



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Mehaanika ja tööstustehnikainstituut

**TULIRELVA JA LASKEMOONA TEHNILISE TÄPSUSE
MÕÖTESTENDI PROJEKTEERIMINE**

**DESIGN OF A TECHNICAL ACCURACY MEASURING BENCH
FOR RIFLE AND AMMUNITION**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Svenn Aus

Üliõpilaskood 201479MATM

Juhendaja: Toivo Tähemaa

Tallinn 2022

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

"....." 2022

Autor: Svenn Aus

/ allkiri /

Töö vastab magistritöödele esitatud nõuetele

"....." 2022

Juhendaja: Toivo Tähemaa

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2022 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Svenn Aus (*autori nimi*)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi projekteerimine,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Toivo Tähemaa,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh
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 käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka
autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

(allkirjastatud digitaalselt)

TalTech Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Svenn Aus, 201479MATM
Õppekava, peeriala: MATM02, Tootearendus ja tootmistehnika, Tootearendus
Juhendaja: Toivo Tähemaa, Teadur

Lõputöö teema:

Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi projekteerimine
Design of a technical accuracy measuring bench for rifle and ammunition

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Turu-uuring ja analüüs
2. Optimeeritud seadme projekteerimine
3. Hinnakalkulatsiooni teostamine optimeeritud lahendusele

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Ülesande püstitamine, turu-uuring, lähteülesande koostamine	20.03.2022
2.	CAD mudeli koostamine	10.04.2022
3.	Tugevusanalüüsid; päringute teostamine;	25.04.2022
4.	Töö vormistamine; jooniste koostamine	20.05.2022

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "....." 2022.a

Üliõpilane: Svenn Aus "....."2022.a

/allkiri/

Juhendaja: Toivo Tähemaa "....."2022.a

/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
1. SISSEJUHATUS.....	9
2. ÜLEVAADE KONKUREERIVATEST LAHENDUSTEST JA ANALÜÜS.....	10
2.1 820 Gehmann stand.....	11
2.2 Ransom Rest International - Mega 2 stand.....	12
2.3 Prototyga STZA 12M1 stand	13
2.4 Konkureerivate seadmete võrdlus	15
3. PROBLEEMI PÜSTITUS JA LÄHTEÜLESANNE.....	16
3.1 Probleemi püstitus	16
3.2 Tulirelva tehnilise täpsuse mõõtestendi lähteülesanne	16
3.3 Metoodika stendi lahenduse leidmiseks.....	18
4. TULIRELVA TEHNILISE TÄPSUSE STENDI KONSTRUKTSIOONI KONTSEPTSIOON	19
4.1 Lahendusvariandid	19
4.1.1 Lahendusvariant 1 - lahtise kelguga stand.....	19
4.1.2 Lahendusvariant 2 - C-profiil juhikutega stand	20
4.1.3 Lahendusvariant 3 - lineaarjuhikutega stand.....	22
4.2 Lahenduse valik.....	24
4.3 Hinnang.....	24
5. PROJEKTEERIMINE	26
5.1 Teoreetiliste koormuste kalkulatsioon tugevusanalüüside teostamiseks	27
5.2 Alusraami projekteerimine	29
5.2.1 Alusraami konstruktsioon	30
5.2.2 Tugevusanalüüs alusraamile	31
5.3 Vaheraami projekteerimine	32
5.3.1 Vaheraami konstruktsioon	32
5.3.2 Vaheraami tugevusanalüüs.....	33
5.4 Kelgu projekteerimine	33
5.4.1 Kelgu konstruktsioon	34
5.4.2 Tugevusanalüüs kalgule	35
5.5 Fiksaatorite projekteerimine.....	37
5.5.1 Fiksaatorite konstruktsioon.....	37
5.5.2 Tugevusanalüüs fiksaatoritele	40
5.6 Mõõteanduri puki projekteerimine	41
5.6.1 Mõõteanduri puki konstruktsioon.....	42

5.6.2	Tugevusanalüüs mõõteanduri pukile	42
5.7	Ostuosad ja komponendid	44
5.7.1	Lineaarlaagrid ja juhtsiinid	44
5.7.2	Tõukurid ja nende konstruktsioon	46
5.7.3	Kinnituskruidid ja käepidemed	47
5.7.4	Mõõteandur ja reguleeritav tagasilöögi summutusamortisaator	50
6.	MAJANDUSLIK ANALÜÜS.....	52
6.1	Detailid, komponendid, kinnitusvahendid	52
6.2	Valmistamine	56
6.3	Pinnakate	57
6.4	Projekteerimine	58
6.5	Lõpptoote maksumus	59
7.	TULIRELVA JA LASKEMOONA TEHNILISE TÄPSUSE MÕÖTESTENDI	
	KASUTUSJUHISED	60
7.1	Keskkond stendi kasutamiseks	60
7.2	Tulirelva kinnitamine stendi	63
7.3	Tulirelva või laskemoona tehnilise täpsuse test.....	65
7.4	Tagasilöögi tugevuse test	66
	KOKKUVÕTE	68
	SUMMARY.....	69
	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	71
	LISAD	74
	Lisa 1. Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi pildid	75
	L1.1 Suurekaliibriline vintrelv.....	75
	L1.2 Suurekaliibriline vintrelv.....	75
	L1.3 Snaipirelv.....	76
	L1.4 Väikesekaliibriline militaarrelv	76
	GRAAFILINE OSA.....	77
	Koostejoonise näidis (Peakoost lk. 1)	78
	Koostejoonise näidis (Peakoost lk. 2)	79
	Koostejoonise näidis (Peakoost lk. 3)	80
	Keeviskoostejoonise näidis (Tagumine kinnituspukk)	81
	Detailijoonise näidis (Kelgu profiil).....	82

EESSÕNA

Käesolev magistritöö keskendub tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi projekteerimisele. Magistritöö teema idee sai alguse Protruck OÜ projektijuhi Indrek Varba pöördumisest töö autori poole, leidmaks lahendust probleemile, kus tänasel turul puuduvad tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtmiseks sobivad lahendused.

Lõputöö raames projekteeritud stendi näol on tegemist spetsiifilise seadmega, mistõttu on eesti keelse informatsiooni kättesaadavus limiteeritud. Sellest tulenevalt toetub koostatud töö olulisel määral interneti allikatele, mis andsid hea ülevaate ning arusaama probleemi olulisusest.

Andmete ja informatsiooni kogumiseks külastati Kaitseliidu Männiku lasketiiru, kus oli võimalik tutvuda lasketiirus kasutuses oleva stendiga. Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi lähteülesande püstitamisel oli suureks abiks Protruck OÜ projektijuht Indrek Varba, kelle kogemus ja teadmised nii seadmest kui kogu valdkonnast olid töö koostamisel suureks abiks.

Projekteerimisel kasutas töö autor tarkvara Solid Works, mille abil valmisid mudelid, tööjoonised, tabelid ning ka tugevusanalüüsid.

Käesoleva magistritöö juhendaja on Tallinna Tehnikaülikooli Mehaanika ja tööstustehnika instituudi teadur Toivo Tähemaa, keda töö autor tänab aktiivse kaasa mõtlemise, praktiliste nõuannete ning igakülgse toetuse eest.

Võtmesõnad: mõõtestend, tehniline täpsus, projekteerimine, magistritöö.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

- ca - circa ehk umbes
- DIN - (Deutsches Institut für Normung), Saksa standardimisorganisatsioon
- DWG - digitaalse joonise formaadi laiend
- EN - (European Union), eesliide standardi regiooni määratlemisel
- gr - (grain), kaaluühik, võrdub 0.06479891 grammiga
- h - tund
- J - džaul, SI-töö, energiaühik
- KM - käibemaks
- kg - kilogramm, SI-massiühik
- kJ - kilodžaul
- lk - lehekülg
- MIG - Metal Inert Gas, kaarkeevituse tüüp
- MPa - megapaskal, SI-süsteemi rõhuühik, võrdub 10^6 Paskaliga
- mm - millimeeter, SI-süsteemi pikkusühik, võrdub 10^{-3} meetriga
- N - Newton
- nt - näiteks
- PDF - (Portable Document Format), dokumendi formaadi laiend
- RAL - (Reichs-Ausschuß für Lieferbedingungen), värvikoodide süsteem Euroopas
- vt - vaata

1. SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on leida reaalne lahendus töö autori poole pöördunud tellija probleemile, mis seisneb asjaolus, et tänasel turul puudub tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestend, mis vastaks kõikidele olulistele kriteeriumitele ja oleks samaaegselt ka harrastaja tasemele hinnaklassi mõttes kättesaadav.

Ehkki turul on erinevaid konkureerivaid lahendusi (vt. peatükk 2) ning esimesed andmed tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendidest pärinevad juba aastast 1860, on käesoleva lõputöö teema siiski tähtis ja aktuaalne, just selsamal põhjusel, et ükski olemasolevatest lahendustest ei vasta olulistel põhjustel tellijapoolsetele nõuetele (vt. tabel 3.1) ning valdkond vajab uudset lahendust.

Töö on jaotatud kuueks sisuliseks osaks. Esimestes peatükkides antakse ülevaade konkureerivatest lahendustest ja nende omavahelisest võrdlusest. Seejärel defineerib töö autor täpse probleemipüstituse, lõputöö lähteülesande ja meetodika.

Neljas peatükk annab ülevaate tulirelva tehnilise täpsuse stendi konstruktsiooni kontseptsioonist. Koostöös tellijaga formuleeritakse loodavale seadmele esitatud nõuded, millest tulenevalt koostatakse mitmed lahendusvariandid, millest valitakse optimaalseim.

Viies peatükk ehk töö põhiosa annab läbi erinevate alapeatükkide detailse ülevaate loodava seadme projekteerimisprotsessist. Valikute langetamisel aitas kaasa nii tellija senine kasutajakogemus kui ka töö autori isiklik kogemus projekteerimis- ja tootmisvaldkonnas.

Lõputöö kuues peatükk on majanduslik analüüs, kus muuhugas selgub ka toote lõppmaksumus, mis tugineb erinevatele hinnapäringutele ja kalkulatsioonidele.

Viimane peatükk annab lugejale ülevaate tehnilise täpsuse mõõtestendi kasutusjuhustest (keskkond, tulirelva kinnitamine stendi, täpsuse ja tagasilöögi testid).

Lõputöö tulemusena valmib reaalne seade, mis on oma funktsionaalsuselt uudne ning pakub tellijale nn "kolm-ühes" lahendust, olles samal ajal hinnaklassis, mis on kättesaadav ka harrastajatele.

2. ÜLEVAADE KONKUREERIVATEST LAHENDUSTEST JA ANALÜÜS

Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestend (*design of a technical accuracy measuring bench for rifle and ammunition*) on seade, mille abil teostatakse relva või laskemoona erinevate parameetrite hindamist. Võimalik on testida laskemoona täpsust ehk kas laskemoon tabab tootja poolt etteantud tihedusega märklehte. Sama saab testida ka relva puhul. Töö autori hinnangul leidub esimesi viiteid relva ja laskemoona täpsuse stendidele juba aastast 1860, kuid esimene laialdasemalt toodetud stand pärineb aastast 1897, Enfield Rest (Joonis 2.1). Nimetatud stendi toodeti Inglismaal. Kasutust leidis see peamiselt teenistusrelvade testimisel ja täpsuse reguleerimisel. [1]



THE MECHANICAL REST USED IN TESTING SERVICE RIFLES

A full regulation sight is obtained by means of a special telescope, which rests on the blade of the foresight and the shoulders of the backsight. The rifle is laid by hand wheels

Joonis 2.1 Esimene laiemalt levinud tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestend [2]

Siiski ei ole tegemist laialt levinud seadmega, mistõttu võttis töö autor vaatluse alla kogu ülemaailmse stendide turu. Esmaanalüüsi tulemusel selgus, et olemasolevad seadmed jaotuvad sihtotstarbe ja sellest tulenevalt ka hinnaklassi poolest alljärgnevalt:

- 1) madala hinnaklassi stendid - kasutajateks näiteks hobilaskurid;
- 2) keskmise hinnaklassi stendid - kasutajateks professionaalsed laskurid (nt laskurklubid);

3) kõrgema hinnaklassi stendid - ballistikalaborid, kus teostatakse relvade ja laskemoonaga seotud katseid.

Selleks, et konkureerivatest seadmetest ja nende tehnilistest omadustest tekiks detailsem ülevaade, määratles töö autor koostöös tellijaga spetsiifilisemad kriteeriumid. Need on järgmised:

1. seade peab võimaldama teostada tagasilöögi tugevuse testimist;
2. seadmel peab olema tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse testimise võimekus;
3. suurem kasutajasõbralikkus ja hind.

Alljärgnevalt on toodud lühiülevaade väljavalitud seadmetest, kirjeldatakse nende olemust ning pögsalt on tutvustatud ka neid tootnud ettevõtteid.

2.1 820 Gehmann stend

Gehmann GmbH & KG on Saksamaa ettevõtte, mis on asutatud 1949.aastal. Ettevõtte peamiseks tegevusalaks on laskespordi lisavarustuse tootmine, sihikud, toed, raskused jms. Gehmann 820 stend (Joonis 2.2) on konstrueeritud eesmärgiga testida erinevate relvade, sihikute ja laskemoona tehnilist täpsust.



Joonis 2.2 Gehmann 820 stend [3]

Tulenevalt laialdasest lisavarustuse valikust on stendi võimalik kasutada püstolite, revolvrите ja erineva kaliibriga püsside testimiseks. Ehkki seadmele on võimalik lisada

erinevat lisavarustust, ei võimalda see kasutada stendi tagasilöögi tugevuse testimiseks.

Stendi lehtmetailist alusraamile on kinnitatud juhtsiinid, neile omakorda samuti lehtmetailist valmistatud kelk. Võimalikult täpse lasu sooritamiseks on juhtsiinidele paigaldatud tagasilööki pehmendavad vedrud.

