaart

### Tehnoloogiakaart

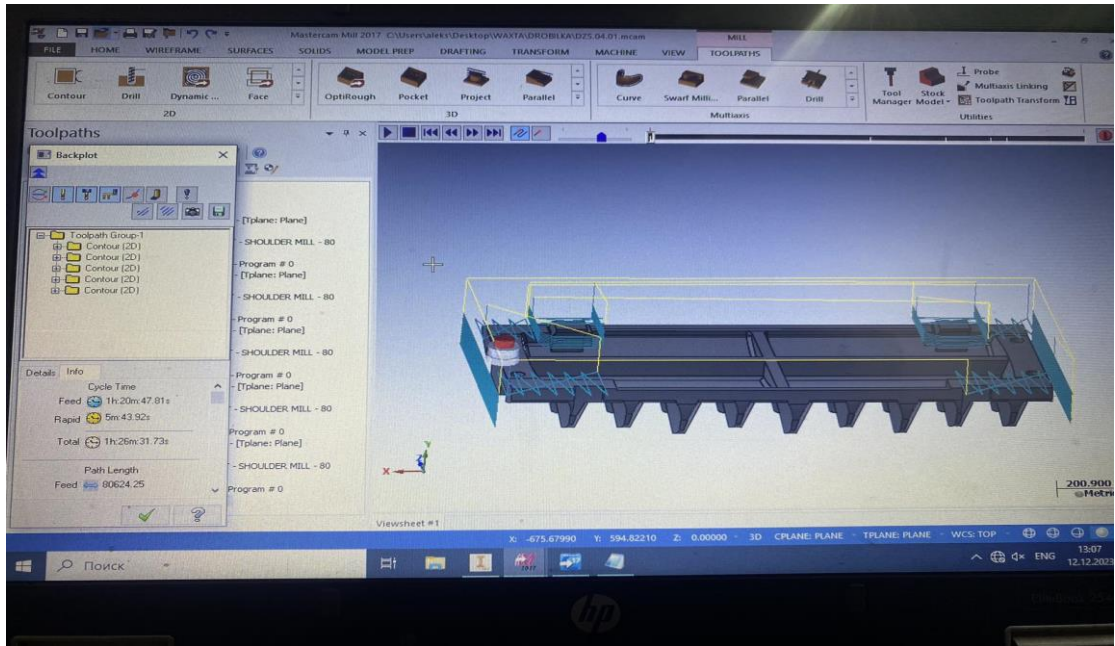
4

<b>Tellimus Solm</b>		JR2222 23E089 Purusti DZS-002 remont Segment t=132 DZS.04.01										
<b>Detail 9152</b>		Segment t=132		DZS.04.01.001(sm.DZS.04.01)				<b>Liik</b>		103		
<b>Hulk tellimuses</b>		12		<b>Hulk solmes</b>		1						
<b>Toorik Moot</b>		Kooperatsia valu x400		<b>Pikkus</b>		<b>Laius</b>		<b>Mark</b>		35L-II Kaal 1,00 Det.arv 1 Kulunorm 1,00		
Nr	Osak.	Tahis	Pink	J?rk	A.norm	Summa	Rakistus	Markus	T?itja	Kuupaev	Hulk	Tko
Горизонтально-расточной												
10	MTJ	26-12	2A635	III	1,300	7.80		Фрезеровать боковую сторону сегментов , размер - по месту (Примерно до 3-х мм) .				
Контрольная												
11	TPT	TKO										

