



MEHHATROONIKAINSTITUUT

Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

MHE40LT

Raido Randoja

**Lehtmetsalli lõikestantsimistöriistade kulumisraadiuse
mõõteseade**

Autor taotleb tehnikateaduse bakalaureuse akadeemilist kraadi

Tallinn 2015

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö 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 Alina Sivitski juhendamisel.

“15” mai 2015. a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”2015. a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”2015. a.

..... allkiri

SISUKORD

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE.....	4
EESSÕNA.....	5
SISSEJUHATUS.....	6
PÕHIOSA.....	7
1. TURUANALÜÜS	7
1.1. Praktikas kasutatavad meetodid.....	7
1.2. Raadiuskaliibrid ja komparaatorid.....	8
1.3. Mõõteseadmed.....	9
2. SEADME TEHNILISED PARAMEETRID.....	13
3. SEADME KONTSEPTUAALSED VÕIMALIKUD LAHENDUSED	14
3.1. Sügavusmõõtmine tööriista pikisuunas.....	14
3.2. Liikuva kangiga mõõtmine	15
3.3. Mõõtmine 45° all.....	16
4. KOMPONENTIDE VALIK	18
4.1. Mehaaniliste komponentide valik ja projekteerimine	18
4.2. Elektroonikakomponentide valik ja seadme juhtimine	26
5. MÕÕTETULEMUSE LAIENDMÄÄRAMATUS	28
6. OHUTUS JA MAJANDUSLIK ANALÜÜS	31
6.1. Ohutus	31
6.2. Majanduslik analüüs	31
KOKKUVÕTE	33
SUMMARY	34
KIRJANDUSE LOETELU.....	35
LISAD.....	38

TTÜ mehhatroonikainstituut
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

Bakalaureusetöö ülesanne

2015. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Raido Randoja 050958MAHB

Õppekava: MAHB 02/09-Mehhatroonika

Spetsialiseerumine: Mehhatroonika

Juhendaja: Assistent PhD Alina Sivitski

Konsultandid:

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) **Lehtmetalli löikestantsimistöriistade kulumisraadiuse mõõteseade**

(inglise keeles) **Sheet Metal Thick Turret Tooling Wear Radius Measuring Device**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Ülesande püstitus. Turu analüüs, patendiuuring - olemasolevate servade raadiuste mõõteseadmete eeliste ja puuduste analüüs. Seadme kontseptuaalsed võimalikud lahendused. Seadme tehniliste parameetrite defineerimine.	10.03.2015
2.	Mehaaniliste komponentide ja korpuse kuju valik.	15.03.2015
3.	Elektroonikakomponentide valik ja seadme juhtimine. Ohutusaspektide käsitlemine ja majanduslik analüüs.	15.04.2015
4.	Tehniliste kooste- ja detaili jooniste koostamine.	30.04.2015
5.	Töö lõppvormistus, trükkimine ja köitmine.	10.05.2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Üldreeglina toimub stantside templite ja matriitside löikeservade teritamine iga 0,2 mm kulumisraadiuse tekkimisel. Ükski tööriistavalmistaja aga ühtegi seadet selliste raadiuste mõõtmiseks ei paku. Töö eesmärgiks on projekteerida majandusotstarbekas ja töökindel stantside tööriistade servade kulumisraadiuste mõõteseade mõõteulatusega alates umbes 0,1 mm. Töös käsitletakse ka ohutuse aspekte ja esitatakse lahenduse majanduslik analüüs.

Töö keel: eesti

Kaitsmistootlus esitada deканаati hiljemalt 12.05.2015 **Töö esitamise tähtaeg** 15.05.2015

Üliõpilane Raido Randoja /allkiri/

Juhendaja Alina Sivitski /allkiri/

EESSÕNA

Töö teema arenes välja ettevõtte Scanfil OÜ vajadusest mõõta lehtmetsalli lõikestantsimistöriistade – nii templite kui ka matriitside – kulumisraadiuseid, et tagada tööriistade õigeaegne teritamine.

Tööd juhendas Alina Sivitski, keda tänan antud abi ja suuniste eest.

SISSEJUHATUS

Töö eesmärgiks on projekteerida majandusotstarbekas ja töökindel stantside tööriistade servade kulumisraadiuste mõõteseade mõõteulatusega (0,05-0,5) mm. Töös analüüsitakse ka turul olevaid lahendusi ja käsitletakse ohutuse aspekte ning esitatakse lahenduse majanduslik analüüs.

Tuntud tööriistavalmistaja Mate soovitab revolverstantside templeid ja matriitse teritada vähemalt iga 0,25 mm kulumisraadiuse tekkimisel [1]. Sellise praktikaga maksimeeritakse templite ja matriitside tööiga (vt Sele 1) ning tagatakse minimaalse kraadiga tooted.

Improper Sharpening		Proper Sharpening	
<i>Total Holes Produced</i>	<i>Radius Formed</i>	<i>Total Holes Produced</i>	<i>Radius Formed</i>
100,000	0.25mm	100,000	0.25mm
50,000	0.50mm	100,000	0.25mm
25,000	0.75mm	100,000	0.25mm
10,000	1.00mm	100,000	0.25mm
185,000 Total Hits	1.0mm Total Removed	400,000 Total Hits	1.0mm Total Removed

Sele 1. Stantside templite ja matriitside servade õigeaegsest teritamisest tingitud tööea maksimeerimine. Tabel Mate'i Powerpoint esitlusest [2].

Ükski tööriistavalmistaja aga ühtegi seadet kulumisraadiuste mõõtmiseks ei paku ning kuna nii väikest raadiust ei saa mõõta nihiku või muu lihtsa mõõtevahendiga siis teritatakse tööriistu tõenäoliselt tihti kas liiga vara või liiga hilja seeläbi vähendades potentsiaalset löögiarvu tugevalt (vt Sele 1).

PÕHIOSA

1. TURUANALÜÜS

Turul olevate meetodite ja mõõteviiside analüüsil määrasin kolm jaotust:

- praktikas kasutatavad mõõteraadiuse hindamise meetodid;
- kaliibrid ja komparaatorid;
- raadiust mõõtvad mõõteseadmed.

1.1. Praktikas kasutatavad meetodid

Matriitside ja templite kulumisraadiuse hindamiseks kasutatakse:

- küüne meetodit;
- läikiva/tuhmunud serva meetodit;
- kraadi suuruse meetodit;
- löögiarvu põhjal teritustsüklite määramist.

Küüne meetodi puhul tõmmatakse küüneservaga üle matriitsi või templi lõikeserva ja kui serv tõmbab kergelt kriimu küünele hinnatakse tööriist teravaks, kui mitte siis teritatakse. Meetodil on konkreetne füüsikaline taust, kuid tulemus on subjektiivne ja pole mõõdetav.

Läikiva/tuhmunud serva meetodi puhul hinnatakse lõikeserv kulunuks kui seda ümbritsev piirkond hakkab tuhmuma. Tulemus on samuti subjektiivne, sõltub valgustingimustest, objekti kaugusest, vaatelehest, materjali omadustest ja pinnakattest (templeid ja matriitse valmistatakse erinevatest materjalidest ja kaetakse erinevate pinnakatetega).

Kraadi suuruse meetodi puhul on võimalik tulemust ka mõõta (kuigi seda reeglina ei tehta). Sõrmega üle tõmmates hinnatakse valminud detaili või jäägi kraadi suurust ja selle põhjal määratakse teritusvajadus. Reeglina annab tulemuse liiga hilja, tempel või matriits on juba ülearu kulunud, detailidel on lubatud tolerantsist suuremad kraadid ja seetõttu tuleb teostada lisatööd (kraadieemaldus).

Võimalik on kulumist hinnata ka löögiarvude põhjal. Praktikas võimaldatud mitmetel revolverstantsidel (näiteks Amada EM2510NT), kuid praktikas piirab meetodi rakendamist erinevate materjalide (näiteks teras, erinevate pinnakatetega teras, roostevaba teras, plastik, alumiinium, alumiiniumisulamid), erinevate materjalipaksuste (näiteks (0,5–3) mm), erinevate löögirežiimide (üksik löök, osaline löök, väljalõikamine) kasutamine samal seadmel, mis muudab antud mõõdetava meetodi pigem prognoosimiseks kui mõõdetud protsessiks. Tulemuseks on liiga tihe või liiga harv teritamine.

Kõik eelpoolloetletud meetodid on subjektiivsed ja ei anna mõõdetavat tulemust. Praktikas võivad olla kogunud operaatorite ja hooldajate puhul need meetodid isegi arvestatavad ja töötavad, kuigi kuna tulemust pole võimalik fikseerida pole võimalik hinnata ka taoliste meetodite tasuvust ja otstarbekust. Lisaks võib tööjõu vahetumisel teave kaduda ja seeläbi ettevõttele tuua suuri kulutusi.

1.2. Raadiuskaliibrid ja komparaatorid

Raadiust on võimalik hinnata ka raadiuskaliibrite ja komparaatoritega.

Raadiuskaliibreid 0,2 mm või väiksema ulatusega turu-uuringu käigus ei leidunud. Starrett pakub 0,5 mm sise- ja välisraadiuse kaliibrit [3] ning Mitutoyo pakub raadiuskaliibrite komplekti, mille väikseimad kaliibrid on 0,4 ja 0,8 mm [4].

Raadiuskomparaatorid sobiks vaid templite kulumisraadiuse hindamisel ja ka siis sõltuks palju vaatlejast/mõõtjast, valgustingimustest ja ilmselt ka teistest muutujatest (tööriista pinnakate).

1.3. Mõõteseadmed

Turu-uuringu käigus selgus, et on mitmeid mõõteseadmeid, millega oleks võimalik soovitud raadiuseid mõõta. Käsitlemist leiavad 1 mehaaniline ja 3 optilist mõõteseadet.

1.3.1. Mehaanilised mõõteseadmed

Modifitseeritud nihik [5]



Sele 1.1. Lisadetailiga nihik [5]

Tegu on lihtsa mehaanilise mõõtmisviisiga, mille puhul lisatakse standardsele sügavusmõõtmisvõimalusega nihikule kaks lisadetaili.