Seadme esmane ja iga lasu järgne sihtimine toimub horisontaalsuunal, liigutades tervet seadet koos stendi paigaldatud relvaga. Vertikaalsuunalist sihtimist saab teostada kasutades kinnituskruve. Relv tuleb stendist lahti lasta ning vertikaalses suunas sihtida. Antud lahendus on küllaltki ebatäpne. Arvestades stendi valmistamisel kasutatud materjale ning konstruktsiooni, on näha, et tegemist on pigem lihtsa ning kasutajasõbralikkuse aspektis ebamugava seadmega.

2.2 Ransom Rest International - Mega 2 stend

Ransom Rest International on relvade testseadmeid tootev USA ettevõtte, mis on loodud 1969. aastal. Läbi aegade on ettevõtte arendanud ja tootnud erinevaid testimise stende ja lasketugesid. Antud stend Mega 2 (Joonis 2.3) on konstrueeritud peamise eesmärgiga testida relvade, laskemoona ning sihikute täpsust.



Joonis 2.3 Ransom Rest International - Mega 2 stend [4]

Antud stendiga on tänu laialdasele lisavarustuse valikule võimalik testida erinevaid relvi. Valikus on väikesekaliibriliste relvade kinnituslahendused, püstolitele ja revolvritele ning suurekaliibriliste relvade fikseerimiseks mõeldud lahendused. Lisavarustuse nimekirjas on ka tagasilöögi testimiseks mõeldud andurid jms.

Relvade fikseerimine ja sihtmärgi seadistamine on lahendatud lihtsal viisil. Relva kaba fikseeritakse rakisesse külgedel asetsevate pingutuskruididega. Relvalae osa fikseerimine teostatakse analoogselt kaba fikseerimisega. Vertikaalsuunaline sihtimine on lahendatud küllaltki algupäraselt, kus relvalaefiksaatori all asetseb reguleerimisratas, mille abil kiirelt ja lihtsalt relvaesiosa tõsta. Horisontaalsuunaline sihtimine on aga keerukam, kuna seda teostatakse tervet stendi koos relvaga liigutades.

Stend on valmistatud kasutades erinevaid profiilmaterjale, lehtmaterjali ning komponente. Tööloogikalt on stend enamuse turul pakutavate stendidega analoogne, kus alusraam fikseeritakse laskealusele. Alusraamile on kinnitatud siinid, millel omakorda liigub kelk, kuhu on juba fikseeritud relv. Kuna antud stend on konstrueeritud kasutamiseks ka suurekaliibriliste relvade puhul, on stend üsna raske, mis omakorda tagab stabiilsuse.

2.3 Prototüpa STZA 12M1 stend

Prototüpa-ZM s.r.o. on 1991.aastal loodud Tsehhi ettevõtte, mis toodab professionaalseks kasutamiseks mõeldud ballistika testseadmeid. Tootevalikus on erinevad stendid relvade täpsuse mõõtmiseks, laskemoona testimiseks, aga ka kuulipüüdjad ja seadmed kuulikindlate materjalide testimiseks. STZA 12M1 stend (Joonis 2.4) on professionaalseks kasutamiseks mõeldud vahend.



Joonis 2.4 Prototypa STZA 12M1 stand [5]

Antud stendi abil on võimalik testida erinevaid relvasid alates püstolitest kuni suure kaliibriliste püssideni välja, kuid see eeldab lisavarustuse soetamist. Võimalik on testida kuuli kiiruseid, tagasilöögi tugevusi, seadistada sihikuid jne.

Seadme kasutamine on tehtud mugavaks. Horisontaalses ja vertikaalses suunas shitmärki seadistamine käib reguleerrattaste abil. Relvade fikseerimiseks kasutatakse kinnituskruve. Relva kaba ja laad kinnitatakse pukkidele.

Võimaldamaks testida erinevaid funktsioone, on stendil raske ja stabiilne alusraam, millele on kinnitatud juhtsiinid, millel liigub kelk ja sellele omakorda kinnitatakse relv. Olemuselt on antud stand küllaltki massiivne ning stabiilne. Stendi massiivsus piirab selle mobiilsust, mis teeb antud seadmest pigem statsionaarse lahenduse.

2.4 Konkureerivate seadmete võrdlus

Käesolevas peatükis toob töö autor välja olemasolevate seadmete omavahelise võrdluse, mis võimaldab hinnata seda, milline on konkureerivatest seadmetest optimaalseim võimalik valik.

Tabel 2.1 Konkureerivate stendide omavaheline võrdlus

Stend	Eelised	Puudused
Gehmann 820	<ul style="list-style-type: none">- Kerge kaaluga;- madal hind (1795€);- kompaktn.	<ul style="list-style-type: none">- Puudub tagasilöögi tugevuse mõõtmise võimalus;- relva kinnitamise keerukus;- sihtimine keeruline.
Mega 2	<ul style="list-style-type: none">- Tagasilöögi tugevuse mõõtmise võimekus;- hea hinna ja kvaliteedi suhe. (3990\$)	<ul style="list-style-type: none">- Horisontaalne sihtimine keeruline.
STZA 12M1	<ul style="list-style-type: none">- Tugev ja stabiilne konstruktsioon;- vastupidav;- lisavarustuse rohkus.	<ul style="list-style-type: none">- Kõrge hind (12000-23000€);- kõrge kaal;- madal baasvarustuse tase (baasvarustuses ainult alusraam).

Tabelis 2.1 kajastatu põhjal on parimaks valikuks välja toodud stendidest STZA 12M1, mis täidab kõiki soovitud nõudeid, on hea vastupidavusega ning stabiilne. Nimetatud stendi kahjuks räägib aga hind, mis on märkimisväärselt kõrge.

Hinna ja võimekuse poolest järgnev stend on Mega 2, mis on vastuvõetava hinnaga ning võimaldab teostada soovitud teste.

Gehmann 820 jääb teistele välja toodud stendidele alla tagasilöögi tugevuse mõõtmise võimekuse puudumise poolest.

3. PROBLEEMI PÜSTITUS JA LÄHTEÜLESANNE

3.1 Probleemi püstitus

Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi loomise ajendiks ehk probleemiks sai töö autori poole pöördunud tellija reaalne probleem, mis seisnes selles, et turul ei ole harrastajale kättesaadavat seadet, mis vastaks samaaegselt kolmele peamisele nõudele ehk võimaldaks:

- 1) tulirelva või laskemoona tehnilise täpsuse mõõtmist;
- 2) sihikute seadistamist;
- 3) tagasilöögi tugevuse mõõtmist.

Töö autor nägi tellija vajadustes huvitavat võimalust töötada välja reaalne lahendus, mis konkureerivate seadmetega võrreldes oleks lisaks ka kasutajasõbralikum ja harrastajaile kättesaadavam.

3.2 Tulirelva tehnilise täpsuse mõõtestendi lähteülesanne

Selleks, et tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi projekteerimine kulgeks igati struktureeritult ja ootuspäraselt, koostas töö autor koondvaate (Tabel 3.1) kõikidest funktsioonidest, parameetritest ja nõuetest, mis on sümbioos tellija vajadustest ja olemasolevate seadmete analüüsist.

Tabel 3.1 Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi funktsionaalsed nõuded.

Jrk.	Kirjeldus	Kohustuslik	Soovituslik
1.	Funktsionaalsed nõuded		
1.1.	Tagasilöögi jõu mõõtmise võimalus (jõuandur)	x	
1.2.	Tagasilöögi summutamise võimalus (ammortisaator/vedru)	x	

Tabel 3.1. Järg

Jrk.	Kirjeldus	Kohustuslik	Soovituslik
1.3.	Vertikaalsuunaline reguleerimine relva demonteerimata	x	
1.4.	Horisontaalsuunaline reguleerimine relva demonteerimata	x	
1.5.	Vertikaal- ja horisontaalsuunaline reguleerimine võimalikult stendi tagumisest osas.	x	
1.6.	Relva stendi fikseerimine kabast ja relvalaest kinnitatuna	x	
1.7.	Modullaarsus (osade asendatavus ja varieeritavus)		x
1.8.	Positsiooni fikseerimise võimalus (fiksaatorkruvid, lukustid jms)	x	
2.	Lahenduslikud nõuded		
2.1.	Lehtmetall	x	
2.2.	Materjal- S355	x	
2.3.	Viimistlus: pulbervärvitud	x	
2.4.	Tootmise lihtsus (pilootavad, sälgud jms)		x
2.5.	Hea ostuosade kättesaadavus		x
3.	Stendi üldised nõuded		
3.1.	Kõrgus (500mm)		x
3.2.	Laius (500mm)	x	
3.3.	Pikkus (1350mm)	x	
3.4.	Mass (60kg)		x
4.	Stendiga sobituvad relvad		
4.1.	Vintraudne püss	x	
4.2.	Siledaraudne püss		x
4.3.	Käsitulirelvad		x
5.	Toote omahind		
5.1.	Summaarne toote omahind (3000€)	x	

3.3 Metoodika stendi lahenduse leidmiseks

Projekteeritava tulirelva tehnilise täpsuse mõõtestendi optimeerimise aluseks on kasutaja tagasiside olemasoleva stendi kasutamisest ning turu-uuringu analüüsi tulemus. Analüüsi käigus on pööratud suurimat tähelepanu kasutajapoolsetele kitsaskohtadele. Valmistamise aspektist on töö autor lisaks tagasisidele toetunud ka omaenese kogemustele tootmisvaldkonnas.

Tulirelva stendi optimeerimise metoodika on järgnev:

1. turu-uuringu teostamine;
2. konsulteerimine tellijaga ning nõuete määratlemine loodavale stendile;
3. erinevate lahendusvariantide koostamine ning hinnangute andmine töö autori poolt;
4. mõõtestendi projekteerimine vastavalt optimaalseimale lahendusele;
5. mudeli olulistele komponentidele tugevusanalüüside teostamine, kindlustamaks valmiva lahenduse taluvus mõjuvatele koormutele;
6. hinnakalkulatsiooni koostamine.

4. TULIRELVA TEHNILISE TÄPSUSE STENDI KONSTRUKTSIOONI KONTSEPTSIOON

Kontseptsiooni loomisel lähtutakse turu-uuringu käigus uuritud seadmetest ning kasutaja tagasisidest olemasoleva seadme osas. Turu-uuringu ja kasutaja tagasiside põhjal koostab töö autor erinevad lahendusvariandid ning valitakse optimaalseim lahendusvariant.

4.1 Lahendusvariandid

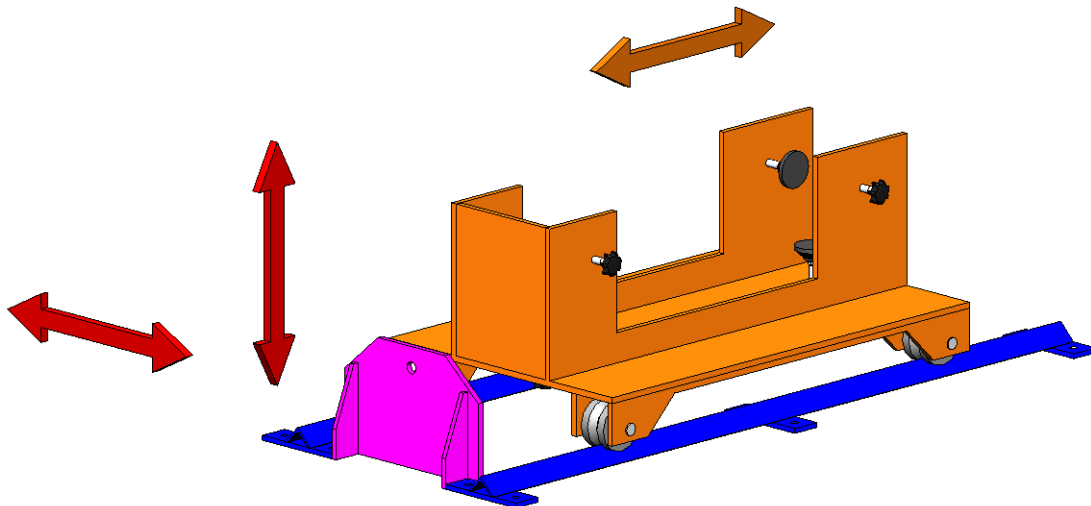
Turu-uuringu käigus on selgunud, et enamus pakutavatest stendidest on kas konkreetse operatsiooni või teostatava testi kesksed. Kui soovitakse stendi, millega on võimalik teostada tulirelva tagaslöögi tugevuse testi, siis on selleks tootjatel pakkuda üks stend. Kui aga soovitakse stendi, mis võimaldaks teostada erinevaid teste või operatsioone, tuleb selleks soetada erinevad seadmed. Kirjeldatud olukorda ilmestab peatükis 2.4 välja toodu tabel 4.1 Stendide võrdlustabel.

Töö autor koostab kolm erinevat lahendusvarianti, võttes arvesse peatükkides 3.1 ja 3.2 püstitatud nõudeid.

4.1.1 Lahendusvariant 1 - lahtise kelguga stend

Lahendusvariant 1 (Joonis 4.1) on konstruktsioonilt lihtne ja robustne. Konstruktsioon koosneb kolmest põhilisest osast:

1. Kelk (oranz)
2. Alusraam (sinine)
3. Mõõteanduritugi (lilla)



Joonis 4.1 Lahendusvariant 1

Kelk liigub rullikutel mööda alusraami. Alusraam fikseeritakse sobiva tööpinna külge. Alusraami külge on omakorda kinnitatud jõuanduri tugi, kuhu kinnitatakse sobilik andur. Relva sihtimine sihtmärki teostatakse vastavalt, et külgmised kinnituskruid vabastatakse ning põhja all olevate seadetaldade abil on võimalik relva sihtmärgile liigutada vertikaalses suunas. Horisontaalne sihtimine toimub aga seadekruid pingutamise abil. Kelk on paigutatud alusraamile lahtiselt ning vajadusel saab alusraami ja kelku eraldi transportida.