Joonis 1.2.3 Tehnologiline kaart

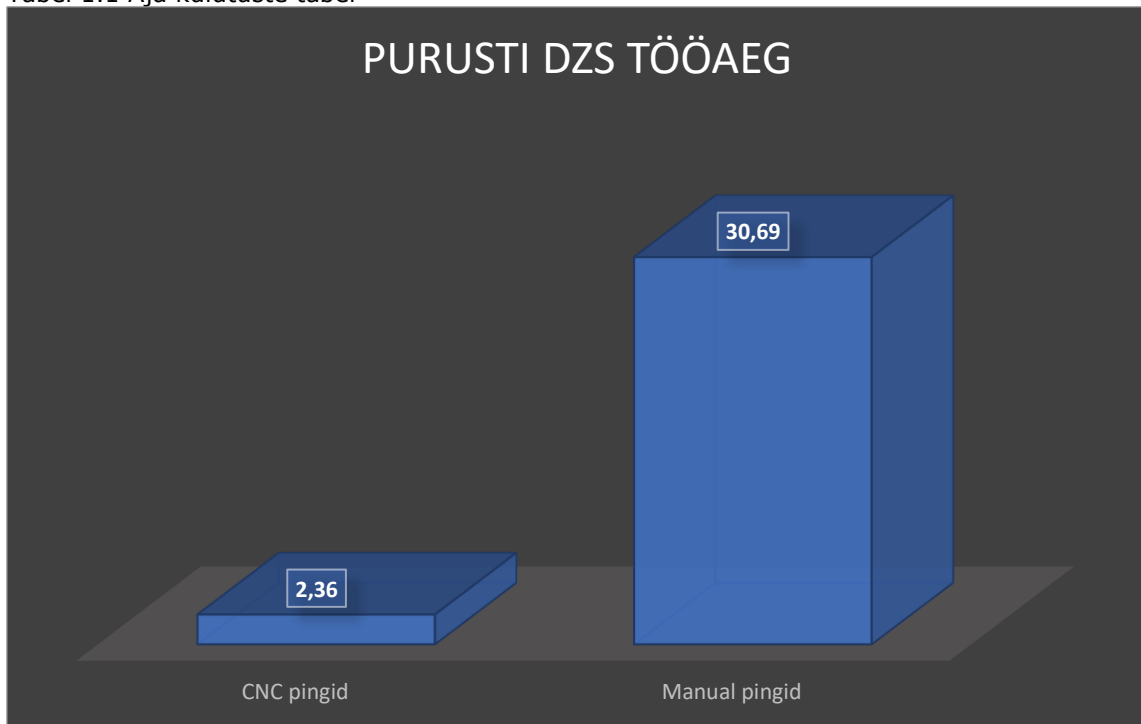


Joonis 1.3.1 Tööaeg Mastercamis



Joonis 1.3.2 Tööaeg *Mastercamis*

Tabel 1.1 Aja kulutuste tabel



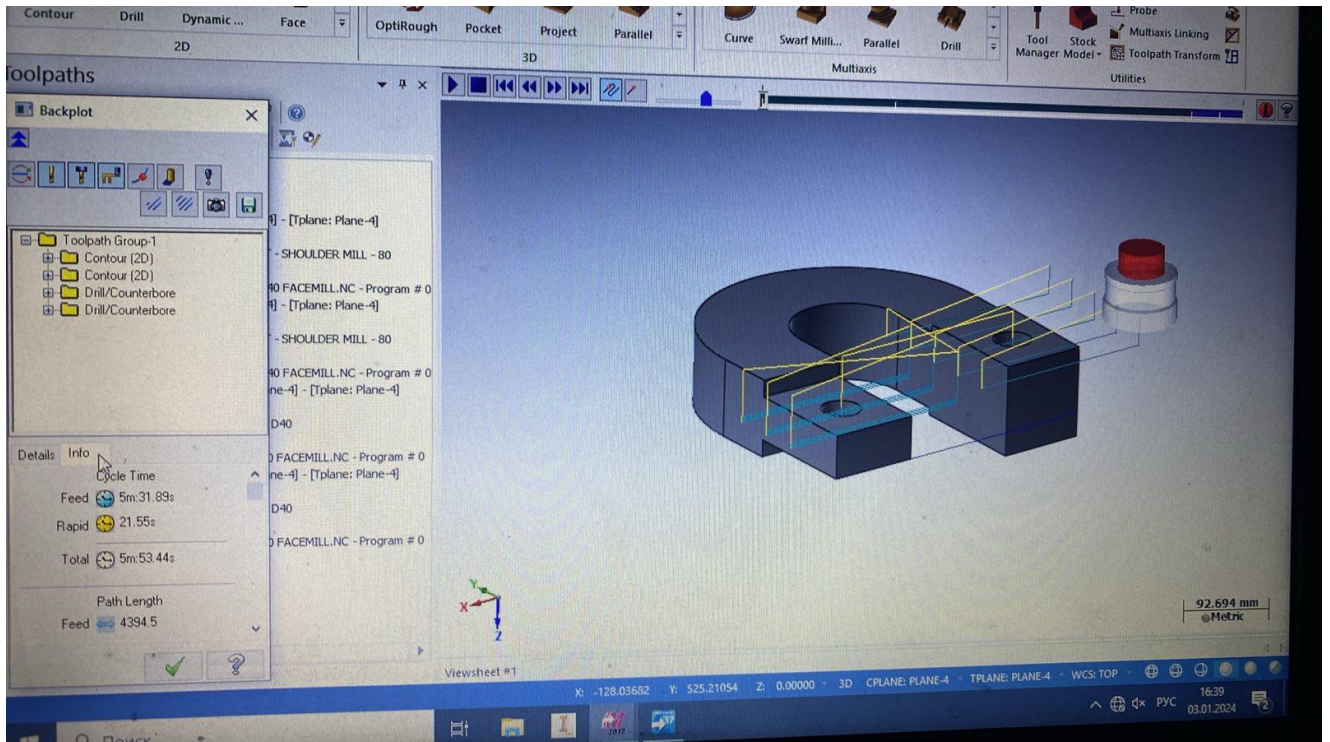
## Lisa 2 Ühendslüli.