Nihiku tagumisse otsa on lisatud kaks identset lisadetaili, mis võimaldavad mõõta faase ja raadiuseid. Detaili nihiku mõõtmisteljesuunaline pikkus on teada (10 mm). Nihik nullitakse nihiku algasendis ja seejärel tehakse mõõtmine, millest seejärel lahutatakse eelpoolmainitud 10 mm. Olenevalt kas tegu raadiuse või faasiga valitakse valem ja arvutatakse tulemus.

Seadme hinnaks on nihiku hind (Mitutoyo digitaalne 150 mm nihik [6] – 115€) ja lisadetailide ning kinnitusvahendite hind (hinnanguliselt maksimaalselt 50€ kokku). Seadme koguhind on seega ligikaudu 165€.

Seadme puuduseks on sõltuvus mõõtjast – nurk ja jõud, millega mõõdistusi tehakse on varieeruvad. Seeläbi pole seadme täpsus antud ülesande jaoks piisav.

1.3.2. Optilised mõteseadmed

Optilistest mõteseadmetest sai uuritud kolme seadet:

- GapGun Edge Break+
- Alicona InfiniteFocus G5
- Walter Helicheck Plus

GapGun Edge Break+ [7]



Sele 1.2. GapGun EdgeBreak+ [8]

GapGun EdgeBreak+ on käeshoitav optiline mõteseade, mis on mõeldud eelkõige turbiinidetailide faaside ja raadiuste mõõtmiseks.

Hinda ei olnud võimalik turu-uuringu käigus leida.

Seadmega ei ole tõenäoliselt võimalik mõõta väikeseid matriitse, sest seadme mõõtepea/käpp ei ole piisavalt väike.

Alicona InfiniteFocus G5 [9]



Sele 1.3. Alicona InfiniteFocus G5 [10]

Alicona InfiniteFocus G5 on optiline 3D koordinaatmõõtemasin, mida kasutatakse lõiketööriistade - freeside ja puuride - mõõtmiseks.

Seadme baasmudeli hind on 102610€, koos lisadega 135890€. [11]

Walter Helicheck Plus [12]



Sele 1.4. Walter Helicheck Plus [13]

Walter Helicheck Plus on 4 arvjuhitud teljega optiline mõõteseade, mis suudab mõõta väga väikeseid lõiketööriistu – freesid, puurid, astmepuurid, astmetööriistad ja profileerimistöööriistad.

Seadme baasmudeli hind on 116200€, koos lisadega võib hind ulatuda üle 300000€. [14]

Tabel 1.1. Mõõteseadmete võrdlus

Seade	Modifitseeritud nihik	GapGun Edge Break+ [15]	Alicona InfiniteFocus G5 [9]	Walter Helicheck Plus [12]
Mõõtetäpsus	madal	10 µm	10 nm	(1,4+L/300 mm) µm
Korratavus			0,8 µm	≤ 1 µm
Kasutusmugavus	rahuldav	hea	väga hea	väga hea
Mõõtetulemuse saamise kiirus		2 s		
Hind [€]	165	kõrge	102610	116200

Antud võrdlusest selgub, et käsitletud optilised seadmed täidaks täpsuse osas projekteeritava mõõteseadme vajadused, kuid hinnaklass on väga kõrge. Seda kindlasti ka seetõttu, et antud seadmete eesmärk on mõõta palju suurema täpsusega lõiketööriistu – just täppisfreesimiseks mõeldudööriistu - või siis täppisvalmistatud detaile (Third'i GapGun Edge Break+).

Mehaaniline seade – modifitseeritud nihik – on lihtsa tööpõhimõttega, kuid täpsus pole soovitud mõõdistuste jaoks sobilik. Samas on modifitseeritud nihiku tööpõhimõte üks võimalikke variante kuidas projekteerida mõõteseade.

2. SEADME TEHNILISED PARAMEETRID

Mõõteseadme projekteerimist alustades seadsin järgmised eesmärgid.

Mõõtetulemus peab olema sõltumatu:

- tööriista geomeetriast;
- tööriista materjalist ja pinnakattest.

Vaja on mõõta nii templeid kui ka matriitse, suuruses 1 mm kuni 100 mm, lisaks erinevad geomeetriad – ümarad, kandilised, ristkülikukujulised, ovaalsed ja muud erikujud. Mõju ei tohiks avaldada templite ja matriitside koonilisus/*backtaper/slughugger*.

Templite ja matriitside pinnakatted (templeid ja matriitse kaetakse erinevate pinnetega ja ka termotöödeldakse) ja materjal (templeid ja matriitse valmistatakse nii kiirlõiketerasest kui ka näiteks pulbermetallist) ei tohi mõõtmistulemust mõjutada.

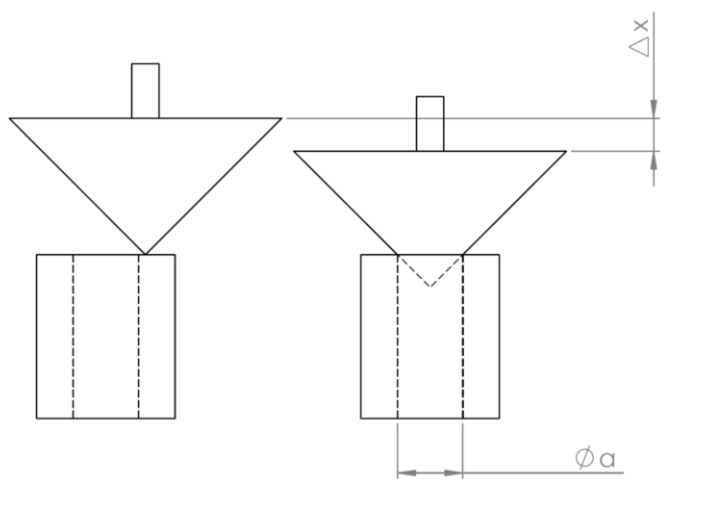
Mõõtetulemus peab olema kiire – alla 30 sekundi. Mõõtetulemuse saamiseks võib teha kuni 2 mõõtmist.

Mõõteulatus peab olema vähemalt (0,05-0,5) mm. Mõõtetäpsus $\pm 0,05$ mm, soovitatavalt $\pm(0,01-0,02)$ mm.

3. SEADME KONTSEPTUAALSED VÕIMALIKUD LAHENDUSED

3.1. Sügavusmõõtmine tööriista pikisuunas

Raadiuse väärtus mõõdetakse tööriista pikisuunas. Tehakse kaks mõõtmist, esimene mõõtmine tööriista tasapinna suhtes (referentspind) ja teine mõõtmine kuuli või koonilise otsikuga lõikeservale toetudes.



Sele 3.1. Sügavusmõõtmise põhimõtteskeem

Antud lahendus nõuab mitmes suuruses kuul- ja koonilisi otsikuid vastavalt sellele mis suuruses templi või matriitsiga on tegemist.

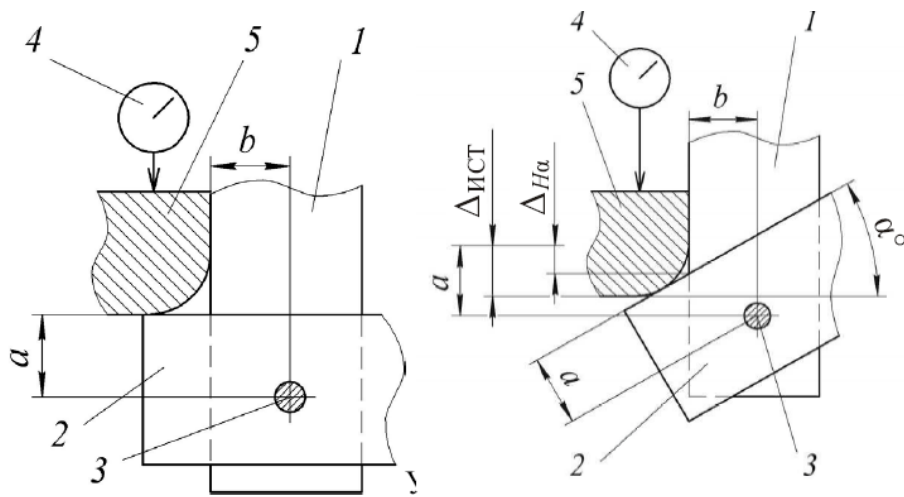
Tööriista nimigeomeetriat tuleb eraldi mõõta või kasutada teoreetilisi nimimõõtmmeid, mis avaldab mõju mõõtetäpsusele ja ületab eesmärgiks seatud 2 mõõtmist mõõtetulemuse saamiseks.

Seadet on lihtne konstrueerida, sest tuleb tagada ainult mõõtevahendi ristseis tööriista tasapinnaga. Kasutada saab olemasolevaid vertikaalmõõtevahendeid.

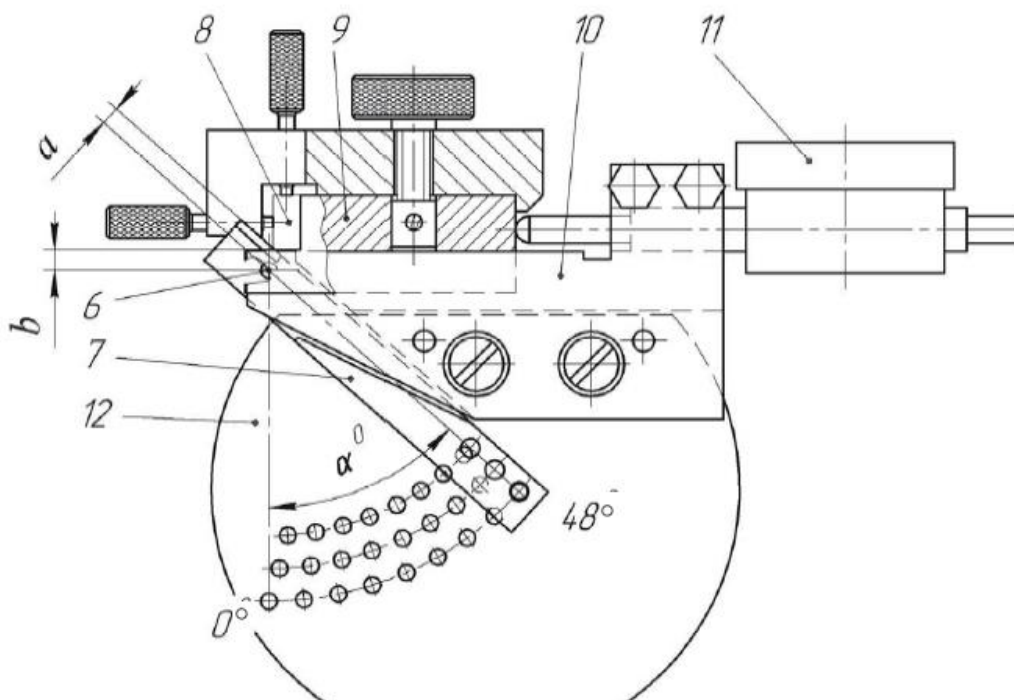
Konstruksiooni puuduseks on vajadus suure arvu erinevate mõõtmega täpselt valmistatud mõõteotsikute järele ja nimimõõtmete kasutamine mõõtetulemuse saamiseks.