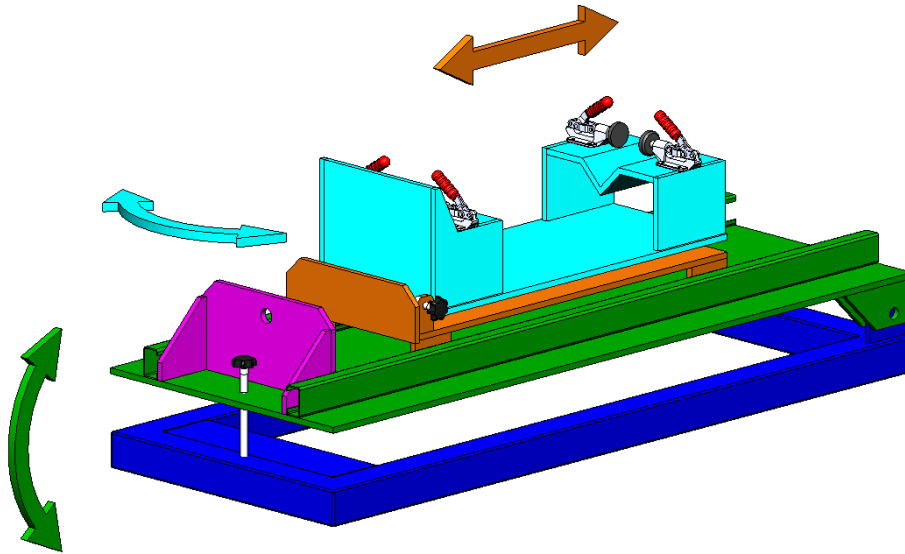
Lahenduse 1 puhul on suureks eeliseks valmistamise lihtsus ning komponentide väheus. Puuduseid on samas antud versiooni puhul palju. Relva paika seadistamine on keerukas. Vabalt alusraamile paigaldatud kelk võib testide käigus paigast nihkuda või sootuks juhtsiinidelt maha tulla. Lahtise kelgu konstruktsioon võib hakata pärssima testitulemuste täpsust nii tagasilöögi tugevuse testi käigus, kui ka sihiku seadistamisel. Samuti ei saa kindel olla laskemoona ja relva tehnilise täpsuse testi tulemustes. Lasu hetkel on oht, et kelk põrkub alusraamil, ehk iga sooritatud lask on ebatäpne ja võrreldamatu.

4.1.2 Lahendusvariant 2 - C-profiil juhikutega stand

Lahendusvariant 2 (Joonis 4.2) on konstruktsioonilt tunduvalt keerukam, kuid samas kasutajasõbralikum ning täpsem.

Stend koosneb viiest põhilisest osast:

1. Alusraam (tumesine)
2. Vaheraam (roheline)
3. Kelk (oranz)
4. Kinnituspukk (helesinine)
5. Mõõteanduri pukk (lilla)



Joonis 4.2 Lahendusvariant 2

Alusraamile kinnitatakse vaheraam. Vaheraam on fikseeritud ühest otsast. Teisest otsast reguleeritakse vaheraami kallet alusraami suhtes. Selline lahendus tagab sihtimise vertikaalses suunas.

Vaheraamile on paigutatud mõõteanduri pukk, kuhu on võimalik paigaldada andur tagasilöögi tugevuse mõõtmiseks. Juhtsiinidena on kasutatud C-profiili, mis annab märksa täpsema ja stabiilsema tulemuse testide sooritamisel. Samuti puudub oht kelgu paiskumiseks vaheraamilt.

Vertikaalsuunaliseks sihtimiseks on kelgule paigaldatud kinnituspukk, mis on eesmisest otsast teljega fikseeritud kelgule ning tagumisest otsast saab pukki vertikaalses suunas liigutada, tagamaks sihtmärki seadistamise.

Tulirelva fikseerimine kinnituspukki teostatakse kiirkinnitite abil, mis on ostutooted. Kiirkinnitite valikul tuleb arvestada asjaoluga, et reguleerimisvahemik peab olema märkimisväärselt suur. Relvad, mida stendis kasutatakse, on varieeruvate mõõtudega ja eripäradega.

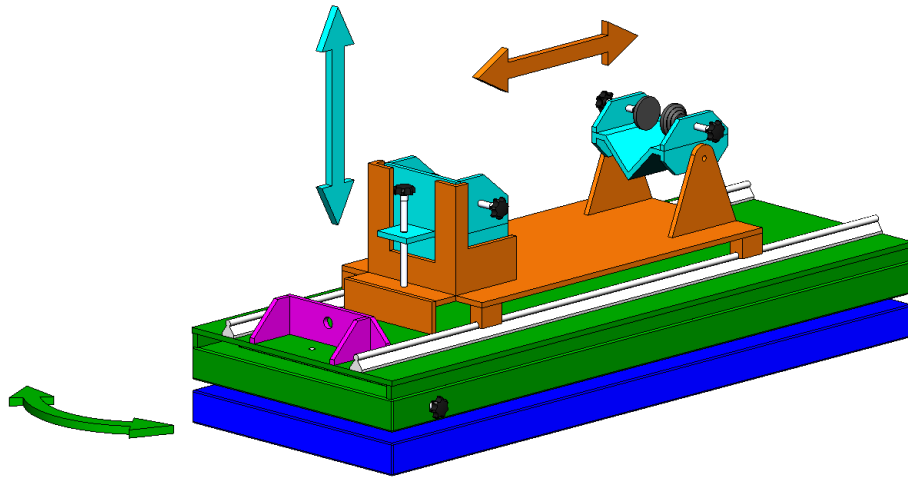
Lahenduse 2 suurimaks miinuseks on C-profiilist juhtsiinid. Selline juhtsiinide valik pärsib testitulemuste täpsust, kuna kelk ei ole kindlalt fikseeritud juhtsiinidele. Suurimaks plussiks on antud lahendusel sihtmärgi reguleerimise võimalused. Stend on reguleeritav nii horisontaalses, kui ka vertikaalses suunas. Kindlasti tasub märkimist, et kuna horisontaalsuunaline sihtimine teostatakse kelgu peale asetseva kinnituspuki pööramisel kelgu suhtes, siis hakkavad tagasilöögi jõud kelku ja selle pealset konstruktsiooni oma teljelt kõrvale nihutama, kui on vajalik reguleerida maksimumini või miinimumini.

Kiirkinnitite kasutamine tagab testitavate relvade kiire ja lihtsa paigaldamise stendi, samas et tagada võimalikult hea kontakt pukiga, tuleks kinnitusklambreid paigalda erinevates suundades, mis tõstaks stendi hinda märkimisväärselt.

4.1.3 Lahendusvariant 3 - lineaarjuhikutega stend

Lahendusvariant 3 (Joonis 4.3) on koostatud variantidest kõige keerukam ning täidab kõiki etteantud funktsioone kõige kasutajasõbralikumal moel. Tagatud on reguleerimine horisontaalses ja vertikaalses suunas. Tagasilöögi tugevuse mõõtmiseks on tagatud suur täpsus, kasutades kõrge täpsusega lineaarjuhikuid.

- Stend koosneb kuuest eraldi komponendist:
1. Alusraam (tumesinine)
 2. Vaheraam (roheline)
 3. Mõõteanduri puk (lilla)
 4. Kelk (oranz)
 5. Kinnituspukid (helesinine)



Joonis 4.3 Lahendusvariant 3

Jäik alusraam paigaldatakse stabiilsele pinnale, mis tagab kogu stendi stabiilsuse. Alusraamile on paigaldatud vaheraam, mis on kinnitatud ühest otsast teljele ning teisest otsast on võimalik vaheraami liigutada alusraami suhtes. Selline lahendus annab stendile horisontaalsuunalise reguleerimise võimaluse. Lineaarjuhikud ja mõõteanduripukk on jäigalt fikseeritud vaheraamile. Lineaarjuhikutele paigaldatakse kelk ning sellele omakorda kinnituspukid. Vertikaalsuunaline reguleerimine teostatakse tagumise kinnituspuki abil, millele on konstrueeritud reguleerkruvi. Esimene kinnituspukk on paigaldatud teljele, mis tagab tagumise puki tõstmisel või langetamisel relva lae kinnituste stabiilsuse.

Lahendusvariandi 3 miinus on stendi keerukus valmistamise aspektist. Lineaarjuikute aluspinnad ja kinnituspunktid peavad olema täpselt valmistatud ja vajadusel töödeldud. Kinnituspukid koosnevad paljudest detailidest ja peavad olema kvaliteetselt valmistatud. Terve staendi liigenduse tõttu peavad kõik alamkoostud ja detailid olema piisava suuretäpsusega tagamaks mõõtetulemuste täpsuse.

Plussidena saab välja tuua reguleerimisvõimaluste rohkuse ning kasutajasõbralikkuse. Suurima plussina tuleb ära märkida, et tänu lineaarjuhikute kasutamisele on stendi täpsus muljetavaldav. Projekteerimisel tuleb silmas pidada, et stendi detailid oleks piisava jäikusega tagamaks, et oleks tagatud kavliteetne mõõtevõimalus.

4.2 Lahenduse valik

Võrreldes kolme eeltoodud lahendusvarianti, nähtub, et etteantud funktsioonid on kõigi variantide puhul täidetud. Küll aga erineb funktsioonide kasutamine. Esimene variant on konstruktsioonilt ja ehituselt lihtne, kuid seadistuse osas keeruline ning täpsuse mõttes teistest ebatäpsem - lahtine juhtsiinide süsteem ei taga piisavat täpsust.

Teise väljapakutud versiooni suurimaks eeliseks on testitavate tulirelvade stendi paigaldamise lihtsus ja kiirus. Välja pakutud C-profiilidest juhtsiinid on tunduvalt täpsemad kui lahtiste siinidega lahendus, kuid siiski ei taga selline lahendus piisavat täpset mõõte võimalust testide puhul.

Kolmas välja pakutud lahenduse variant on konstruktsioonilt ja kasutatud komponentidelt kõige täpsem. Kasutatud lineaarjuhikute süsteem tagab suure täpsuse. Samuti on antud versiooni puhul tagatud kõik varasemalt tingimustena ära märgitud funktsioonid. Funktsioonide kasutamine on samuti kolme variandi võrdluses kõige mugavam.

4.3 Hinnang

Lõpliku projekteeritava lahenduse valimiseks ja hindamiseks on töö autor kasutanud hindamismatriksit. Hindamismatriksi kriteeriumid on määratletud koostöös tellijaga. Igale kriteeriumile vastab vastavalt kriteeriumi olulisusele koefitsendipunkt. Iga variandi kriteeriumi hinnatakse vahemikus 1-5 vastavalt kriteeriumi vastavusele. Kriteeriumi hinne ja koefitsent korrutatakse läbi ning hiljem liidetakse saadud tulemused iga variandi osas kokku, mis annab punktisumma. Suurima punktisummaga variant saab projekteerimise aluseks.

Maatriks koostati tabeli kujul parima visuaali ja koonduse eesmärgiga. Maatriksi kajastatud lahendusvariandid on kirjeldatud 4.1.1; 4.1.2 ja 4.1.3. Tellijaga koostöös komplekteeritud kriteeriumid on järgmised: täpsus, stabiilsus, kasutajasõbralikkus, tootmise keerukus ning hind.

Tabel 4.1 Hindamismaatriks.

Kriteerium/Nõue	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Hinde kaalukus
Täpsus	1	3	5	5
Stabiilsus	2	3	5	5
Kasutajasõbralikkus	1	2	5	4
Tootmise keerukus	5	3	2	2
Hind	5	4	2	3
Summa	44	56	80	

Vastavalt maatriksi abil saadud tulemusele osutus sobivaimaks variandiks variant nr 3. Toote täpsus, stabiilsus ja kasutajasõbralikkus on määravate tähtsustega antud projekti puhul, mis on variandi 3 puhul on kõige paremini täidetud. Tootmise lihtsustamiseks projekteeritakse lehtmetailidele pilootavad ja pilud, mis kiirendavad koostamist ja kokkuvõtvalt väheneb ka tootmise hind.

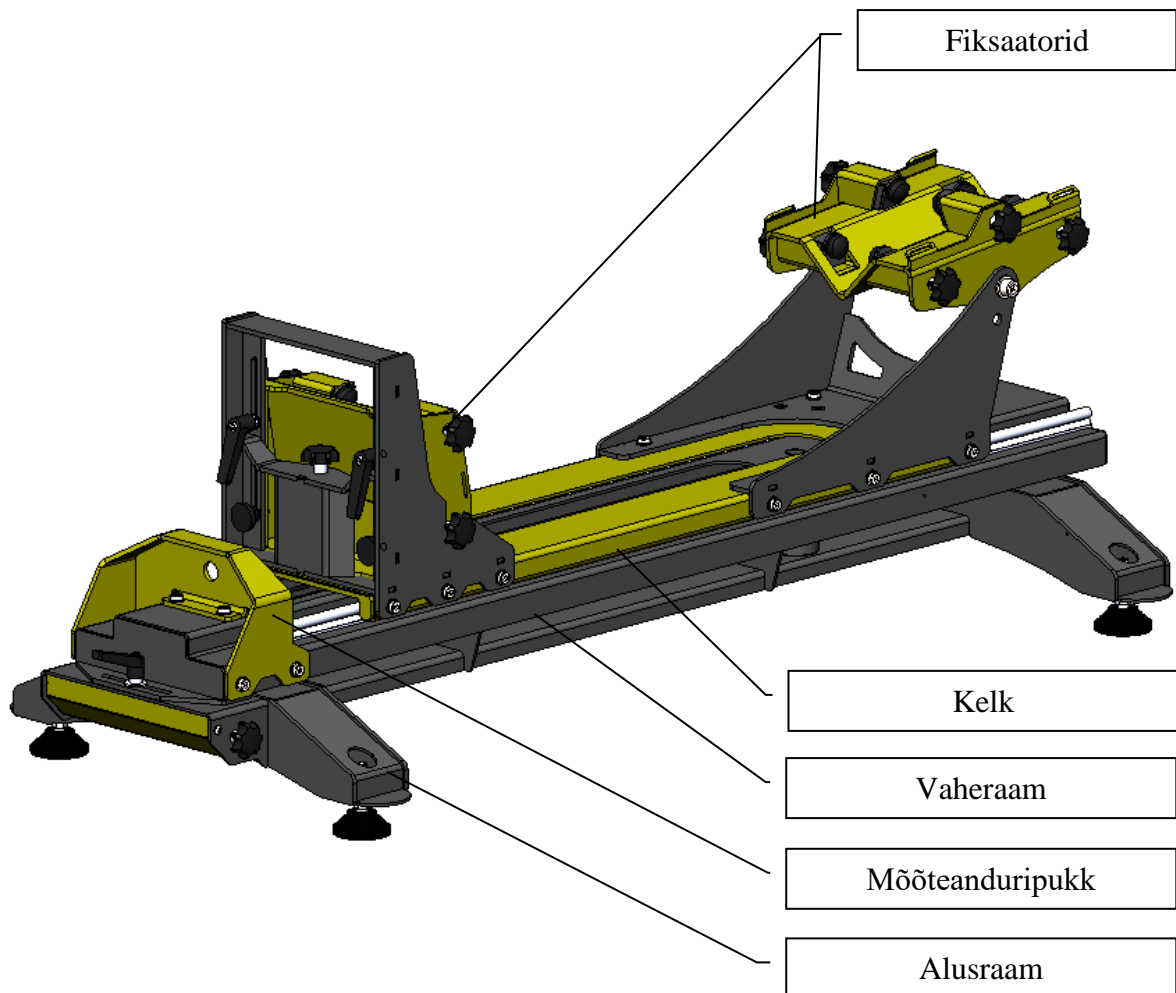
Parimaks kujunenud variandi ja püstitatud lähteülesande alusel koostas töö autor töö projekti, mille põhjal on võimalik tellijal stend valmistada.