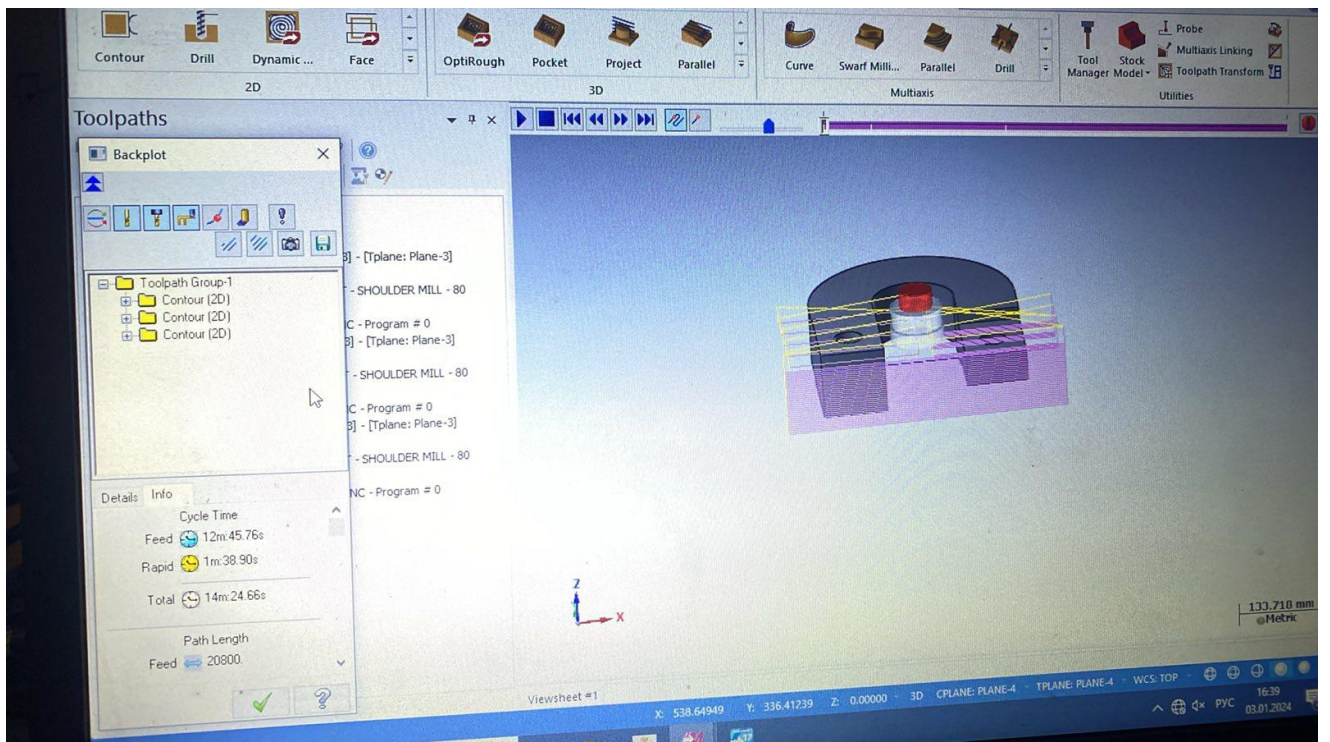
Joonis 2.1.1 Ühendslüli toorik detaili jaoks

Tehnoloogiakaart														1
<b>Tellimus</b>	JR2254	128800	Ühendslüli		1007.30.19A									
<b>Solm</b>	Klamber		ES1025.05.50A											
<b>Detail</b>	6030	Klamber	ES1025.05.50A				<b>Liik</b>	101						
<b>Hulk tellimuses</b>	2	<b>Hulk solmes</b>		1										
<b>Toorik</b>	umar	<b>Pikkus</b>		402,00	<b>Laius</b>	<b>Mark</b>	42CrMo4	<b>Kaal</b>	35,69	<b>Det.arv</b>	1	<b>Kulunorm</b>	36,60	
<b>Moot</b>	120													
Nr	Osak.	Tahis	Pink	J?rk	A.norm	Summa	Rakistus	Markus	T?itja	Kuupaev	Hulk	Tko		
Отрезная	1	ETV	87-22	STG220D I		0.120 0.41		Доп.Ф130 L-342+1мм. Ф140 не доп. Ф125 L-371 +1мм.						
Ковка	2	KTS	41-15	MOSSEY III		0.460 2.31		Ковка						
Ковка	3	KTS	41-15	MOSSEY III		0.220 1.11	4-07-451	Калибровка	Шаблон					
Ковка	4	KTS	41-15	MOSSEY III		0.320 1.61	1-04-349	Гибка	Оправка					
Закалка	5		97-20											
Отпуск	6	KTS	97-12	N1 (Z-105AII)		0.090 0.45		HB230...270, по нижнему пределу.						
Горизонтально-фрезерный	7	MTJ	68-90	6M83	III	1.100	5.53	2-03-179 3-03-105-01	Опр. д/фрезы 3-03-114 Фреза концевая					
Радиально-сверильный ГС545	8	MTJ	25-45	GS545	II	0.290	1.19	2-01-210A	Кондуктор					
Контрольная	9	TPT		TKO										