3.2. Liikuva kangiga mõõtmine

Seade, nn liikuva kangiga mõõtmine [16], on kraadi või teravate servade eemaldamisel tekkiva raadiuse mõõtmiseks ja funktsiooni poolest sobiks ka projekteeritava seadme jaoks.



Sele 3.2. Liikuva kangiga mõõtmise tööpõhimõte



Sele 3.3. Liikuva kangiga mõõteseadme skeem

Skeemi legend:

6 – pöörlemistelg, 7 – kang, 8 – katsekeha, 9 – liikuv osa, 11 – indikaator kell

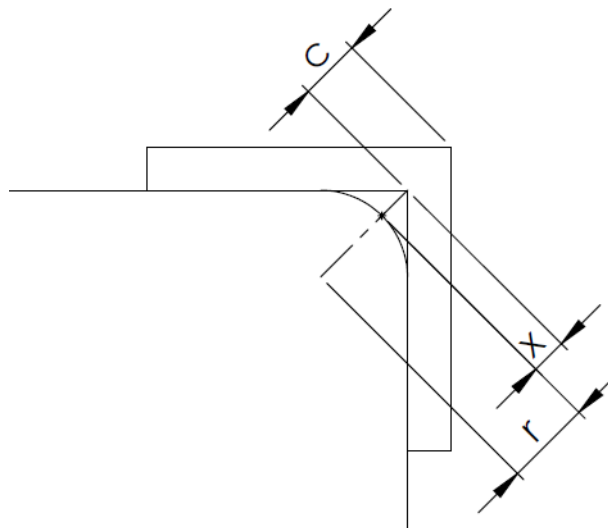
Täpsus peaks ideaalsel juhul võrduma indikaatorkella (0,01 mm) või muu mõõteriista täpsusega. Sellisel juhul a ja b mõõtmed peavad olema suure täpsusega tehtud.

$$\Delta_{Ha} = a - \frac{a - b \sin(\alpha)}{\cos(\alpha)},$$

Sele 3.4. Arvutusvalem

Lahenduse puuduseks on konstruktsiooni keerukus. Väikse mõõduga matriitside mõõtmiseks peab kang olema väikese läbimõõduga (1 mm) ja lisaks veel kinnitatud korpuse külge. Mis tähendab väga suurt täpsust ja suurt keerukust konstruktsiooni valmistamisel.

3.3. Mõõtmine 45° all



Sele 3.5. Mõõteviisi eskiis

Antud lahenduse aluseks on modifitseeritud nihiku mõõtemetoodika, mis leidis käsitlemist ka mehaaniliste mõõteseadmete peatükis.

Mõõtevahend (nt nihkeandur, kruvik, nihik) asub templi või matriitsi pinna suhtes 45° nurga all. Tehakse kaks mõõtmist. Esimene mõõtmine referentsdetailita ja teine mõõtmine

referentsdetailiga. Referentsdetaili 45° nurga all olev mõõde on teada, seda kasutatakse konstandina (eskiisil mõõde c). Esimese mõõtmise tulemusest lahutatakse teise mõõtmise tulemus ja mõõde c ning saadakse mõõde x.

Täisnurkse kolmnurga valemist saadakse taandatud ruutvõrrand, mille lahend on:

$$r = (1 + \sqrt{2})x; \text{ kus}$$

r on kulumisraadius

Antud lahendus nõuab vähe liikuvaid komponente ning mõõtmine on lihtne. Mõõtetulemus on võrdeline raadiuse väärtusega. Mõõteotsik nõuab suurt täpsust ja tuleb valmistada kulumiskindlast materjalist ja hea valmistamistäpsusega. Teoreetiliselt on liikuvaid osi ainult kaks – mõõtevahend ja referentsdetail (mõõteotsiku alumine osa).

4. KOMPONENTIDE VALIK

4.1. Mehaaniliste komponentide valik ja projekteerimine

Mehaaniliste komponentide valik on jaotatud 5 alakategooriasse:

- mõõteriista valik;
- mõõteriista aluse valik;
- mõõteriista ja aluse omavahelise detaili projekteerimine;
- mõõteotsiku projekteerimine;
- tööriistade kinnituse valik/projekteerimine

Igas kategoorias osutus valituks viimasena käsitletud variant.

4.1.1. Mõõteriist

Mõõtevahendina on võimalik kasutada erinevaid mõõtevahendeid – nihikut, kruvikut ja nihkeandurit.

Nihikud on universaalsed mõõteseadmed, mis sobivad üldotstarbelisteks mõõtmisteks. Nende kasuks räägib ka soodne hind – Mitutoyo 150 mm tööulatusega elektrooniline nihik maksab 115€. [6]

Nihiku puuduseks on sõltuvus mõõtjast, mõõdetavale detailile rakendatav jõud on igal korral erinev, sügavusmõõtmisel esineb külgsuunas läbipaindumist.

Nihkeandur - Gefran pakub 50 mm tööulatusega nihkeandurit, mis on vedruga tagastuv. [18] Reeglina kasutatakse nihkeandureid kohtades, kus mõõdetav detail on võimalik ühendada nihkeanduriga jäigalt – seega neil pole tagastusmeetodit. Antud nihkeandur on vedruga tagastuv, mis projekteeritavale mõõteseadmele sobib hästi, sest mõõdetava detailiga pole võimalik andurit jäigalt siduda.



Sele 4.1. Gefran PY2 nihkeandur [17]

Tabel 4.1. Gefran PY2 nihkeanduri näitajad [18]

Mõõteulatus [mm]	50
Näidu täpsus	piiramatu
Mõõteriista täpsus / Lineaarsus [%]	$\pm 0,1$
Hind [€]	130 [18]

Näidu täpsus on piiramatu, kuid mõõteriista täpsus on $\pm 0,1\%$ mõõdetud väärtuse kohta ja ulatub seega mõõteulatuse keskel (25 mm) $\pm 0,025$ mm-ni ja maksimaalsel mõõteulatusel (50 mm) koguni $\pm 0,05$ mm-ni.

Nihkeanduri kasuks räägib võrdlemisi madal hind. Gefrani nihkeandurite kasuks räägib lisaks ka 3D mudelite olemasolu, mis muudab nende valmistatud andurite kasutamise projekteerimisel mugavaks.

Nihkeanduri puudusteks on madal mõõtetäpsus antud seadme projekteerimise mõistes – ulatub kuni mõõteseadme soovitud minimaalse mõõtetäpsuseni. Arvestades, et mõõteseadme täpsust ei määra ainult mõõteriista täpsus vaid ka teiste komponentide täpsus, võib soovitud täpsuse saavutamine osutuda keeruliseks.

Kruvik - lisaks nihikutele ja nihkeanduritele on mõõteriistana kasutatav ka kruvik (täpsemalt kruvikupea).

Kruvikute kasuks räägib suur täpsus, mõõteriistal esitatav näit ning lihtne käsitlemine.

Mitutoyo pakub lisaks valmis kruvikutele ka eraldi nn kruvikupäid, mida on hea kasutada masinate ja eriotstarbeliste mõõteseadmete osadena.



Sele 4.2. Mitutoyo kruvikupea 350-254-10 [19]

Tabel 4.2. Mitutoyo 350-254-10 kruvikupea näitajad [20]

Mõõteulatus [mm]	25
Näidu täpsus [mm]	0,001
Mõõteriista täpsus [mm]	$\pm 0,002$
Hind [€]	462

Mudel 350-254-10 on mittepöörlev [21] seeläbi vähendades kontaktpindade kulumist miinimumini.

4.1.2. Mõõteriista alus

Marmorplaat on marmorist valmistatud suure tasapinnalisusega aluslaud, mida kasutatakse paljude üldotstarbeliste mõõtmiste tegemiseks.

Mitutoyo pakub väikseid marmorlaudu eelkõige komparaatorite ja indikaatorkellade kinnitamiseks. Mudeli 215-156-10 hind on 652€ [22]



Sele 4.3. Mitutoyo marmorlauad [23]

Antud marmorlaua puuduseks on puudulikud võimalused mõõtedetaili kinnitamiseks lauale, mis projekteeritava mõõteseadme jaoks on vajalik. Samuti on reguleeritav ainult üks mõõt – kõrgus tasapinna suhtes. Projekteeritav mõõteseadme vajab vähemalt kahe telje suhtes positsioneerimist.