5. PROJEKTEERIMINE

Projekteeritud tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse stend jaotub põhiosadelt viieks suuremaks osaks (Joonis 5.1):

- alusraam
- vaheraam
- kelk
- fiksaatorid
- mõõteanduri pukk

Lisaks viiele põhiosale on eraldi peatükis välja toodud ostuosade ja komponentide valik.



Joonis 5.1 Projekteeritud tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi kirjeldus

Andmaks võimalikult head ülevaadet projekteeritud standist, on järgnevates alapeatükkides kirjeldatud iga viie põhilise koostu projekteerimist ning tugevusanalüüsi.

Projekteerimisel on võetud arvesse kliendi soovi lahendada stendi konstruktsioon võimalikult suures osas lehtmetailist detailide näol.

5.1 Teoreetiliste koormuste kalkulatsioon tugevusanalüüside teostamiseks

Projekteeritava konstruktsiooni tugevusanalüüside teostamiseks on vaja alusandmeid, mille abil teostab töö autor projekteeritud konstruktsiooni osadele tugevusanalüüsid. Peamine koormus, mida stand peab taluma, on tagasilöögi jõud. Leidmaks teoreetilisi maksimaalseid koormuseid standile, tuleb leida esmalt maksimaalne mass testitava tulirelva komplekti osas (relv, sihik, summuti/kompensaator).

Teise olulise komponendina tuleb arvesse võtta maksimaalset laskemoona, mida testimisel kasutatakse. Ülevaatlikus tabelis 5.1 on välja toodud potentsiaalsete komponentide parameetrid, mida arvestades on võimalik välja arvutada teoreetilised koormused. Tabelis kajastatud komponendid on valitud ülevaate andmiseks erinevates valdkondades kasutatavatest elementidest (jahipidamine, militaar- ja täpsuslaskmine).

Tabel 5.1 Ülevaatlik tabel teoreetilise koormuse kalkulatsiooni erinevatest lähtekomponentidest

Jrk.	Kirjeldus	Info	Mass (kg)/Jõud (J)/kiirus (m/s)
1.	Tulirelvad		
1.1.	Sako (.300Mag/.338Lapua) TRG-42	Snaipri relv/militaar	5,1kg [6]
1.2.	Sauer S404 Artemis (.300Mag)	Jahipidamine	3,22kg [7]
1.3.	IWI Arad (5,56x45)	Militaar	2,85kg [8]
2.	Sihikud		
2.1.	Swarovski Z8i 2-16x50 P	Optiline sihik, jaht	0,675kg [9]

Tabel 5.1 Järg

Jrk.	Kirjeldus	Info	Mass (kg)/Jõud (J)/kiirus (m/s)
2.2.	Aimpoint Duty RDS	Punatäpp sihik, jaht	0,108kg [10]
2.3.	Kahles Helia RD	Kollimaatorsihik	0,042kg [11]
3.	Summuti, kompensaator		
3.1.	Stalon XE149	Summuti/ Lasu summutamine	0,428 kg [12]
3.2.	Ase-Ultra Borelock	Kompensaator/Tagasi - löögi vähendamine	0,29 kg [13]
3.3.	Sig-Sauer SLX/SLH	Leegisummuti	0,085 kg (3,2 oz) [14]
4.	Laskemoon		
4.1.	Norma Hybrid Target Match .300 Mag	Täpsuslaskmine	0,0149kg (230gr) / 6172J/ 910m/s [15]
4.2.	Norma Ecostrike 9,3x62	Jaht	0,0149kg (230gr)/ 4830J / 805m/s [16]
4.3.	Sellier&Bellot HPBT 5,56x45	Militaar	0,0045kg (69gr)/ 1904J / 920m/s [17]

Edasiste arvutuste aluseks on võetud komponendid, mis on eelolevas tabelis eristavalt (punasega) märgitud.

Teoreetilise tagasilöögi energia arvutamiseks valiti tabelist 5.1 relv Sako TRG-42, optiline sihik Swarovski Z8i 2-16x50 P, summuti Stalon XE149, mis teeb relvakomplekti summaarseks massiks 6,203kg. Laskemoon, on valitud Norma Hybrid Target Match .300 Mag tagasilöögi energiaga 6172 J, massiga 0,0149kg. Tagasilöögi teoreetilist energiat E_r saab arvutada järgnevalt:

$$E_r = 0,5 * M_f * V_f^2 \quad (5.1) [18]$$

kus: M_f – relva mass koos lisadega (kg)

V_f - relva liikumise kiirus (m/s)

$$E_r = 0,5 * 6,203 * 9,085^2 = 256 J \rightarrow 0,256 kJ$$

Relva liikumise kiirust V_f saab arvutada järgmiselt:

$$V_f = \frac{(M_b * V_b + V_c * M_c)}{(M_f * 1000)} \quad (5.2) [18]$$

kus: M_b – kuuli mass (g)

M_c – hülsi mass (g)

V_b – kuuli kiirus (m/s)

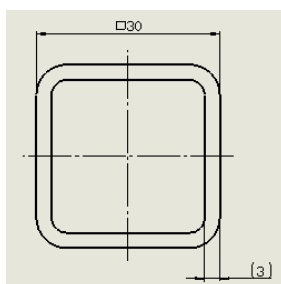
V_c – püssirohu kiirus (m/s)

$$V_f = \frac{(14,9 * 910 + 1585 * 27)}{(6,203 * 1000)} = 9,085 \left(\frac{m}{s}\right)$$

Arvutustulemust 256J (valem 5.1) kasutatakse alljärgnevas alapeatükkides kajastatud tugevusanalüüside teostamisel. Tagamaks piisavalt stabiilset stendi konstruktsiooni, kasutatakse analüüsidest kümnekordselt suuremat energiat, kui arvutuslikult saadud jõud ehk 2560J. Märkimist väärib asjaolu, et Solid Works tarkvaras on võimalik analüüsi teostamisel sisestada analüüsitavatele objektidele mõjuv surve, seega tuleb konverteerida saadud tulemus 2560J. Sobiv ühik on näiteks N/m², kuna 1J= 1N/m² on analüüsidest kasutatav väärtus 2560N/m²

5.2 Alusraami projekteerimine

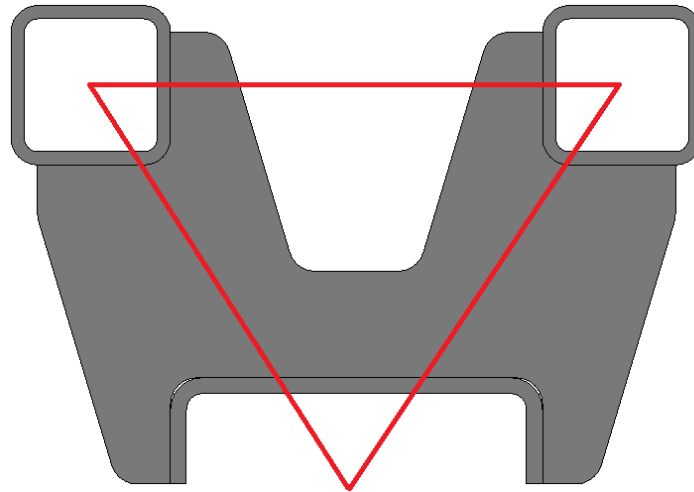
Alusraami projekteerimisel kasutatakse põhilise materjalina lehtmetaili vahemikus 3-5mm. Lehtmetailid on laserlõigatud ning painutatud. Lisaks lehtmetailid põhidetallidele on teljepuksi valmistamiseks kasutatud treitud ümarprofiili ning pikisuunaliste tugitaladena nelikant toru (Joonis 5.2) 30x30-3mm, mis tagab alusraami konstruktsioonile hea stabiilsuse. Kõikide detailide materjalina on kasutatud S355 terast, mis tagab hea pingetaluvuse. Samas on antud materjal piisavalt hea töödeldavusega.



Joonis 5.2 Nelikanttoru profiil

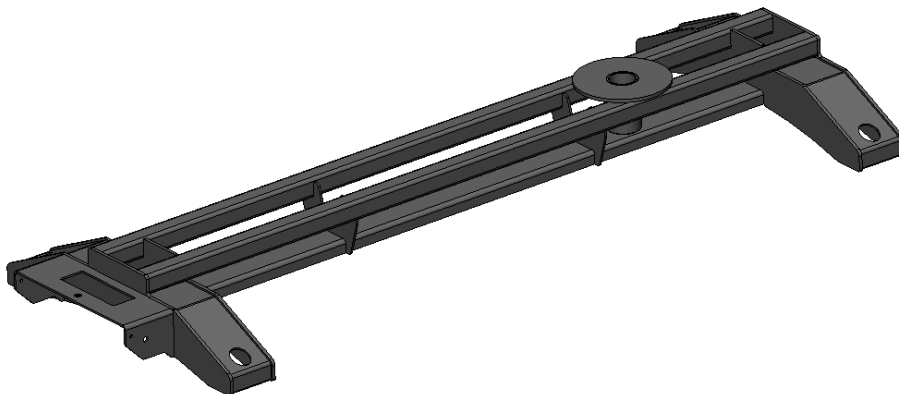
5.2.1 Alusraami konstruktsioon

Alusraami põhilisteks tugielementideks on kasutatud kõrvuti asetsevad nelikant torusid ning keskel nende all asetsevat painutatud U-profiiliga lehtmetaili. Kolme detaili paigutus on ristlõikes V-kujuga, mis annab suure stabiilsuse konstruktsioonile (Joonis 5.3). Kolme detaili vahel ühenduse loomiseks on detailid ühendatud ühendusplaatidega, selline lahendus tagab konstruktsioonile hea jäikuse.



Joonis 5.3 Alusraami ristlõige

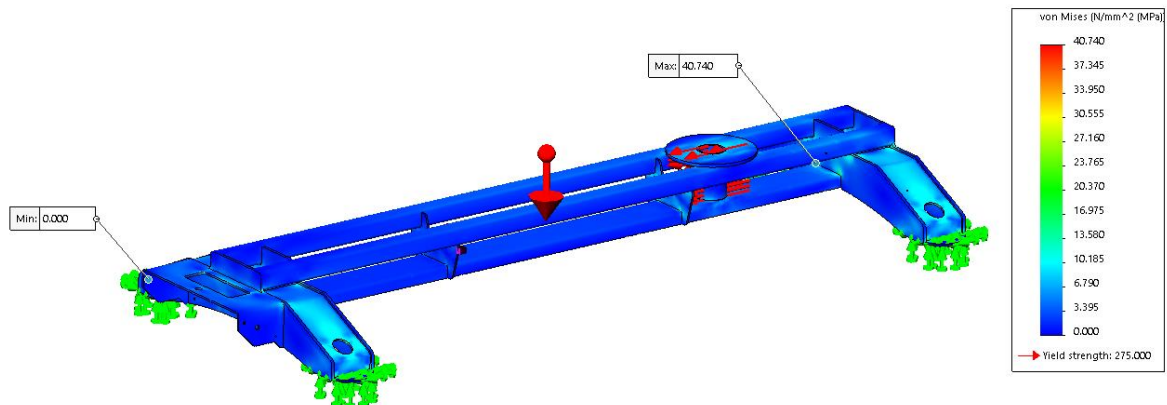
Alusraami mõlemas otsas asetsevad jalamoodulid, mis on projekteeritud selliselt, et alusraam toetub neljast punktist tasapinnale. Igasse toetuspunkti on paigaldatud keevismutter, mille külge lõppkoostamisel lisatakse ostutoodetena tellitavad reguleeritavad tallad. Kogu konstruktsiooni detailide liitmine teostatakse MIG keevitusmeetodit kasutades, mis on piisavalt kiire ja efektiivne lahendus analoogsete koostude keevitamiseks.



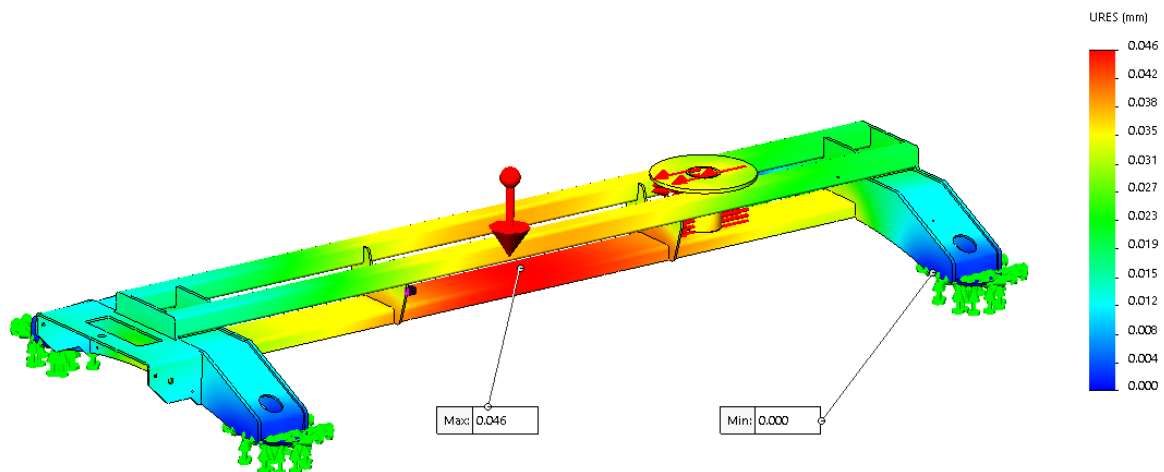
Joonis 5.4 Alusraam

5.2.2 Tugevusanalüüs alusraamile

Alusraami tugevusanalüüsi peamine eesmärk on kontrollida projekteeritud konstruktsiooni taluvust peatükis 5.1 arvatud koormusele ehk teoreetilisele relva tagasilöögile. Joonistel 5.5 ja 5.6 on välja toodud analüüsi tulemused alusraami pingete ja läbipainete kohta.