Joonis 2.2.1 Tehnologiline kaart



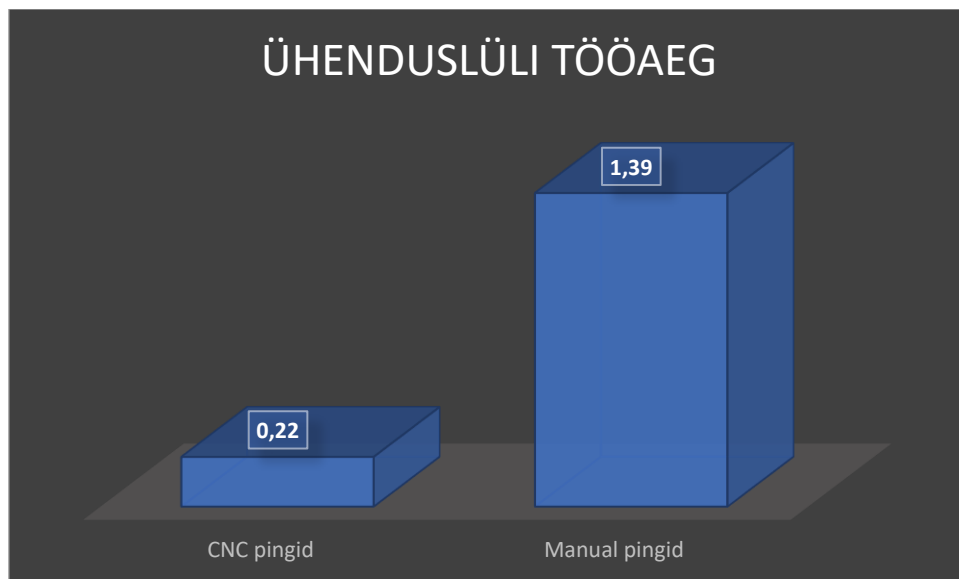
### 2.3.1 Tööaeg Mastercamis



### 2.3.2 Tööaeg Mastercamis



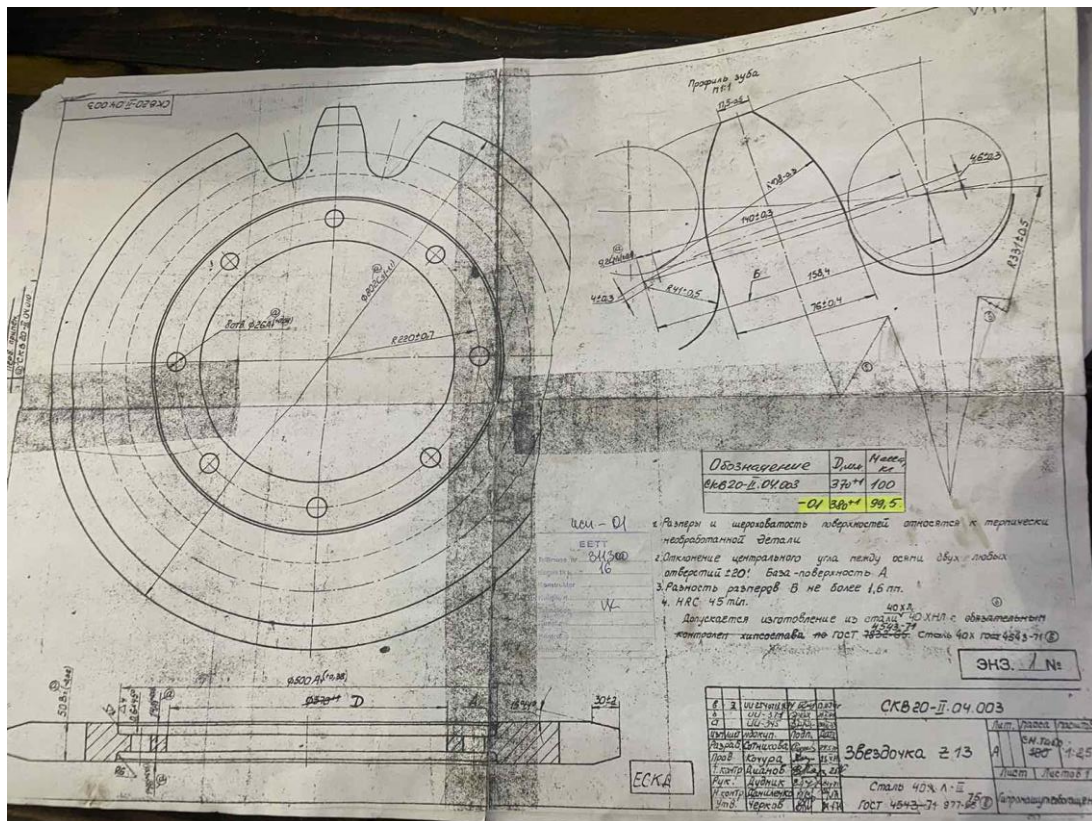
Tabel 2 Aja kulutuste tabel



## Lisa 3 Tähtratas.



3.1.1 Tähtratas toorik detaili jaoks



3.2.1 Tehniline joonis

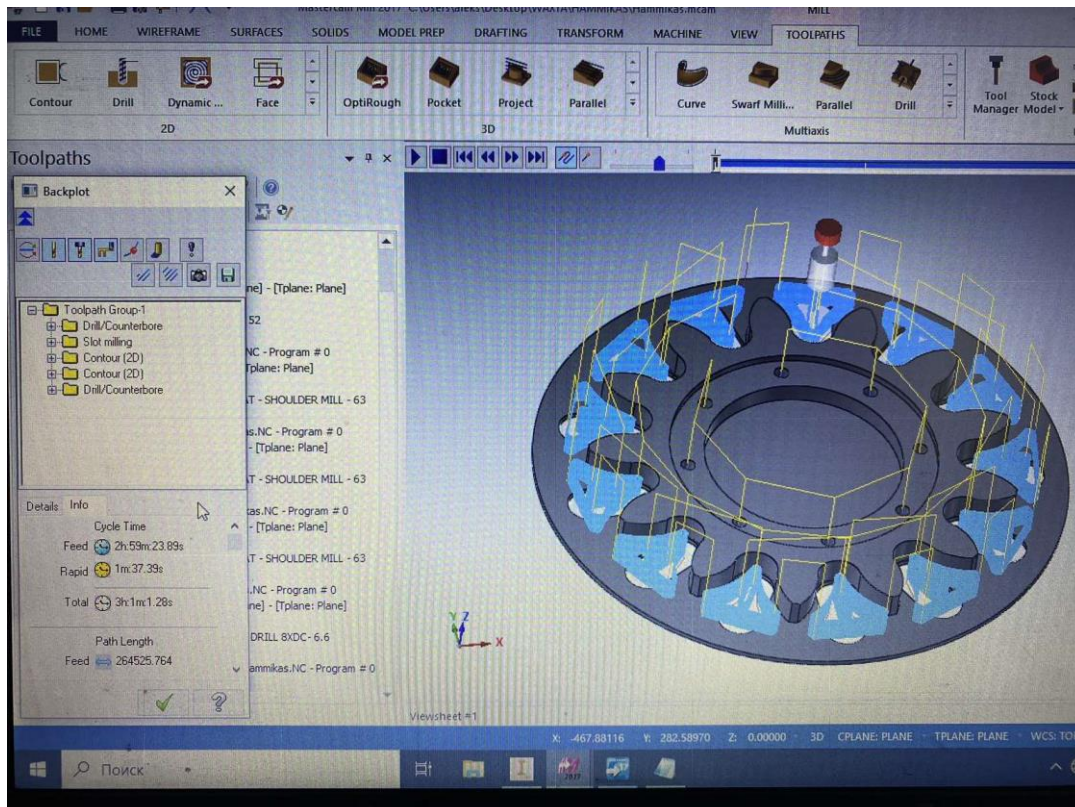
**Tehnologiakaart** 1

<b>Tellimus</b>	311300 Tähttratas z-13 SKV20-II.04.003-01						
<b>Solm</b>	Tähttratas z-13 SKV20-II.04.003-01						
<b>Detail</b>	<b>73150</b>	Tähttratas z-13		SKV20-II.04.003-01	<b>Liik</b>	103	
<b>Hulk tellimuses</b>	1	<b>Hulk solmes</b>	1				
<b>Toorik</b>	umar	<b>Pikkus</b>	60,00	<b>Laius</b>	<b>Mark</b>	42CrMo4+QT	<b>Kaal</b> 242,70
<b>Moot</b>	810	<b>Det.arv</b>					
		<b>Kulunorm</b>	242,70				