Makettplaat koos XYZ-lineaarjuhkude ja pöördjuhkuga

Thorlabs pakub eelkõige optiliste süsteemide ehitamiseks mõeldud nn makettplaate, mille ülemine ja alumine plaat on roostevabast terasest, milles on M6 avad, mis muudab teiste detailide paigaldamise antud alusele mugavaks ja lihtsaks. Antud makettplaatide tasapinnalisus on $\pm 0,1$ mm 1 m² pindala kohta. Mudeli B3060A 30 x 60 cm hind on 597,76€. [24]



Sele 4.4. Thorlabs Nexus makettplaat [25]

Thorlabs pakub ka modulaarseid ühe-, kahe- ja kolmeteljelisi-lineaarjuhikuid. Mudel LT3/m on kolmeteljeline lineaarjuhik tööulatusega ± 25 mm iga telje suhtes. Ortogonaalsus on vähem kui 2 mrad. [26]



Sele 4.5. Thorlabs LT3/m XYZ-lineaarjuhik [27]

LT3/m hind on 1092,6€. [26]

Lisaks pakub Thorlabs ka pöördjuhikuid. Mudel PR01/M on kinnitatav LT03/m XYZ-lineaarjuhiku külge ja võimaldab 360° pöördeulatust. PR01/M hind on 286,2€. [28]

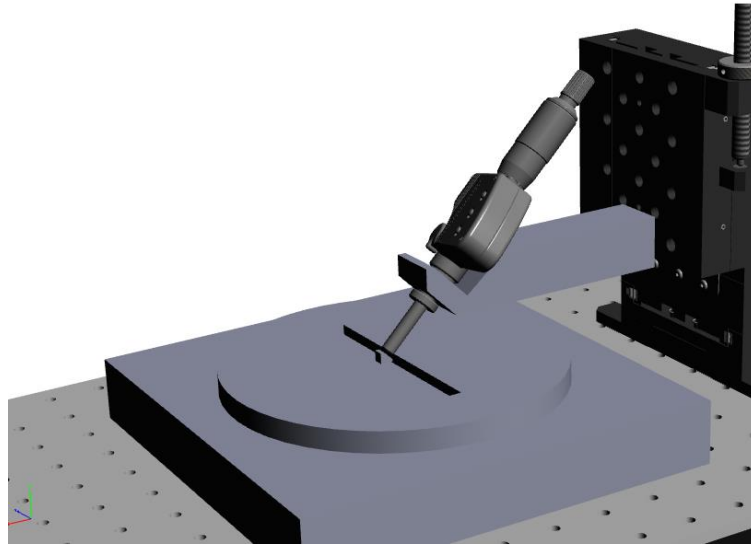


Sele 4.6. Thorlabs PR01/M pöördjuhik [29]

Projekteerimise hilisemas etapis selgus, et lineaarjuhikut ei saa otse pöördjuhiku külge kinnitada ning mõistlik on kasutada kinnitamiseks vaheplaati (vt Lisade alt Vaheplaat).

4.1.3. Mõõteriista ja aluse omavahelise detaili projekteerimine

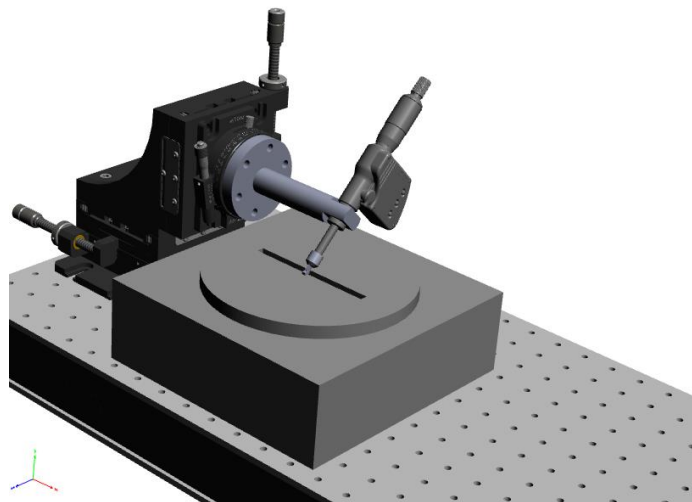
Esialgne idee oli projekteerida mõõteriista ja alust omavahel ühendav detail ilma alusele kinnitatava pöördjuhikuta, kuid see oleks muutunud ühendava detaili keerukaks.



Sele 4.7. Pöördjuhikuta ühendav detail

Selline lahendus viis kruvikupea kaugele XYZ-lineaarjuhikust, sest kruvikupea ülemine osa vajas ruumi.

Et lähendada XYZ-lineaarjuhikut ja kruvikupead ning lühendada ja lihtsustada ühendavat detaili sai otsustatud kasutada pöördjuhikut ja pöörata kruvikut XY-tasapinna suhtes 90° .



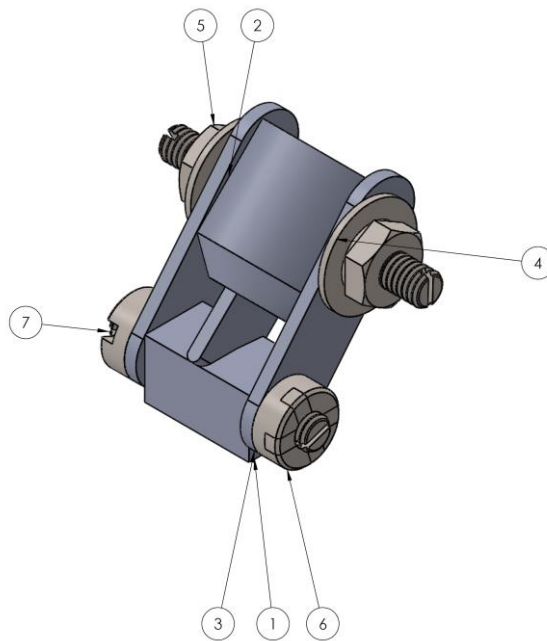
Sele 4.8. Pöördjuhikuga ja pööratud kruvikuga ühendav detail

Sellise lahenduse puhul on ühendav detail lihtsam, detail ei nõua enam nii suurt täpsust, sest pöördjuhikuga on võimalik mõõteseadet paika panna.

4.1.4. Mõõteotsiku projekteerimine

Mõõteotsiku projekteerimisel oli põhiliseks piiravaks asjaoluks detaili väiksus. Kuna mõõta tuleb alates 1 mm läbimõõduga detaile, oli kohe selge, et otsik peab olema väike, vastupidavast materjalist ja valmistatud suure täpsusega.

Et vältida väga täpset templite ja matriitside positsioneerimist mõõteseadmes, sai otsustatud koostada mõõteotsik kahest osast, mis üksteise suhtes saavad liikuda ligikaudu ± 2 mm, kuid liikumistelg peab olema risti mõõtmisteljega.



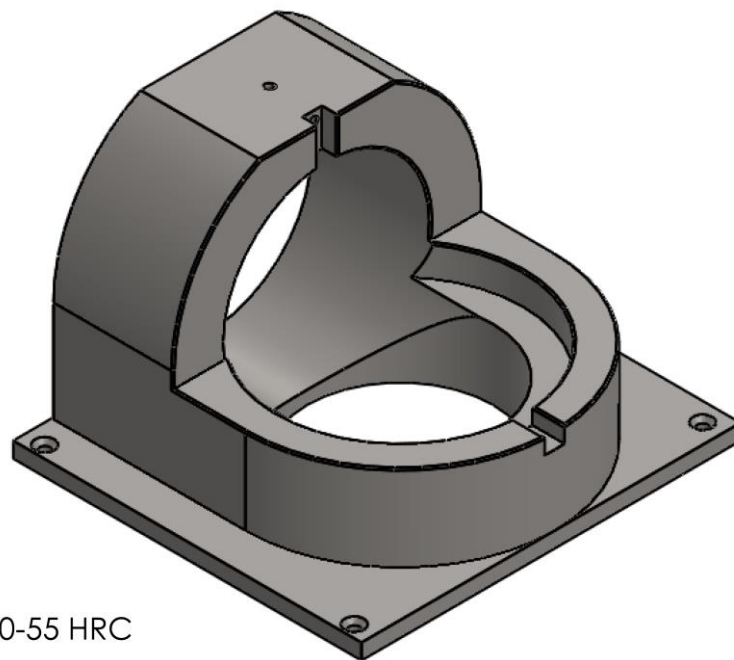
Sele 4.9. Mõõteotsiku 3D vaade

Mõõteotsiku osad 1 ja 2 saavad omavahel liikuda. Mõõteotsiku osa 1 sisselõike küljed töötavad juhikuna osa 2 suhtes. Mõlemas detailis on kaks M2,5 keerrestatud ava, mille külge kinnituvad piirajana töötavad küljeplaadid 3. Küljeplaadis on ovaalne ava, mis võimaldab mõõteotsiku osade omavahelist liikumist ning liikumisulatus võimaldab

mõõdeotsiku osa 1 pöörämist osa 2 suhtes sel määral, et osa 1 saab liigutada esimese mõõtmise ajaks osa 2 peale (toetab osale 2 ja kruviku mõõdeotsa silindrilisele osale).

4.1.5. Tööriistade kinnituse valik/projekteerimine

Templite ja matriitside kinnitus põhineb suurelt jaolt olemasolevate Thick Turret ühest tööriistasuurusest teise üleminekuadapteritel. Seadme jaoks on valmistatud vaid E-pesa ühitatud (nii templitele kui matriitsidele) mõeldud kinnitus, väiksemate pesade tööriistade kinnitamiseks kasutatakse üleminekuadaptereid. Kinnitus on positioneeritud Amada originaal-E-pesa juhikute tihvtidega.