Joonis 5.5 Pinged alusraamis



Joonis 5.6 Deformatsioonid alusraamis

Analüüsi tulemused annavad selge ülevaate ja tõdemuse, et alusraam on projekteeritud piisavalt tugev talumaks etteantud koormusi. Maksimaalne pinge alusraamis on 40,7Mpa, mis tagab mitmekordse varuteguri, arvestades, et kasutatud teraseks on S355. Alusraami maksimaalne läbipaine on 0,046mm, mis on piisav soovitud tulemuse saavutamiseks.

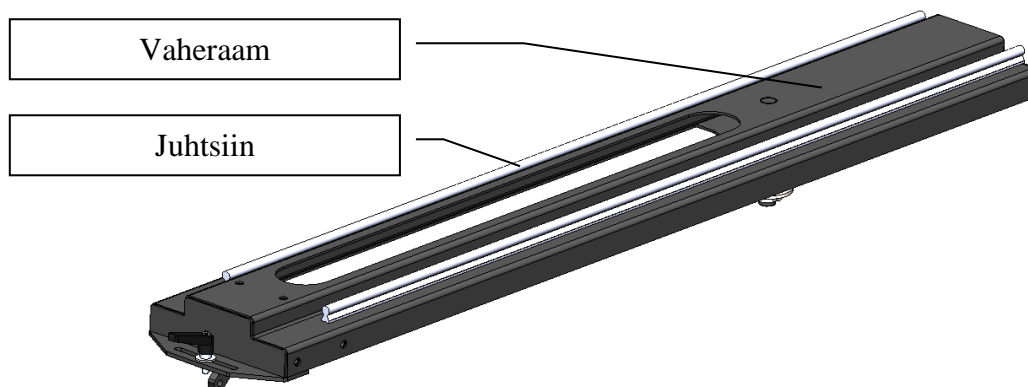
5.3 Vaheraami projekteerimine

Vaheraami eesmärk on tagada vertikaalsuunaline reguleeritavus. Nimetatud asjaolu silmas pidades on vaheraami konstruktsioon vastavalt projekteeritud.

Vaheraami projekteerimisel on kasutatud nii lehtmetsalli, kui ka ümarprofiili. 3mm paksusest lehtmetsallist on painutatud profiil ning teljeks on kasutatud 35mm läbimõõduga ümarprofiili. Kõikide detailide materjalina on kasutatud S355 terast.

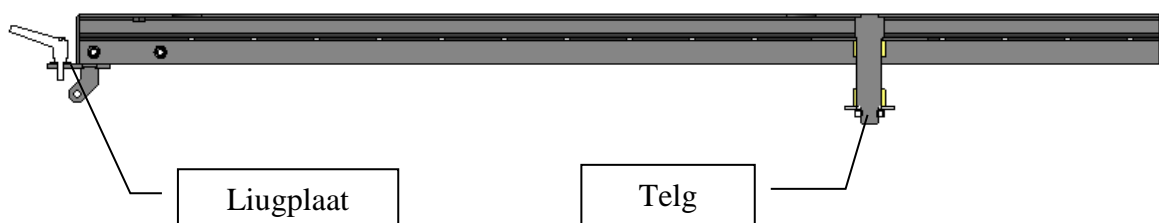
5.3.1 Vaheraami konstruktsioon

Painutatud profiil annab vaheraamile jäikuse. Vastav profiili kuju on valitud seetõttu, et oleks võimalikult hästi ja kompaktselt kinnitada vaheraamile juhtsiine ning samas oleks tagatud jäikus (Joonis 5.7). Juhtsiinid annavad lisaks profiili enda jäikusele lisajäikust tervele vaheraami konstruktsioonile.



Joonis 5.7 Vaheraam

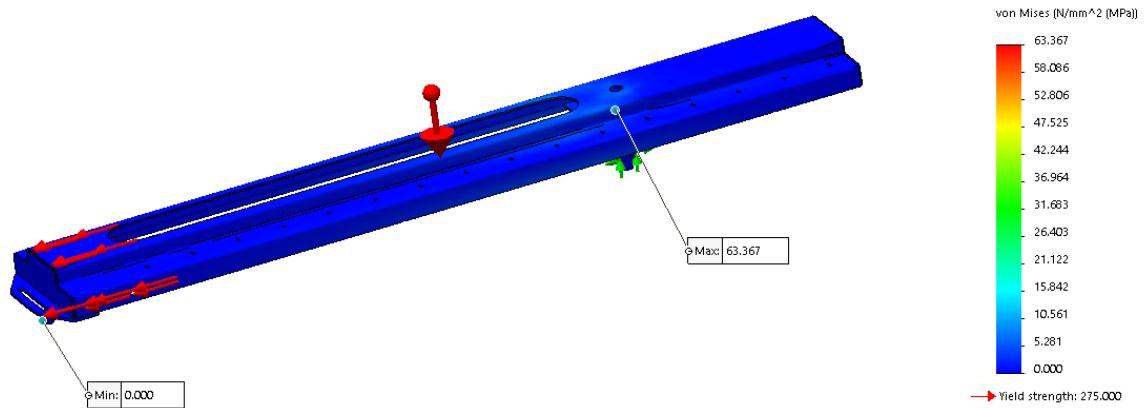
Vaheraam kinnitub stendi tagumisest otsast teljega vaheraamile ning esimesest otsast toetub liugplaadiga alusraamile (Joonis 5.8).



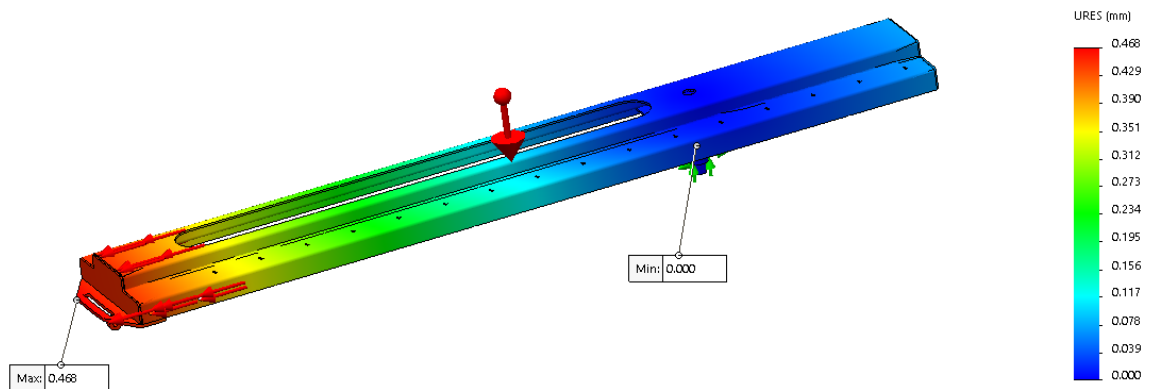
Joonis 5.8 Vaheraami läbilõige

5.3.2 Vaheraami tugevusanalüüs

Tugevusanalüüsi teostamisel vaadeldakse põhiliselt telje ja vaheraami ühenduskohta, mis peab taluma kõige enam koormustesti korral.



Joonis 5.9 Pinged vaheraamis



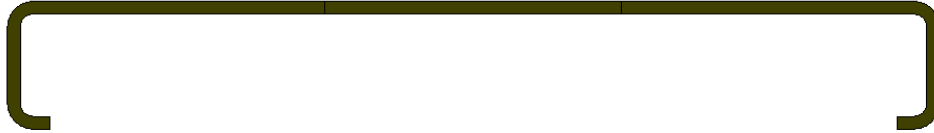
Joonis 5.10 Deformatsioonid vaheraamis

5.4 Kelgu projekteerimine

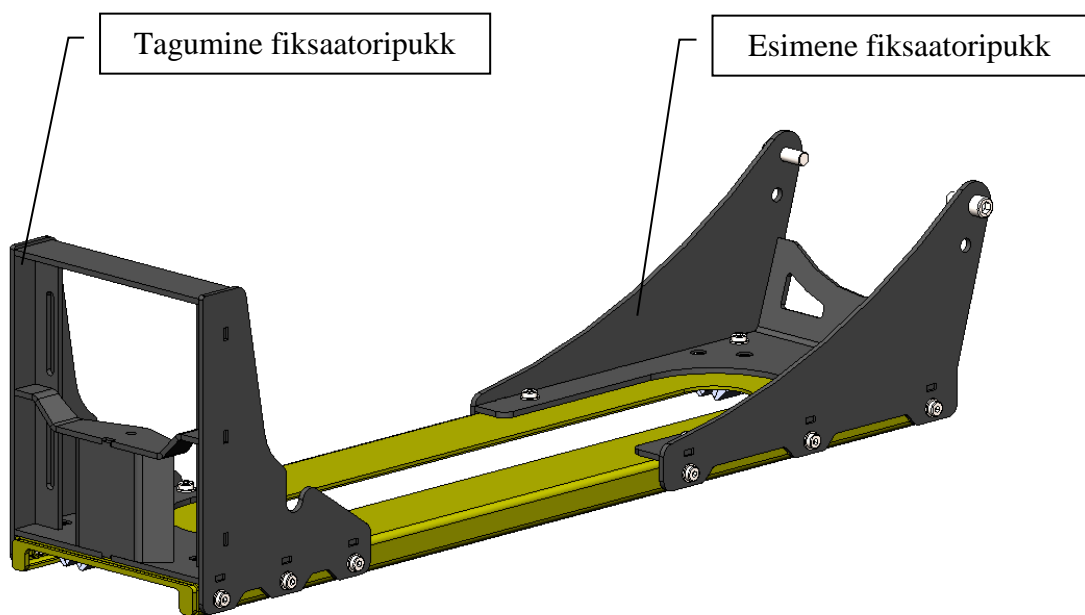
Tulirelva ja laskemoona tehnilise stendi kelgu projekteerimisel on kasutatud peasjalikult lehtmetsi 3-5mm. Detailid on laserlõigatud ja painutatud. Materjalina on kasutatud sarnaselt alusraamile terast S355.

5.4.1 Kelgu konstruktsioon

C-profiili kujule painutatud kelgu põhiosa (Joonis 5.11) annab kelgule hea jäikuse, mida tugevdavad omakorda kelgule paigaldatavad fiksaatorite pukk (Joonis 5.12).

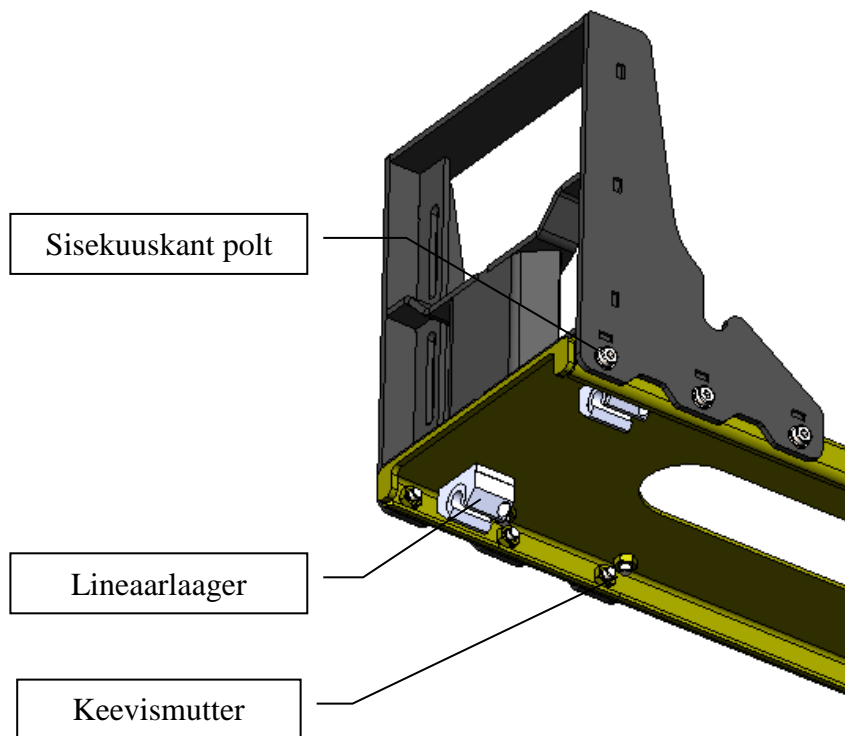


Joonis 5.11 C-profiili painutatud kelgu põhiosa



Joonis 5.12 Kelk komplekteeritult

Kelgu põhja alla kinnituvad lineaarlaagrid, mille fikseerimiseks kasutatakse M5 polte, mis läbivad kelku ning kinnituvad laagri keermestatud kinnitusavadesse (Joonis 5.13). Fiksaatorite pukkide kinnitamiseks on kelgu külge keevitatud keevismutrid, mis tagavad lihtsa ja kiire komplekteerimise.