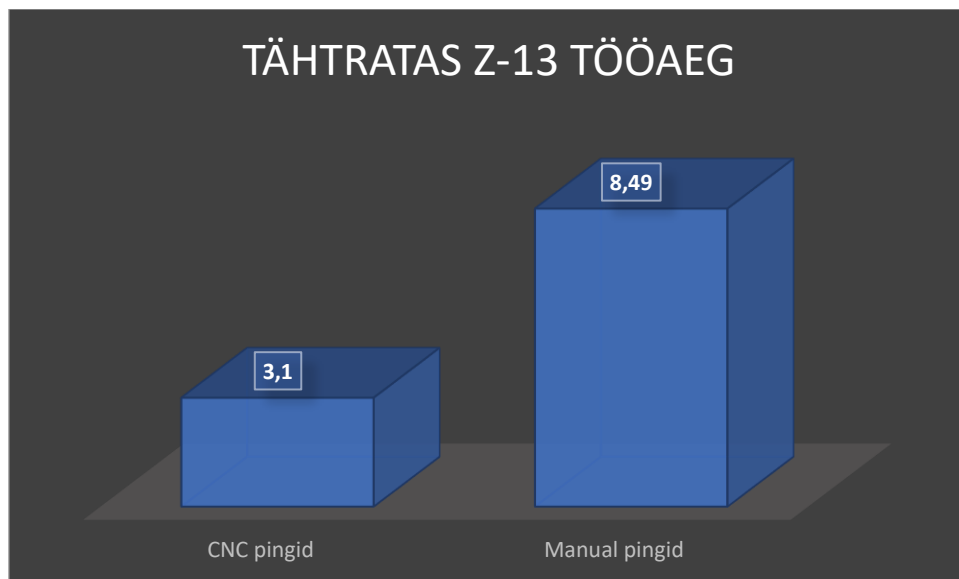
Nr	Osak.	Tahis	Pink	J?rk	A.norm	Summa	Rakistus	Markus	T?itja	Kuupaev	Hulk	Tko
Лент. пила PEGAS												
1	ETV	87-44	Pegas440					Субподряд				
Обработывающий центр												
2		69-20						Расфрезеровать центральное отверстие в р-р ф360 мм.				
Токарно-винторезный												
3	MTJ	16-80	1H65-5	III	6.480	32.59		Точить согл. чертежа.				
Обработывающий центр												
4	MTJ	69-20	PRO 2150		3.49			Фрезеровать профиль зубьев и сверлить 8 отв. ф26 согл. чертежа. Шаблон				
							4-07-360A					
Слесарная чистка заусениц												
5	MTJ	20-02										
Газопламенная закалка												
6	KTS	90-00		II/III	1.700	15.54		Газопламенная закалка рабочей поверхности зуба. Глубина закаленного слоя 3...5мм.				
Отпуск												
7	KTS	97-07	Z-60A	III	0.310	1.56		Низкий отпуск 200°...230				
Контрольная												
8	TPT	TKO										
Упаковка												
9	Vuimistlu	20-11		II	0.070	0.29						

### 3.3.1 Tehnoloogiline kaart

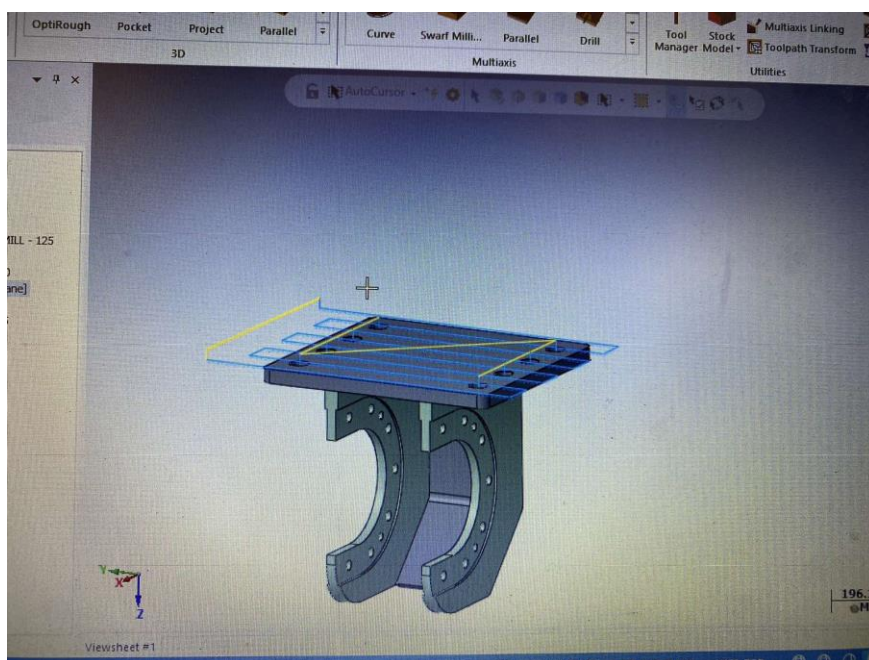
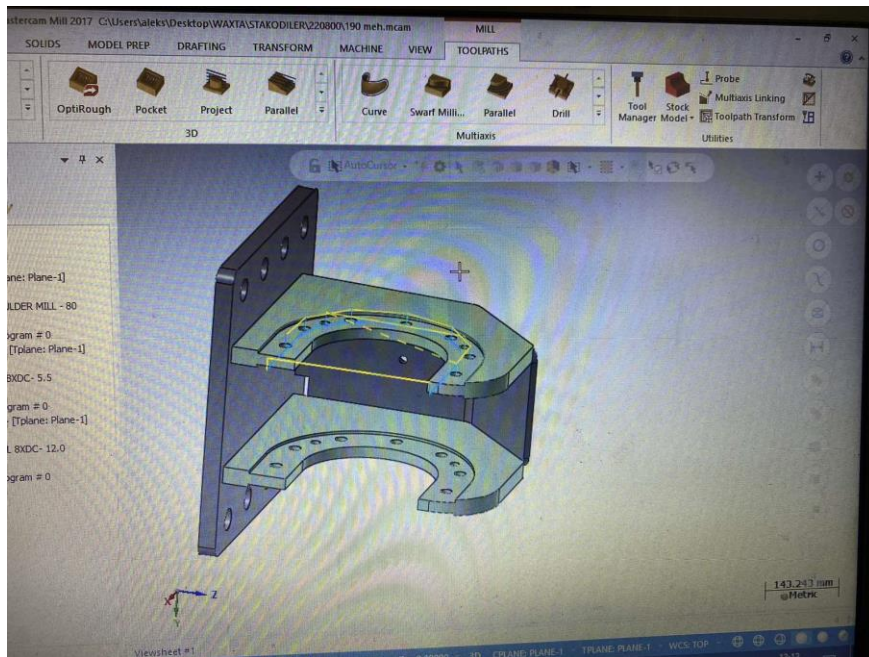