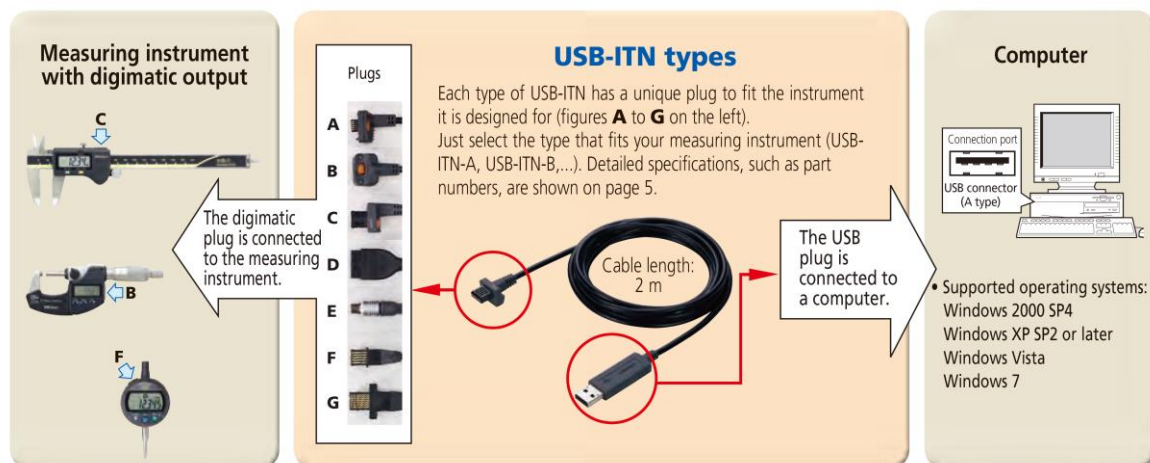
Sele 4.10. Tööriistade kinnitusdetaili 3D vaade

Detaili juhikuna töötavad pinnad ja tihvtide sisselõigete pinnad tuleb valmistada suure täpsusega, juhikud peavad soovitatavalt olema ka suure kõvadusega, et vältida enneaegset kulumist.

4.2. Elektroonikakomponentide valik ja seadme juhtimine

Ühendamine arvutiga

Mitutoyo kruvikupea 350-254-10 võimaldab otse ühendamist arvutiga läbi USB-pordi. Selleks kasutatakse USB-ITN-B kaablit 06ADV380B, [30] hind on 176€. [31] Seejärel töötab kruvikupea sisendseadmena (klaviatuurina) ja mõõteväärtusi saab kasutada-salvestada erinevates Windows programmides. Mõõteväärtuse saatmine toimub kaabli küljes oleva väikese lüliti kaudu (toimib nagu *Enter* klahv klaviatuuril).



Sele 4.11. Kruviku ühendusskeem arvutiga [30]

Programm

```
programm MõõdaRaadiust()
defineeri c //konstant – referentsdetaili mõõde
loe x1 //mõõteväärtus referentsdetailita
loe x2 //mõõteväärtus referentsdetailiga
x=x2-x1-c
r=(1+√2)*x
prindi r
lõpeta programm
```

Sele 4.12. Programmi pseudokood

Kasutajaliides

Esialgne kasutajaliides baseerub Microsoft Excel tarkvaral. Automaatselt arvestatakse ka laiendmääramatus. Nii x2 kui ka x1 mõõtmisi tasub teha vähemalt 2 korda, et laiendmääramatus u1 (mõõdistest sõltuv komponent) oleks sisse arvestatud.

Mõõdis	1.	2.	3.
x2 [mm]	2,162	2,161	2,159
x1 [mm]	0,081	0,079	0,082
c [mm]	2		

$$r = (0,193 \pm 0,01) \text{ mm}$$

Sele 4.13. Exceli-baasil kasutajaliides

5. MÕÖTETULEMUSE LAIENDMÄÄRAMATUS

Veendumaks, et projekteeritud mõõteseade täidab püstitatud eesmärged, arvutasin näidisingandmetega laiendmääramatuse.

Kulumisraadiuse valem on:

$$r = (1 + \sqrt{2}) \cdot (x_2 - x_1 - c), \text{ kus}$$

r on kulumisraadius [mm],

x_2 on mõõtmistulemus referentsdetailiga [mm],

x_1 on mõõtmistulemus referentsdetailita [mm],

c on referentsdetaili mõõtmisteljesihiline mõõde [mm], käsitletav konstandina.

Liitstandardmääramatuse $u(y)^2$ arvutan valemist: [32]

$$u(y)^2 = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2, \text{ kus}$$

u_1^2 on korduskatsetest tulenev liitstandardmääramatuse komponent,

u_2^2 on mõõteriista täpsusest tulenev määramatus ja

u_3^2 on mõõteriista näidu mõõtemääramatus.

Kus:

$$u_1 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2\sqrt{3}} \text{ kui mõõdiste arv on väiksem kui 10, kus}$$

x_{\max} on suurim valimi mõõdistustulemus ja

x_{\min} on väikseim valimi mõõdistustulemus

$$u_2 = \frac{\Delta}{k}, \text{ kus}$$

Δ on mõõteriista veapiirid ja

k on kattetegur ($k=2$, 95% usaldatavus)

$$u_3 = \frac{c}{\sqrt{3}}, \text{ kus}$$

kus c on mõõteriista jaotusväärtus

Laiendmääramatus on:

$$U = k \cdot u(y)$$

Näidisandmetega:

x2 [mm]	2,162	2,161	2,159
x1 [mm]	0,081	0,079	0,082

on laiendmääramatus $U=0,0029$ mm.

Kuna kulumisraadiuse mõõtetulemus on saadud kaudse mõõtmise teel siis arvutan laiendmääramatuse mõõtetulemuse liitdispersiooni hinnangu kaudu:

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$$

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x} \quad , \text{ kus}$$

c_i on tundlikkustegur, mis iseloomustab väljundsuuruse hinnangu sõltuvalt sisendhinnangute $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ muutumisest,

$u(x_i)$ on standardmääramatuse hinnang.

Liitstandardmääramatus:

$$u_i(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u(x_i)^2 \cdot c_i^2}$$

$$u^2(r) = c^2(x_2) \cdot u^2(x_2) + c^2(x_1) \cdot u^2(x_1)$$

$$u^2(r) = 2,4142^2 \cdot 0,0014^2 + (-2,4142)^2 \cdot 0,00145^2 = 0,000024(mm)$$

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x} \text{ osatuletis ed :}$$

$$c(x_2) = \frac{\partial r}{\partial x_2} = 1 + \sqrt{2} = 2,4142()$$

$$c(x_2) = \frac{\partial I}{\partial R} = -(1 + \sqrt{2}) = -2,4142()$$

$$u(x_2) = \frac{x(x_2)}{k} = \frac{0,0029}{2} = 0,00145(mm)$$

$$u(x_1) = \frac{x(x_1)}{k} = \frac{0,0029}{2} = 0,00145(mm)$$

Mõõtetulemuse laiendmääramatuse leian valemiga:

$$U(r) = u(r) \cdot k = 0,005 \cdot 2 = 0,001 \text{ mm, kus}$$

$$u(r) = \sqrt{u^2(r)} = \sqrt{0,000024} = 0,005 \text{ mm ehk ruutjuur liitdispersioonist.}$$

Seeläbi saan vastuse:

$$r = (0,193 \pm 0,01) \text{ mm}$$

Antud vastus rahuldab täielikult projekteerimisel seatud eesmärke.

6. OHUTUS JA MAJANDUSLIK ANALÜÜS

6.1. Ohutus

Mõõteseade ei sisalda automaatselt liikuvaid osi. Jõud, mida rakendatakse on väikesed. Projekteeritud detailide teravad servad on eemaldatud. Suurim vigastuseoht esineb suurte matriitside ja templite käsitlemisel, kuid lehekeskuste operaatorid on nende käsitlemises üldjuhul koolitatud.

Kuna mõõteseade mõõdab väikeseid suurusi, siis tasuks järgida järgmisi nõudmisi:

- Enne mõõtmist veendu, et mõõteseade on puhas. Vajadusel puhasta mõõteseade.
- Puhasta mõõteseadet peale igat kasutamist niiske lapi ja pehmetoimelise puhastusvahendiga. Kruvik on tolmu- ja veekindel, vajadusel puhasta ka kruvikut. Ära kasuta abrasiivseid vahendeid ega lahusteid.
- Jälgi enne kasutamist, et mõõteseadme kaabel on terve.
- Ära luba seadmel lööke ega vibratsiooni taluda.
- Hoida mõõteseade eemal magnethäireid põhjustavatest seadmetest.
- Ära hoida mõõteriista plahvatus- ja süttimisohtlike ainete läheduses.

6.2. Majanduslik analüüs

Tabel 6.1. Mõõteseadme hinnaarvutus

Nimetus	Firma	Kood	Hind [€]
kruvikupea	Mitutoyo	350-254-10	462
alusplaat	Thorlabs	B3060A 30 x 60 cm	597,76
XYZ-lineaarjuht	Thorlabs	LT3/m	1092,6
pöördjuht	Thorlabs	PR01/M	286,2
USB-ITN kaabel	Mitutoyo	06ADV380B	176
mõõteotsik			350
mõõteriista ja aluse vaheline detail			100
vaheplaat			100

üleminekuadapterid [33]	Mate		2253,87
tööriistade kinnitus			350
E-pesa templi ja matriitsi juhikute tihvtid [34]	Amada		50
lisakulud (kinnitusvahendid jms)			150
Kokku			5968,43

Mõõteseadme hind on suurusjärgus 6000€. Võrreldes käsitletud optiliste mõõteseadmetega on see vaid (5-6)% optiliste mõõteseadmete hinnast.

Konservatiivselt hinnates kui tööriistapargi uuendamisele kulub kuus 10000€ ja mõõteseade vähendab tööriistapargi uuendamise vajadust 5% siis on mõõteseadme tasuvusaeg 12 kuud ehk 1 aasta, mis on väga mõistlik tasuvusaeg ja õigustab seeläbi investeeringut mõõteseadmesse.

KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöö teema arenes välja ettevõtte Scanfil OÜ vajadusest mõõta lehtmetsa lõikestantsimistööriistade – nii templite kui ka matriitside – kulumisraadiuseid, et tagada tööriistade õige ja õigeaegne teritamine. Töö valmis Alina Sivitski juhendamisel.

Töö esimeses kolmandikus hinnati praktikas kasutatavaid meetodeid ja turul olevaid seadmeid ning seejärel püstitati seadme tehnilised parameetrid lähtuvalt eesmärgist. Turu-uuring tõi selgelt välja ka, et antud eesmärgi jaoks sobiva hinna-täpsuse suhtega seadet, polnud võimalik leida, õigustades seeläbi mõõteseadme projekteerimise vajalikkust.

Töö teises kolmandikus võrreldi kolme kontseptuaalselt võimalikku lahendust – valiti neist 45° all mõõtmise, valiti sobivad mehaanika ja elektroonikakomponendid ning 3D projekteeriti vajaminevad lisadetailid. Komponentide valik tehti mitmete erinevate variantide seast, otsustades püstitatud tehnilisi parameetreid täitvate komponentide kasuks.