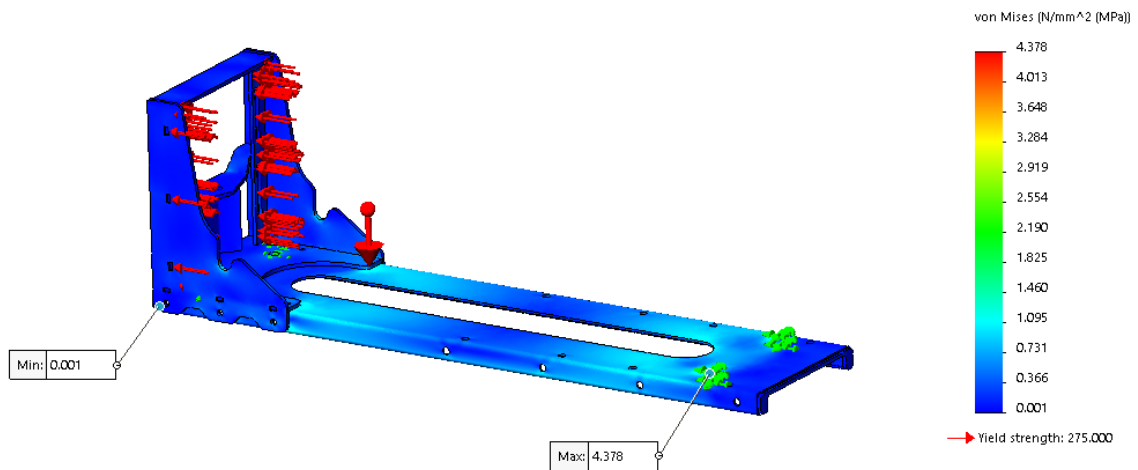


Joonis 5.13 Komplekteeritud kelgu vaade põhja alt

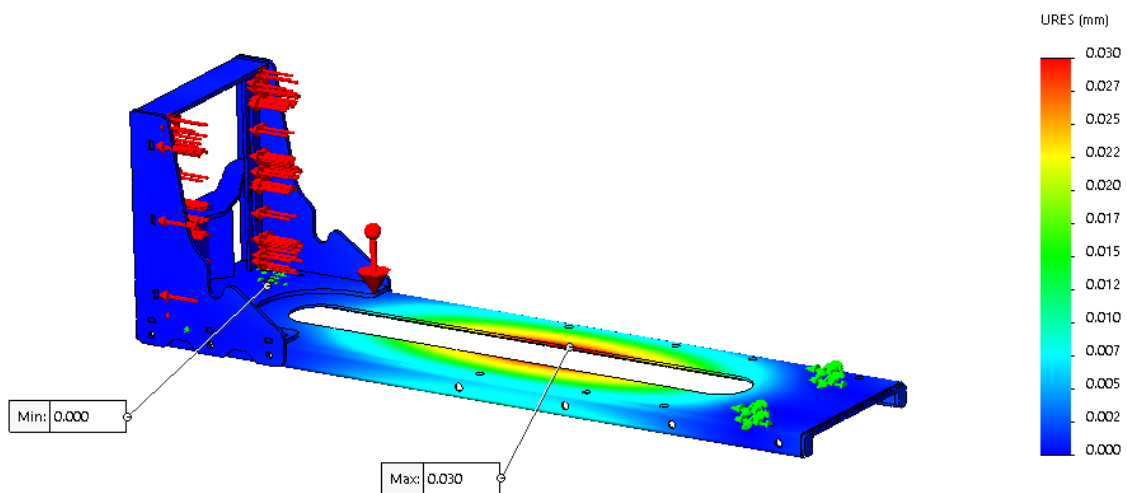
Detailide omavaheline ühendamine teostatakse MIG keevituse abil. Kelgule kinnituvad lineaarlaager kinnitatakse M5 sisekuuskantpoltidega ning kinnituspukid kinnitatakse M8 sisekuuskant poltidega.

5.4.2 Tugevusanalüüs kelgule

Arvestades, et projekteeritud relva ja laskemoona stendi kelgule mõjub põhiline koormus kelgu tagaosale, kuhu kinnitub tagumine fiksaatoripukk, teostas töö autor analüüsi kelgule koos tagumise fiksaatorpukiga.



Joonis 5.14 Pinged kelgu koostus



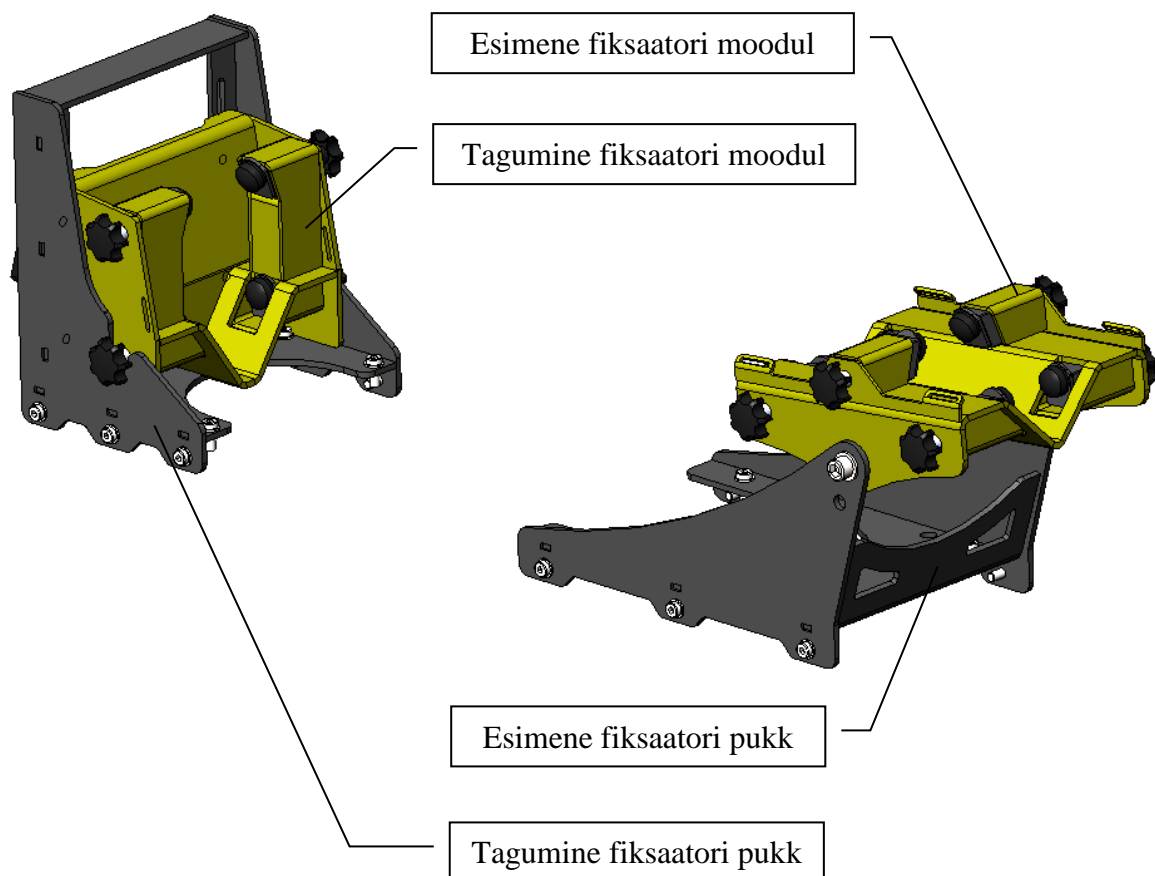
Joonis 5.15 Deformatsioonid kelgu koostus

Analüüsi tulemusena selgus, et projekteeritud kelk on piisavalt jäik. Suurim pinge on koondunud kelgu kinnitusavadele, kuhu kinnitatakse lineaarlaagrid (Joonis 5.14). Pinge on 4,4Mpa, mis on arvestades kasutatud materjali märkimisväärselt väike ning seetõttu sisuliselt puudub oht detailide purunemiseks.

Suurim deformatsioon on koondunud kelgu keskosale (Joonis 5.15), väljalõike serva ning on olemuselt piisavalt väike (0,03mm) mõjutamaks üldsise stendi mõõtetäpsust.

5.5 Fiksaatorite projekteerimine

Analoogselt ülejäänud stendi konstruktsioonile kasutatakse ka fiksaatorite projekteerimisel lehtmetsalli. Fiksaatorid võib jagada kahte osasse, fiksaatori pukid ning fiksaatorimoodulid (Joonis 5.16). Pukkide materjalina on kasutatud 5mm lehtmetsalli ning moodulite projekteerimisel 3mm lehtmetsalli. Tõukurid, mille abil relf pressitakse fiksaatorisse kinni kasutatakse nelikant toru 30x30-3mm.

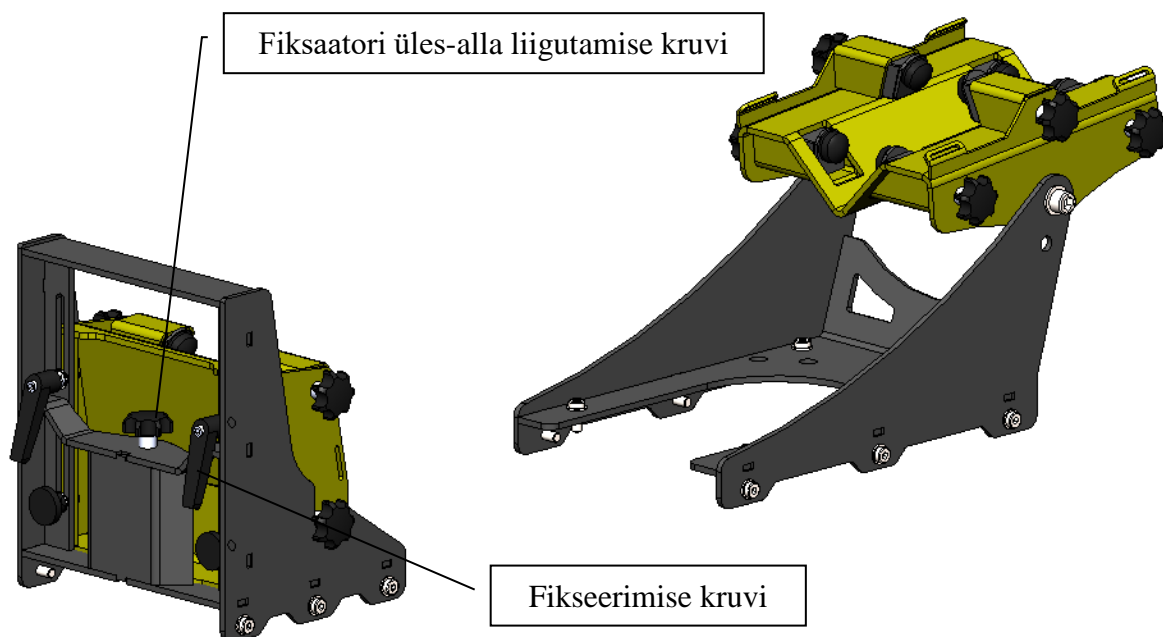


Joonis 5.16 Fiksaatorid

5.5.1 Fiksaatorite konstruktsioon

Relva vertikaalsuunalise rihtimise tarbeks on tagumine fiksaator konstrueeritud selliselt, et oleks võimalik tagumist pukki tõsta ja langetada koos relvakabaga. Esimene fiksaatoripukk on paigaldatud teljele, mis tagab tagumise puki liigutamisel esimesefiksaatori ja relva samatelgsuse.

Tagumine fiksaator on pukis üles-alla liigutatav seadekrui abil ning fikseeritav nelja fiksaatorkrui abil (Joonis 5.17).

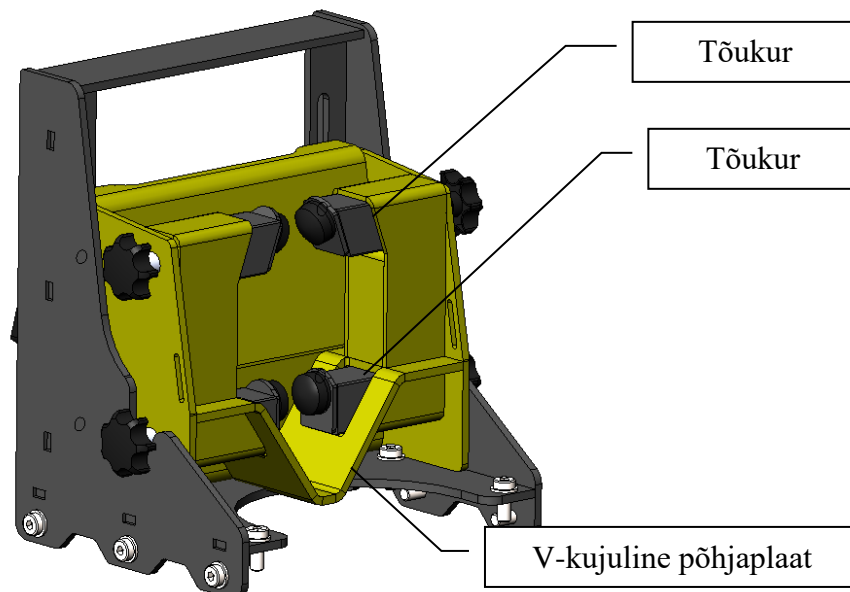


Joonis 5.17 Fiksaatorid

Vastavalt testitava relva eripärale on võimalik vajadusel esimest fiksaatori moodulit kinnitada kahel erineval kõrgusel asetsevasse avasse.