### 3.4.1 Tööaeg Mastercamis

Tabel 3.1 Aja kulutuste tabel



## Lisa 4 Detaili P-D-15190 mōõteraport.





Enefit Solutions AS

Malmi 8  
Johvi  
EstoniaTelephone: +372 466 6702  
Fax: +372 466 6702E-mail: [solutions@enefit.com](mailto:solutions@enefit.com)  
Web Site: <https://www.enefit.com/>Project  
220280

Customer	Enefit Solutions AS	Inspector	Juri Kuzmin
Description	Driven Console	Customer contact	Malmi 8, Johvi, Estonia
Part No.		Customer phone No.	+3727166702
Drawing number	P-D-15190	Customer fax No.	
Datum	06.07.2022	Report Type	

**Measure: Master part****Plane - bottom and sides**

A01 (References: <i>Alusplaat-plane, Circle 4 left-M20::Centre</i> )						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Distance	-0,100	0,100	230,000	229,943	-0,057	-

Pindade E ja F vaheline kaugus (References: <i>Parem-plane (toodeldud pind) - E, Vasak-plane (toodeldud pind) - F</i> )						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Distance	-0,100	0,100	240,000	240,097	0,097	-

GD&T 2		Perpendicularity	Out of Tolerance
Feature	<i>Alusplaat-plane</i>	Condition:	RFS
Primary Datum	<i>Parem-plane (toodeldud pind) - E</i>	Condition:	RFS
Result	Tolerance: 0,500 Tol + bonus: 0,500	Measured:	0,582

GD&T 3		Perpendicularity	Accepted
Feature	<i>Alusplaat-plane</i>	Condition:	RFS
Primary Datum	<i>Vasak-plane (toodeldud pind) - F</i>	Condition:	RFS
Result	Tolerance: 0,500 Tol + bonus: 0,500	Measured:	0,232

**Hole 240 - A03**

Ava-240-vasak 2 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	0,000	0,300	240,000	240,067	0,067	-
Number of probed points: 10						

Ava-240-parem 2 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	0,000	0,300	240,000	240,118	0,118	-
Number of probed points: 7						

<b>⊙</b>	<b>GD&amp;T 1</b>	<b>Concentricity</b>	<b>Out of Tolerance</b>			
<b>Feature 1</b>	Ava-240-vasak 2		Condition:	<b>RFS</b>		
<b>Primary Datum</b>	Ava-240-parem 2		Condition:	<b>RFS</b>		
<b>Result</b>	Tolerance:	0,100	Tol + bonus:	0,100	Measured:	1,497
<b>7xM20x2.5 + 2xM16x2 LEFT side</b>						
<b>Circle 1 left-M20 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	20,000	20,040	0,040	-
Number of probed points: 3						
<b>Circle 2 left-M20 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	20,000	20,171	0,171	-
Number of probed points: 4						
<b>Circle 3 left-M20 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	20,000	20,018	0,018	-
Number of probed points: 12						
<b>Circle 4 left-M20 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	20,000	20,168	0,168	-
Number of probed points: 3						
<b>Circle 5 left-M20 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	20,000	20,031	0,031	-
Number of probed points: 7						
<b>Circle 6 left-M20 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	20,000	20,080	0,080	-
Number of probed points: 5						
<b>Circle 7 left-M20 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	20,000	20,161	0,161	-
Number of probed points: 6						
<b>Circle 1 left-M16 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	16,000	15,923	-0,077	-0,077
Number of probed points: 4						
<b>Circle 2 left-M16 (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	0,000	0,300	16,000	16,000	0,000	-
Number of probed points: 6						