Töö viimases kolmandikus määrati nädisandmetega mõõtetulemuse laiendmääramatus, mis rahuldab püstitatud eesmärgi täielikult. Samuti käsitleti ohutust ning analüüsiti seadme majanduslikku tasuvust – konservatiivsete arvutuste kohaselt on tasuvusaeg 1 aasta.

Töö alguses püstitatud eesmärgid said peaaegu täielikult täidetud – sõltumatus tööriistade koonilisusest/*backtaper/slughugger* on küsitav – info polnud töö koostamise ajal kättesaadav. Samuti 2 mõõtmise tingimust tuli kohandada – laiendmääramatuse täpsema hindamise ja mõõtmistäpsuse huvides on mõistlik teha vähemalt 2+2 mõõtmist. See-eest laiendmääramatus nädisandmetega täitis täielikult püstitatud eesmärgi. Samuti saab rahul olla projekteeritud mõõteseadme hinnaga, mis moodustab vaid (5-6)% käsitletud optiliste mõõteseadmete hinnast.

SUMMARY

This Bachelor's thesis grew out of the need of Scanfil OÜ to measure sheet metal thick turret tools – both punches and dies – wear radii to assure grinding in the right time and right amount. Thesis was done under the guidance of Alina Sivitski PhD.

The first third of the thesis evaluates practiced methods and covers market research for measuring devices. After that necessary technical parameters were established. Market research also clearly showed that no suitable device with suitable price-accuracy ratio was found thus justifying the need to design such measuring device.

The second third establishes 3 conceptions for the device – from which measuring under 45° is chosen. Also mechanical and electronical components are chosen and extra parts 3D designed. Components are chosen from variety of options opting for those which fulfill the requirements.

In the last third expanded uncertainty is calculated with sample measurements. The values of expanded uncertainty fulfilled the requirements totally. Also safety aspects and economical calculations are done – with conservative calculations the payback period is 1 year.

The technical parameters are almost fully filled – independence from conicity/backtaper/slughugger is questionable – the information was not available when the thesis was made. Also the requirement to take only 2 measurements was slightly adapted – for better accuracy and more accurate expanded uncertainty calculation 2+2 measurements should be taken. But nevertheless expanded uncertainty with sample data fulfilled the set targets totally. Also one can be satisfied with the price of the device – only (5-6)% of the optical measuring device price.

Kirjanduse loetelu

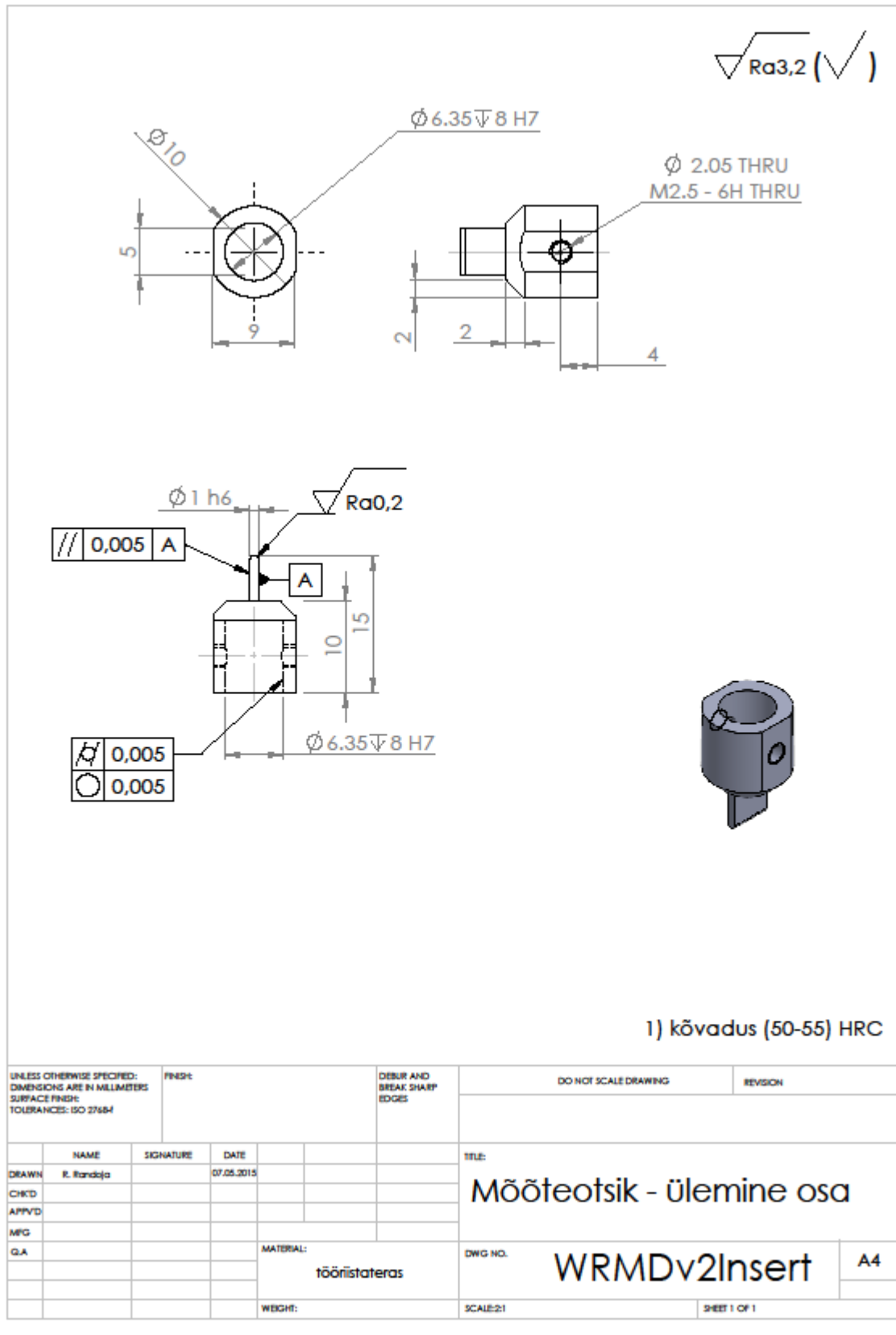
1. [www] <http://www.mate.com/en/technical-resources/tips-techniques/tips-2/tips-3/>
(26.04.2015)
2. [www] <http://www.slideshare.net/001cle/1-basic-punching-theory-tt-2010>
(26.04.2015)
3. [www] <http://www.starrett.com/metrology/metrology-products/precision-measuring-tools/fixed-gage-standards/Radius-Gages> (26.04.2015)
4. [www] <http://www.amazon.com/Mitutoyo-186-110-Radius-Leaves-1-75mm/dp/B001OBSESY> (26.04.2015)
5. [www] <http://www.f-m-s.dk/Chamfer.Radius.pdf> (26.04.2015)
6. [www] <http://www.amazon.com/Mitutoyo-ABSOLUTE-500-196-20-Stainless-Resolution/dp/B001C0ZPNO> (26.04.2015)
7. [www] <http://www.third.com/products/gapgun-range/gapgun-edge-break>
(26.04.2015)
8. [www] http://www.third.com/images/Edge_break.jpg (26.04.2015)
9. [www] http://www.alicon.com/home/pdf/Optical_3D_Measurement_of_the_real_edge_contour_CMM_about_Alicona_02.pdf (26.04.2015)
10. [www] http://www.alicon.com/home/uploads/pics/InfiniteFocus_G5_Measurement_of_form_and_roughness_Alicona.png (26.04.2015)
11. [e-mail] E-mail „Alicona Quotation for InfiniteFocus G5“ (30.03.2015)
12. [www] <http://www.walter-machines.com/en/products/measuring/helichheck-plus.html> (26.04.2015)
13. [www] http://cdn.walter-machines.com/typo3temp/pics/HELICHECK_PLUS_5a1d43b27e.png
(26.04.2015)
14. [e-mail] E-mail „Walter pakkumine / FW: Quotation - Helichheck Plus“
(02.04.2015)
15. [www] http://www.third.com/images/PDF/GapGun_Edge_Break_Brochure.pdf
(26.04.2015)

16. [www] http://vestnik.pstu.ru/engine/get_file.php?f=114&d=res/fs/&p=file.pdf&n=%CC%E0%EA%E0%F0%EE%E2%20%C2.%D4.,%20%C2%E8%ED%EE%E3%F0%E0%E4%EE%E2%20%C0.%C2.%20%C8%C7%CC%C5%D0%C5%CD%C8%C5%20%CF%D0%CE%D4%C8%CB%DF%20%D1%CA%D0%D3%C3%CB%C5%CD%CD%DB%D5%20%CA%D0%CE%CC%CE%CA%20%CE%C1%D0%C0%C7%D6%CE%C2%20%CF%D0%C8%20%C8%D1%D1%CB%C5%C4%CE%C2%C0%CD%C8%C8%20%CE%C1%D0%C0%C1%CE%D2%CA%C8%20%CA%D0%CE%CC%CE%CA%20%C4%C8%D1%CA%CE%C2%20%C3%D2%C4%20%C0%C1%D0%C0%C7%C8%C2%CD%CE-%CF%CE%CB%C8%CC%C5%D0%CD%DB%CC%C8%20%D9%C5%D2%CA%C0%CC%C8 (29.04.2015)
17. [www] <http://www.gefran.com/system/uploads/product/73/photo/PY2.jpg>
(26.04.2015)
18. [www] <http://www.gefran.com/en/download/3213/attachment/en> (26.04.2015)
19. [www] <http://ecx.images-amazon.com/images/I/71ad7839EkL.SL1500.jpg>
(26.04.2015)
20. [www] [http://mitutoyo.incony.de/web/mitutoyo/en_GB/all/all/Digital%20Micrometer%20Heads/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/350-254-10/\\$productCard/parameters/index.xhtml](http://mitutoyo.incony.de/web/mitutoyo/en_GB/all/all/Digital%20Micrometer%20Heads/$catalogue/mitutoyoData/PR/350-254-10/$productCard/parameters/index.xhtml) (26.04.2015)
21. [www] <http://ecatalog.mitutoyo.com/Digimatic-Micrometer-Heads-Series-350-C1546.aspx> (26.04.2015)
22. [www] [http://mitutoyo.incony.de/web/mitutoyo/en_GB/mitutoyo/01.05.02/Granite%20comparator%20stand/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/215-156-10/index.xhtml](http://mitutoyo.incony.de/web/mitutoyo/en_GB/mitutoyo/01.05.02/Granite%20comparator%20stand/$catalogue/mitutoyoData/PR/215-156-10/index.xhtml)
(26.04.2015)
23. [www] <http://mitutoyo.incony.de/pim/upload/mitutoyoData/image/bigweb/serie215.jpg>
(26.04.2015)
24. [www] <http://www.thorlabs.de/thorproduct.cfm?partnumber=B3060A> (26.04.2015)
25. [www] <http://www.thorlabs.de/images/xlarge/25473-xl.jpg> (26.04.2015)
26. [www] <http://www.thorlabs.de/thorproduct.cfm?partnumber=LT3/M> (26.04.2015)
27. [www] <http://www.thorlabs.de/images/xlarge/12357-xl.jpg> (26.04.2015)