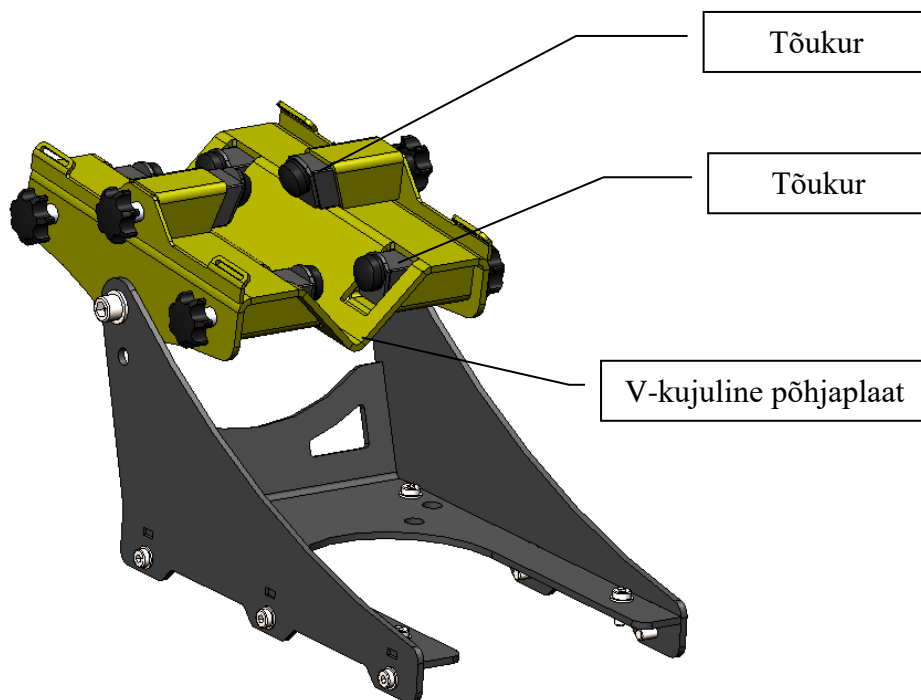
Tagumine fiksaator on varustatud nelja tõukuriga (Joonis 5.18), mille abil pressitakse relvakaba fiksaatorisse kinni. Fiksaatori alumine tugiplaat on V-kujuline tagamaks kaba isetsentreerumise fiksaatori suhtes.

Tõukurite liigutamiseks kasutatakse seadekruiid. Kontaktpindadele, kust tõukurid puutuvad kokku relvaga on paigaldatud kummipuksid parema haarduvuse saavutamiseks ning hoidmaks ära relvale vigastuste tekkimist.



Joonis 5.18 Tagumine fiksaatori pukki koos fiksaatori mooduliga

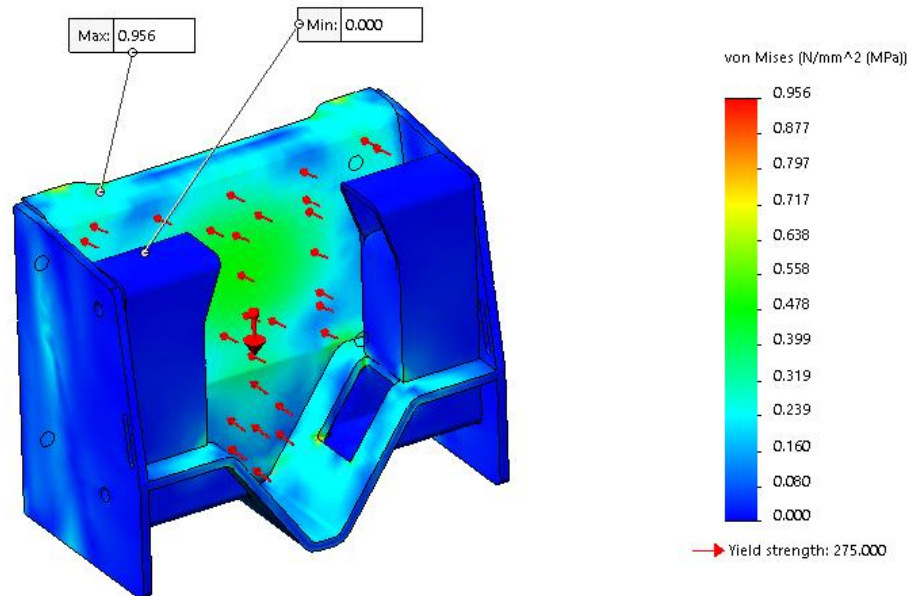
Esimene fiksaator on paigaldatud teljele, et oleks tagatud võimalikult hea stabiilne fikseeritavus relva laest samal ajal, kui teostatakse vertikaalsuunaline reguleerimine (Joonis 5.19). Fikseerimiseks on paigaldatud esimesele fiksaatorile kuus tõukurit, mis on oma olemuselt analoogsed tagumiste tõukuritega. Samuti toimub ka tõukurite liigutamine seadekruvide abil nagu tagumiste tõukurite puhul. Fiksaatori põhjaplaat on v-kujuline, mis tagab hea tsentreeritavuse fiksaatori suhtes.



Joonis 5.19 Esimene fiksaatori pukki koos fiksaatori mooduliga

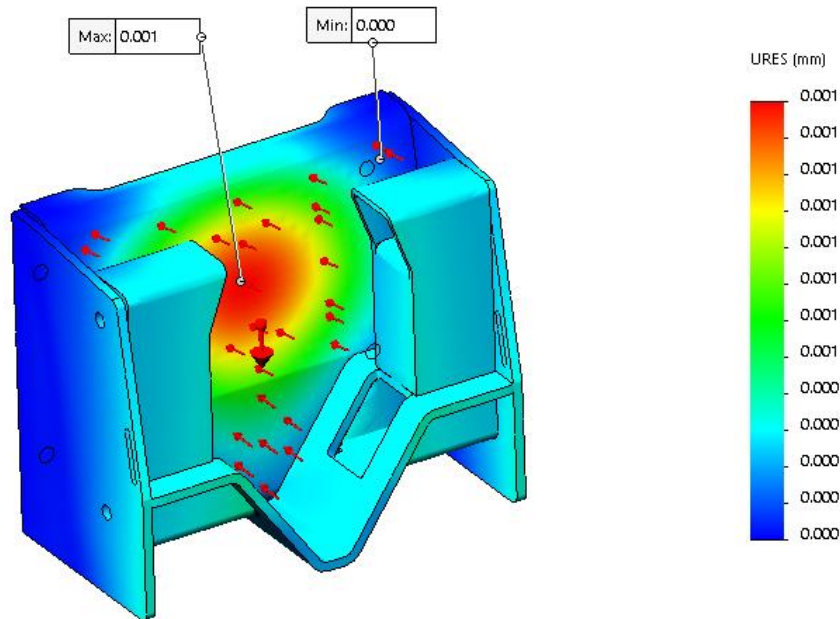
5.5.2 Tugevusanalüüs fiksaatoritele

Tugevusanalüüsi teostamisel fiksaatoritele on vaatluse alla võetud tagumine fiksaatoripukk. Kuivõrd fiksaatoripuki analüüs teostati koos kelgu tugevusanalüüsiga peatükis 5.2.2 kajastatakse käesolevas peatükis analüüs tagumisele fiksaatori moodulile (Joonis 5.16).



Joonis 5.20 Pinged fiksaatorimoodulis

Projekteeritud tagumise fiksaatorimoodulile rakendatud koormus mõjutab moodulit minimaalselt, mis annab kindluse, et soovi korral on võimalik stendis katsetada ka suurema tagasilöögijõuga relvi või laskemoona. Maksimaalne pinge tagumises fiksaatorimoodulis on 0,96MPa (Joonis 5.20).



Joonis 5.21 Deformatsioonid fiksaatorimoodulis

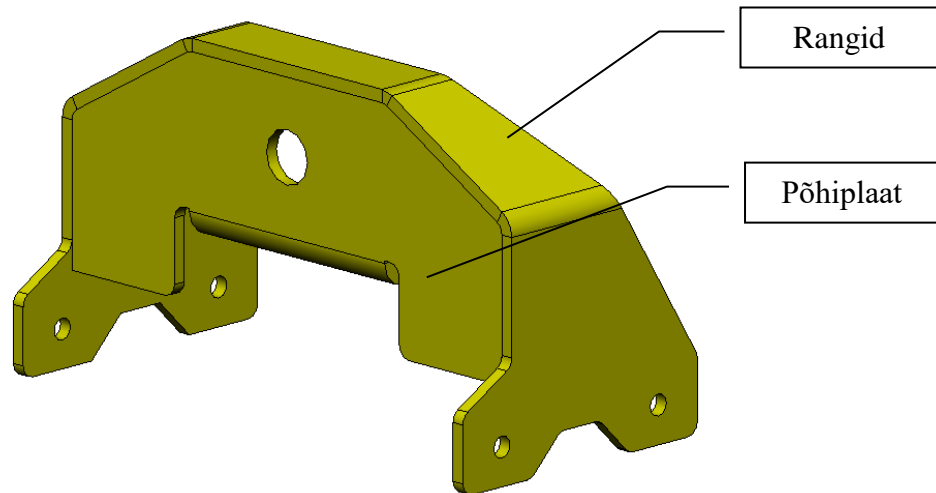
Deformatsiooni analüüsi uurides selgub tõsiasi, et projekteeritud konstruktsiooniga fiksaatorimoodulil puudub sisuliselt deformatsioon (Joonis 5.21). Maksimaalseks deformatsiooniks on moodulil 0,001mm.

5.6 Mõõteanduri puki projekteerimine

Mõõteanduripukk on üks esmastest komponentidest, mis saab iga tagasilöögi testi korral kõige suurema koormuse. Seetõttu on antud koostu projekteerimisel kasutatud 5mm lehtmetaili. Kuna S355 teras on piisavalt hea pingetaluvusega, on antud koostu detailide puhul kasutatud nimetatud terast. Kasutatud materjali profiili poolest on mõõteanduripukk lehtmetailist, mille detailid on laserlõigatud ning painutatud.

5.6.1 Mõõteanduri puki konstruktsioon

Pukk on projekteeritud võimalikult jäiga ja lihtsa konstruktsiooniga. Koost koosneb kahest detailist. Põhiplaat, millele kinnitatakse kliendi poolt mõõteandur või siis reguleeritava tugevusega löögiamortisaator on 5mm ning rangid, mis ümbritsevad põhiplaati. Rangide abil kinnitatakse mõõteanduri pukk külgedelt vaheraamile.

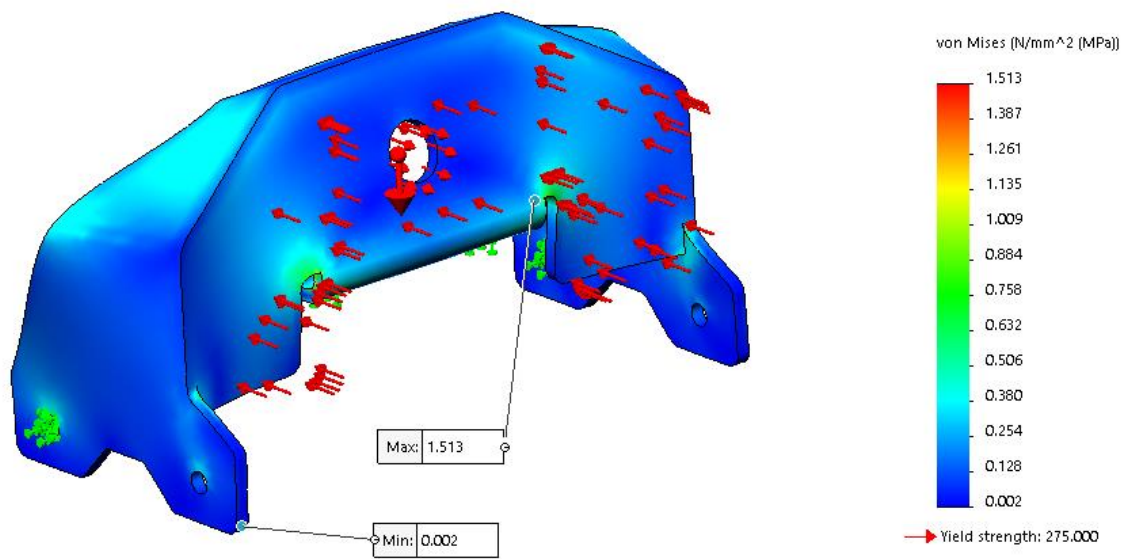


Joonis 5.22 Mõõteanduri pukk

Mõõteanduri puki kinnitamiseks kasutatakse kuute M8 polti. Neli polti fikseerivad puki mõlemalt küljelt ning kaks polti fikseerivad puki pealt poolt.

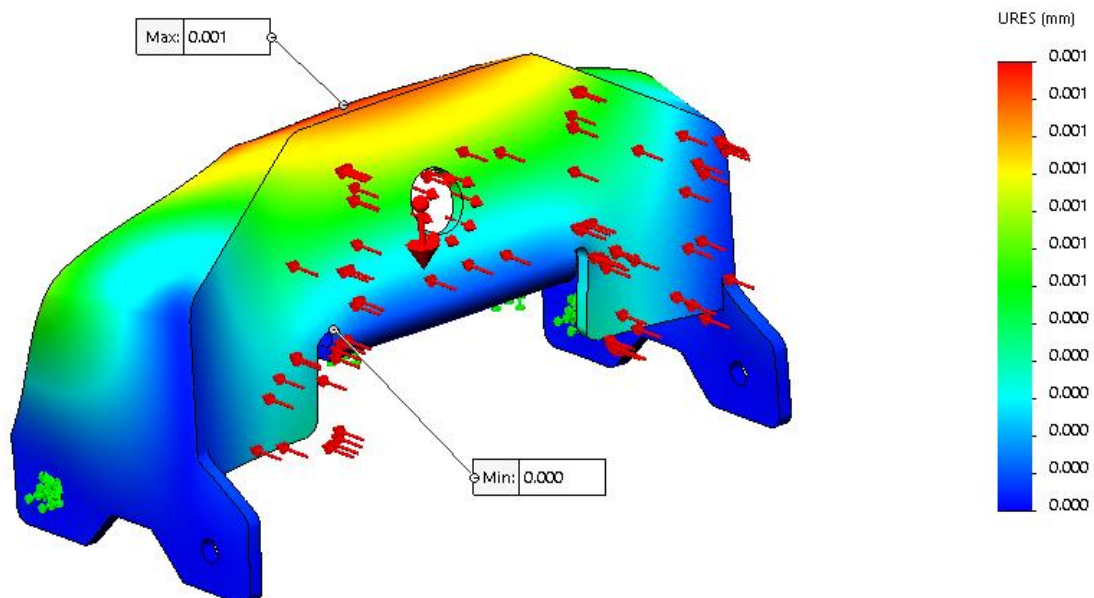
5.6.2 Tugevusanalüüs mõõteanduri pukile

Mõõteanduripukk on üks põhilisi kooste projekti puhul, mis saab kõige otsesemat koormust. Seetõttu on ka antud koostu koormustaluvus kõige kriitilisem. Analüüsi teostamisel kirjeldati rajatingimustes puki kinnituspunktid, milleks on poldiavad ning koormust rakendati põhiplaadile (Joonis 5.23)



Joonis 5.23 Pinged mõõteandruki pukis

Rakendatud koormus mõjutab minimaalselt projekteeritud puki konstruktsiooni. Maksimaalsed pinged analüüsi põhjal on 1,5MPa (Joonis 5.23)



Joonis 5.24 Läbipaine mõõteandruki pukis

Deformatsioon rakendatud koormuste korral on piisavalt väike tagamaks täpset mõõtetulemust testi teostamisel. Maksimaalne deformatsioon mõõteandruki pukis on 0,001mm ning tõenäoline suurim deformatsioon asetseb rangide ülasas, mis on piisavalt kaugel mõõteandri kinnituspunktist (Joonis 5.24).