A03 left side (Datum - PCS (CAD Datum))						
Radius	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,200	0,200	160,000	160,201	0,201	0,001

7xM20x2.5 + 2xM16x2 LEFT side ANGLES						
Nurk 1/2 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 1, Line 2)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	35,000°	33,440°	-1,560°	-1,460°
Nurk 2/3 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 2, Line 3)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	35,000°	36,231°	1,231°	1,131°
Nurk 3/4 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 3, Line 4)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	35,000°	35,493°	0,493°	0,393°
Nurk 4/5 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 4, Line 5)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	35,000°	35,318°	0,318°	0,218°
Nurk 5/6 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 5, Line 6)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	35,000°	34,428°	-0,572°	-0,472°
Nurk 6/7 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 6, Line 7)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	35,000°	34,528°	-0,472°	-0,372°
Nurk 1m16/4 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 1m16, Line 4)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	52,500°	52,129°	-0,371°	-0,271°
Nurk 2m16/4 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 2m16, Line 4)						
Angle	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100°	0,100°	52,500°	52,129°	-0,371°	-0,271°
Base plate holes						
Circle vasak tagumine (Datum - PCS (CAD Datum))						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100	0,100	39,000	39,036	0,036	-
Number of probed points: 20						
Circle parem tagumine (Datum - PCS (CAD Datum))						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100	0,100	39,000	39,086	0,086	-
Number of probed points: 11						
Dist 3 (References: Circle vasak eesmine::Centre, Circle parem eesmine::Centre)						
Distance	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100	0,100	420,000	420,419	0,419	0,319
Circle vasak eesmine (Datum - PCS (CAD Datum))						
Diameter	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
	-0,100	0,100	39,000	38,968	-0,032	-
Number of probed points: 20						



Circle parem eesmine (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	39,000	38,949	-0,051	-
Number of probed points: 25						

**7xM20x2.5 + 2xM16x2 RIGHT side + ANGLES**

Circle 1 right - M20 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	20,000	19,905	-0,095	-
Number of probed points: 10						

Circle 2 right - M20 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	20,000	20,095	0,095	-
Number of probed points: 5						

Circle 3 right - M20 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	20,000	20,073	0,073	-
Number of probed points: 6						

Circle 4 right - M20 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	20,000	20,039	0,039	-
Number of probed points: 6						

Circle 5 right - M20 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	20,000	19,989	-0,011	-
Number of probed points: 10						

Circle 6 right - M20 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	20,000	20,511	0,511	0,411
Number of probed points: 6						

Circle 7 right - M20 (Datum - PCS (CAD Datum))						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Diameter	-0,100	0,100	20,000	19,882	-0,118	-0,018
Number of probed points: 10						

Angle 8/9 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 8, Line 9)						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Angle	-0,100°	0,100°	35,000°	35,216°	0,216°	0,116°

Angle 9/10 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 9, Line 10)						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Angle	-0,100°	0,100°	35,000°	34,913°	-0,087°	-

Angle 10/11 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 10, Line 11)						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Angle	-0,100°	0,100°	35,000°	35,412°	0,412°	0,312°

Angle 11/12 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 11, Line 12)						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
Angle	-0,100°	0,100°	35,000°	35,172°	0,172°	0,072°

<b>Angle 12/13 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 12, Line 13)</b>						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
<b>Angle</b>	-0,100°	0,100°	35,000°	35,299°	0,299°	0,199°

<b>Angle 13/14 (References: Vasak-plane (toodeldud pind) - F, Line 13, Line 14)</b>						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
<b>Angle</b>	-0,100°	0,100°	35,000°	33,873°	-1,127°	-1,027°

<b>A03 right side (Datum - PCS (CAD Datum))</b>						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
<b>Radius</b>	-0,200	0,200	160,000	160,556	0,556	0,356

<b>Side lenght</b>						

<b>Distance between two planes 7 (References: Plane parem kulg (tootlemata), Parem alumine kulg)</b>						
	Lo-Tol	Hi-Tol	Nominal	Measured	Deviation	Error
<b>Distance</b>	0,000	1,000	137,000	137,967	0,967	-