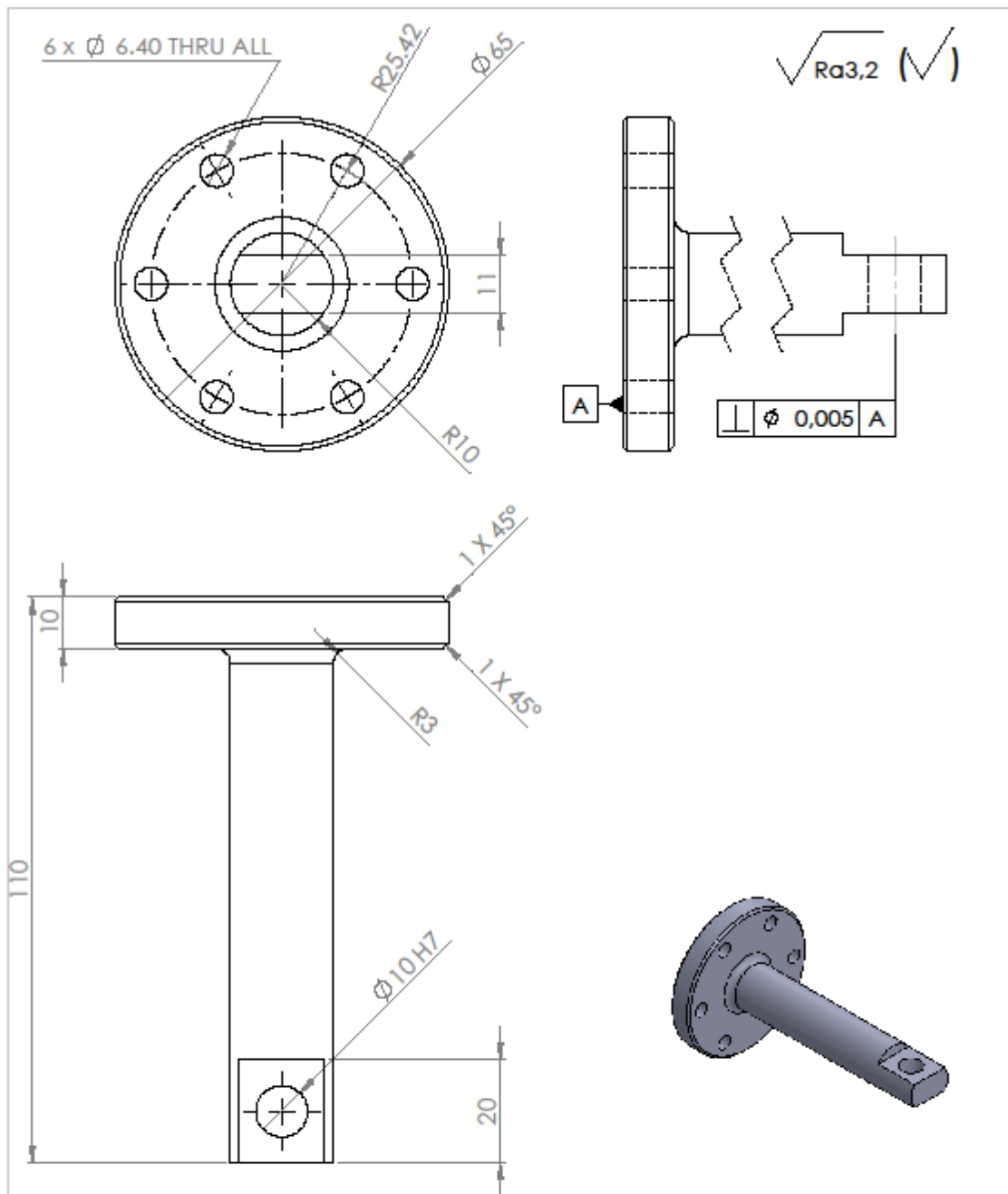
28. [www] <http://www.thorlabs.de/thorproduct.cfm?partnumber=PR01/M> (26.04.2015)
29. [www] <http://www.thorlabs.de/images/xlarge/6668-xl.jpg> (26.04.2015)
30. [www] http://www.mitutoyo.com/wp-content/uploads/2012/11/2015_USBInputToolsDirect.pdf (29.04.2015)
31. [www] <http://www.amazon.com/Mitutoyo-06ADV380B-Micrometers-Micrometer-Water-proof/dp/B007FFSI1Q> (29.04.2015)
32. [www] <http://mh.ttu.ee/alina/MXX9010%20%20UURIMISTOO%20METOODIKA%20JA%20EKSPERIMENDITEHNIKA/Loeng%20nr%203/MXX9010%20Loeng%20nr%203%20A.%20Sivitski.doc> (29.04.2015)
33. [e-mail] E-mail „Hinnapakkumine – adapterid“ (14.05.2015)
34. [e-mail] E-mail „Pakkumine NR 14987“ (14.05.2015)

LISAD

Lisa 1. Mõõteotsik - ülemine osa

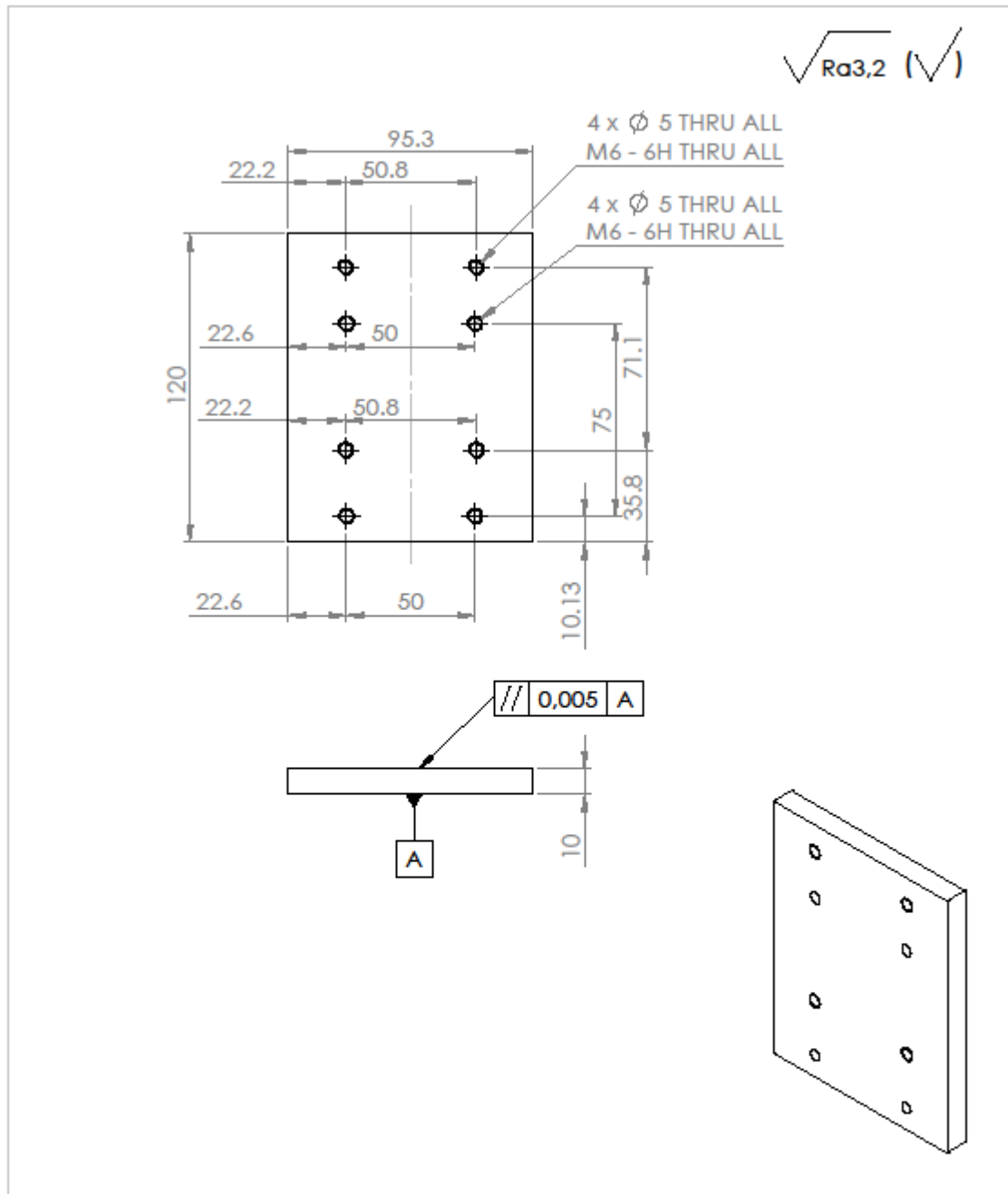


Lisa 3. Ühendusdetail



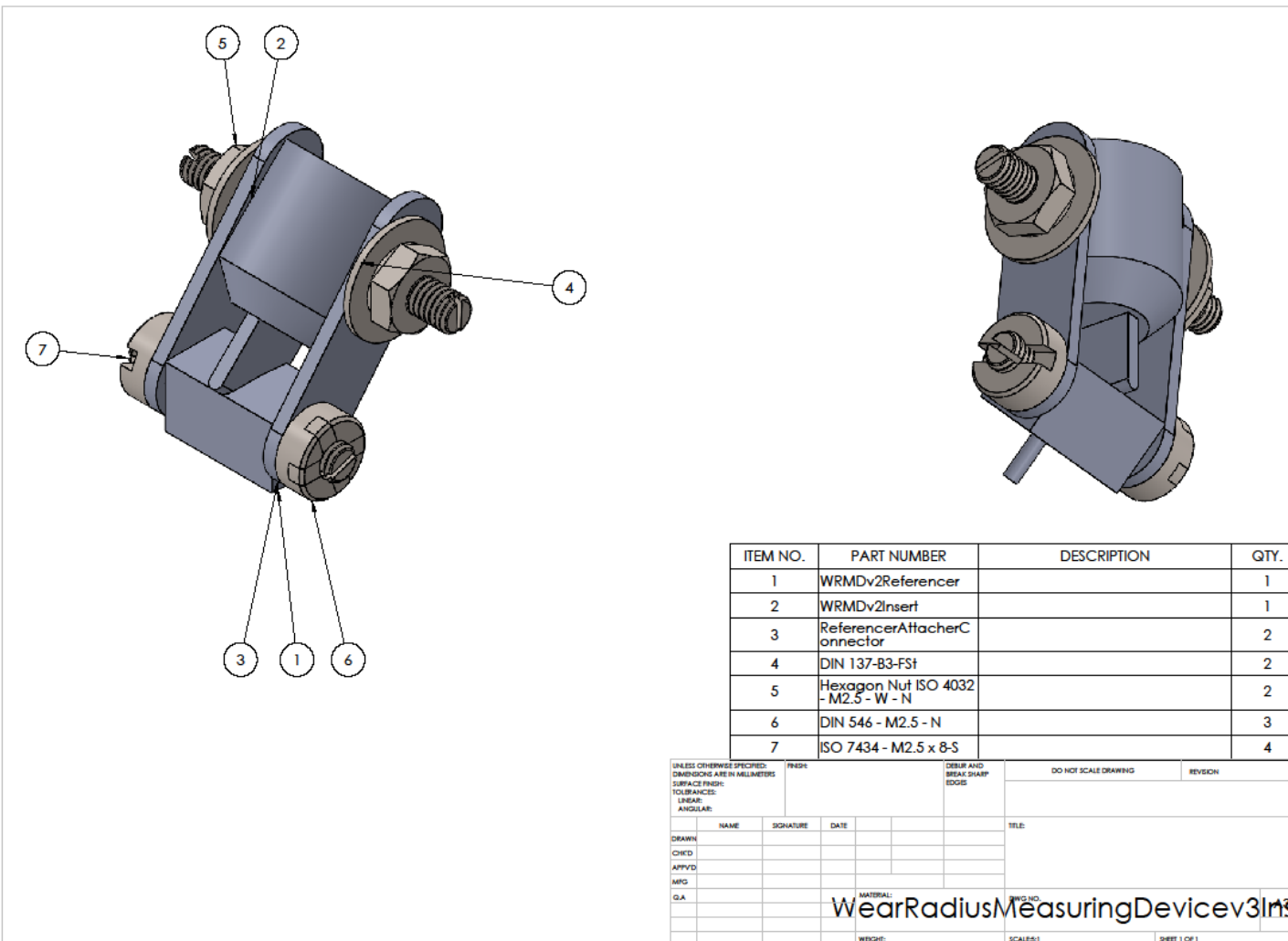
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: ISO 27684				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: Ühendusdetail	
DRAWN E. Ilandaja		12.05.2015				DWG NO. WRMDv3Attacher A4	
CHK'D						SCALE: 1:1	
APP'VD						SHEET 1 OF 1	
MFG					MATERIAL: tööriistateras	WEIGHT:	
Q.A.							

Lisa 4. Vaheplaat

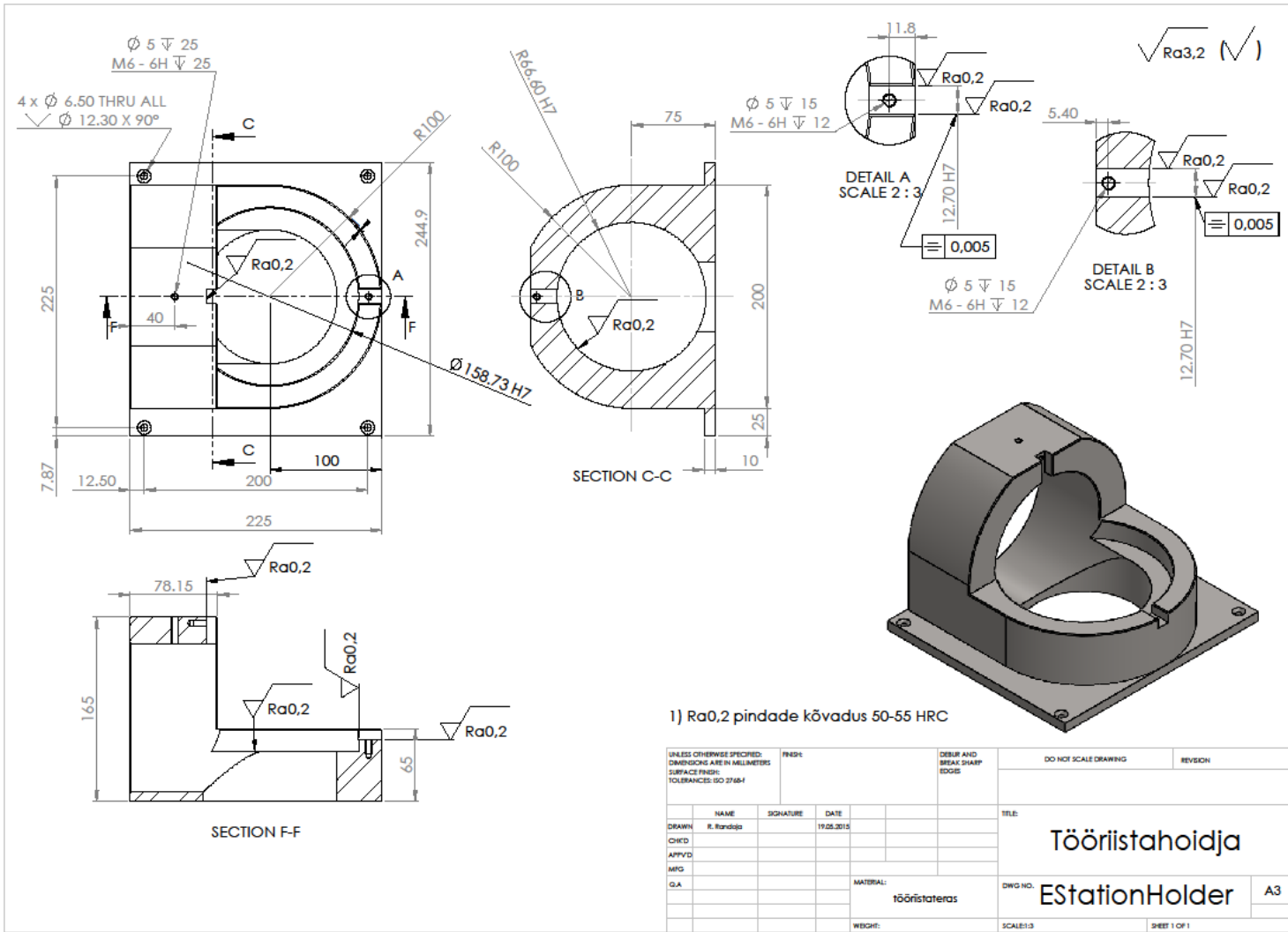


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: ISO 27684				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: Vaheplaat	
DRAWN E. Ilandaja		19.05.2015				DWG NO WRMDv3DistancePlate	
CHKD						SCALE:1:2	
APPVD						SHEET 1 OF 1	
MFG							
QA					MATERIAL: tööriateras		
					WEIGHT:		

Lisa 5. Mõõteotsiku koostujoonis



Lisa 6. Tööriistahoidja



Lisa 7. Koostujoonis

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	B3060A-Solidworks	Makettplaat	1
2	LT3_M-Solidworks	XYZ-juunik	1
3	EStationDie	E-pesa matrits	1
4	350-254-10_MHN4-25MB	Kruvikupea	1
5	EStationHolder	Töõnistahoidja	1
6	PR01_M-Solidworks	Põõrdjuunik	1
7	WRMDv3Attacher	Vahedetail	1
8	EStationPunch	E-pesa tempel	1
9	74165121GuideKeyS501016	E-pesa templi tihvt	1
10	74165112DieKey488034	E-pesa matritsi tihvt	1
11	WRMDv3DistancePlate	Vaheplaat	1
12	WRMDv2Reference	Mõõteotsik - alumine detail	1
13	WRMDv2Insert	Mõõteotsik - ülemine detail	1
14	ReferenceAttacherConnect OF	Mõõteotsik - piiraja	2
15	DIN 912 M6 x 10 — 10N		8
16	DIN 7991 - M6 x 16 — 9.7N		5
17	DIN 916 - M6 x 25-N		1
18	DIN 912 M6 x 12 — 12N		6
19	DIN 912 M6 x 16 — 16N		1
20	DIN 916 - M2.5 x 6-N		2
21	DIN 916 - M2.5 x 4-N		2
22	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M2.5 - N		2

UNITS: DIMENSIONS: APPROX. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: TOLERANCES: ANGULAR:		FINISH	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DATE	SIGNATURE	TITLE		
20.08.2016		Mõõtesead		
NAME	DATE	MATERIAL	DWG. NO.	SHEET 1 OF 1
			WRMDv3	A2
SCALE: 1:2				