5.7 Ostuosad ja komponendid

Ostuosade ja komponentide valikul on lähtunud komponentide kättesaadavusest ning hinnast. Samuti mängib olulist rolli komponentide kvaliteet, asendatavus ning piisav täpsusklass tagamaks projekteeritud stendi mõõtetäpsus.

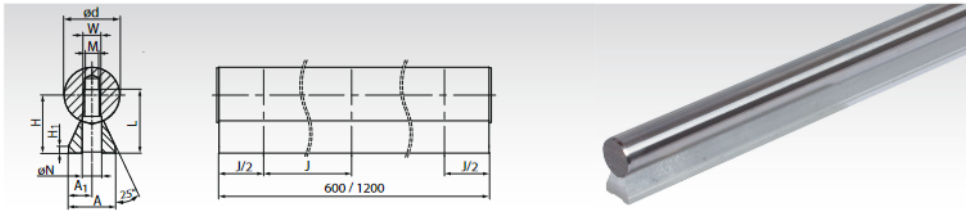
5.7.1 Lineaarlaagrid ja juhtsiinid

Juhtsiinid ja linearlaagrid saavad kõige suurema koormuse osaliseks, kui stendis teostatakse tulirelva või laskemoona tehnilise täpsuse testi. Tehnilise täpsuse testi korral liigub relv koos kelgu, fiksaatorite ja fiksaatoripukkidega teostatava lasu suunal tagasi. Kuna ka tagasilööki teostatakse olukorras, kus kelk on juhtsiinidel, peab juhtsiinide ja linearlaagrite vaheline lõtk olema minimaalne.

Linearlaagrite ja juhikute valikul vaadeldi erinevaid lahendusi. Kuna vaheraami ja kelgu konstruktsioon välistavad linearlaagrite telje suunalise püsivuse ehk laagril pole võimalik ümber oma telje pöörelda, on projektis võimalik kasutada ümarprofiilil põhinevaid juhtsiine ja linearlaagreid.

Valituks osutus Mädler kataloogist juhtsiinid läbimõõduga 12mm, mis on madala profiiliga ja võimalikult kompaktsed. Antud juhtsiine on võimalik saada kahes erinevas pikkuses (Joonis 5.25) 600mm ja 1200mm. Viimane sobitub ideaalselt töö autori poolt projekteeritud lahendusega. Puudub vajadus profiili järkamiseks või eritellimuse teostamiseks.

Precision Shaft Steel with Shaft Support, Low Version



Material shaft: Steel 1.1213 (Cf53), hardened and ground, hardness 62±2 HRC, diameter tolerance ISO h6.

Material support: Extruded aluminium.

Length: Either 600 mm or 1200 mm.
Delivery without mounting screws.

Ordering Details: e.g.: Product No. 647 412 05, Shaft with Support, Low Version, Ø 12 mm, Length 600 mm

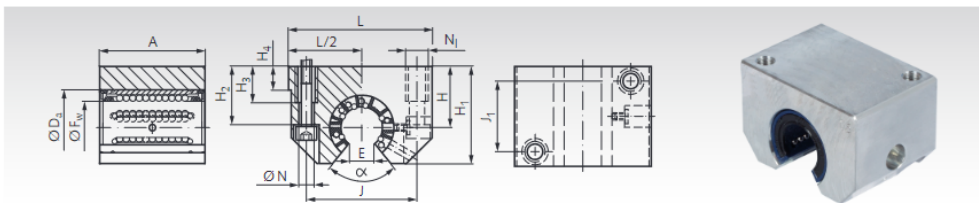
Ready-to-install, supported linear shafts to be used with open linear bearings or open linear bearing units. The shafts are supported over the entire length. Unit can be shortened by the customer using an angle grinder. The shaft supports have internal threads to get mounted from the downside of the customer's base plate. The required screw length depends also on the thickness of the base plate. Longer versions on request.

Product No.	Product No.	d	A	A ₁	H±0.15	H ₁	J	M	N	L	W	Weight 600 mm	Weight 1200 mm
Length 600 mm	Length 1200 mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg
647 412 05	647 412 06	12	11	5,5	14,5	3	75	M4	4,5	15,5	5,4	0,66	1,32
647 416 05	647 416 06	16	14	7	18	3	75	M5	5,5	16	7	1,20	2,40
647 420 05	647 420 06	20	17	8,5	22	3	75	M6	6,6	20	8,1	1,79	3,58
647 425 05	647 425 06	25	21	10,5	26	3	75	M8	9	25	10,3	2,67	5,34
647 430 05	647 430 06	30	23	11,5	30	3	100	M10	11	30	11	3,76	7,52
647 440 05	647 440 06	40	30	15	39	4	100	M12	13,5	38	15	6,44	12,88

Joonis 5.25 Juhtsiinid [19]

Vastavalt juhtsiini eripärale teostas töö autor lineaarlaagrite valiku. Valituks osutus KG-3-O lahtise profiiliga lineaarlaagrid (Joonis 5.26). Laagrite koormustaluvus on 815N ühe laagri kohta, mis on piisav arvestades asjaolu, et neljale laagriks lasuv koormus on ca 20kg ning esti sooritamisel lisandub 256N/m suurune koormus.

Linear Bearings Units KG-3-O ISO Series 3, with Linear Bearing of Open Design



Top view, turned

Material: Housing made from extruded aluminium with an open linear bearing of the ISO Series 3 from premium brand in top quality. With self-aligning capability that accommodates tilting, adjustable clearance. With wiping double-lip seals.

All bearings are lubricated ready-to-install.
Recommended shaft tolerance h6.
Spare linear bearing page 478.

Ordering Details: e.g.: Product No. 646 712 01, Linear Bearings Unit KG-3-O, Internal Ø 12 mm

Product No.	F _w	A	D _a	H±0.02	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	J	J ₁	L	N	N ₁ *	E	α	Load Rating		Weight
																dyn. C	stat. C ₀	
Open	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Degrees	N	N	g
646 712 01	12	32	22	18	28	16,5	11	6	32	23	43	4,3	M5	7,6	78	1080	815	74
646 716 01	16	37	26	22	35	21	13	7	40	26	53	5,3	M6	10,4	78	1320	865	132
646 720 01	20	45	32	25	42	24	18	7,5	45	32	60	6,6	M8	10,8	60	2000	1370	215
646 725 01	25	58	40	30	51	29	22	8,5	60	40	78	8,4	M10	13,2	60	2900	2040	443
646 730 01	30	68	47	35	60	34	22	9,5	68	45	87	8,4	M10	14,2	50	4650	3250	670
646 740 01	40	80	62	45	77	44	26	11	86	58	108	10,5	M12	18,7	50	7800	5200	1210
646 750 01	50	100	75	50	88	49	35	11	108	50	132	13,5	M16	23,6	50	11200	6950	2020

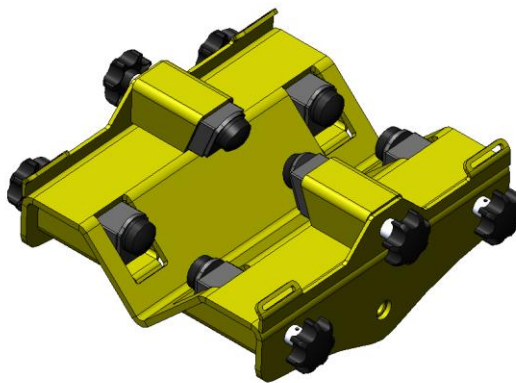
* When mounting from the bottom side choose the next smaller screw size.

Joonis 5.26 Lineaarlaagrid [20]

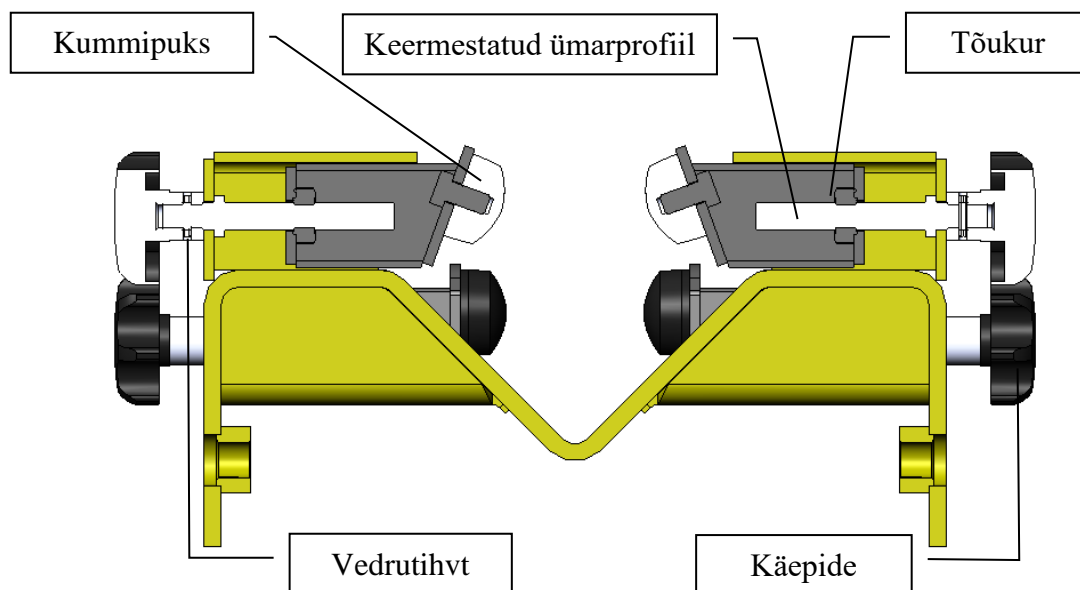
Valitud lineaarlaagrite suureks plussiks on võimalus reguleerida lõtku juhtsiini ja laagri vahel.

5.7.2 Tõukurid ja nende konstruktsioon

Tõukurite väljaõotamisel lähtuti kliendi tagasisidest, kus oli kindlaks sooviks, et tõukurite lahendus peab võimalikult vähe vigastama stendi paigaldatavat relva ja selle osasid. Samuti soovis tellija, et tõukurid oleksid võimalikult jäiga konstruktsiooniga. Tulenevalt kirjeldatud asjaoludest, pakkus töö autor välja oma variandi. Saades tagasisidena positiivse kinnituse lahenduse sobivusest, projekteeris töö autor lahenduse, kus tõukurid on valmistatud nelikant toru profiilist ning mida liigutatakse keerrestatud ümarprofiilide abil, millede otsa kinnitatakse käepidemed (Joonis 5.27 ja Joonis 5.28)



Joonis 5.27 Projekteeritud tõukurid paigaldatuna fiksaatorimoodulisse



Joonis 5.28 Läbilõige fiksaatori moodulist ja tõukuritest

Piisavalt hea ja samas võimalikult vähe relva kahjustava lahendusena paigaldatakse iga tükuri kontaktpinna otsa sisekeermega M6 kummipuksid (Joonis 5.29).

Rubber-Metal Bumpers MGK, Conical Design

Material: Metal parts: Steel, zinc-plated.
Elastomer: Natural rubber hardness 55° Shore A.

Simple, reasonably priced standard components used for elastic mounting. When shearing load occurs their load-bearing capacity is considerably lower than with pressure load. This has to be considered when horizontal mass forces or belt traction occur. The grade of rubber used has perfect physical properties.

Type A: with threaded stud.
Type I: with internal thread.

Ordering Details: e.g.: Product No. 685 831 00, Rubber-Metal Bumpers MGK-A, 25 mm

Product No. Type A	Product No. Type I	D mm	H mm	G mm	L mm	I mm	Spring Rate CD medium N/mm	Pressure Load Perm. Pressure Load $F_{perm.}^*$ N	Weight g
685 831 00	685 841 00	25	17	M6	18	6	125	500	15
685 835 00	685 845 00	50	18	M10	28	10	700	2000	75

Joonis 5.29 Kummipuksid [21]

Tõukurite reguleerimiseks on kasutusel käepidemed, mille profiil võimaldab rakendada piisavalt suurt jõudu ning on samas mugavad käsitseda (Joonis 5.30)

Star Knobs TE Similar to DIN 6336, Thermoplast

Material: Plastic Thermoplast (Polyamide), impact resistant, black, matt finish. Bush: Steel, zinc-plated, chromated blue.

Version C = with blind hole d_3^{H7} .
Version E = with tapped blind hole d_2 .

The full diameter of the contact surface is made from Steel.
The protruding steel bush allows a perfect cross-pin connection.

Ordering Details: e.g.: Product No. 661 332 00, Star Knob Thermoplast, 32mm

Product No. Version C	Product No. Version E	d_1 mm	Vers. C d_3 mm	Vers. E d_2 mm	d_4 mm	h_1 mm	h_2 mm	h_3 mm	t min. mm	Weight g
661 332 00	661 332 01	32	6	M6	12	20	10	8,5	12	15
661 340 00	661 340 01	40	8	M8	14	26	13	10	14	25
661 350 00	661 350 01	50	10	M10	18	32	17	10	18	53
661 363 00	661 363 01	63	12	M12	20	40	21	14	22	85
661 380 00	661 380 01	80	16	M16	25	52	27	15	30	195

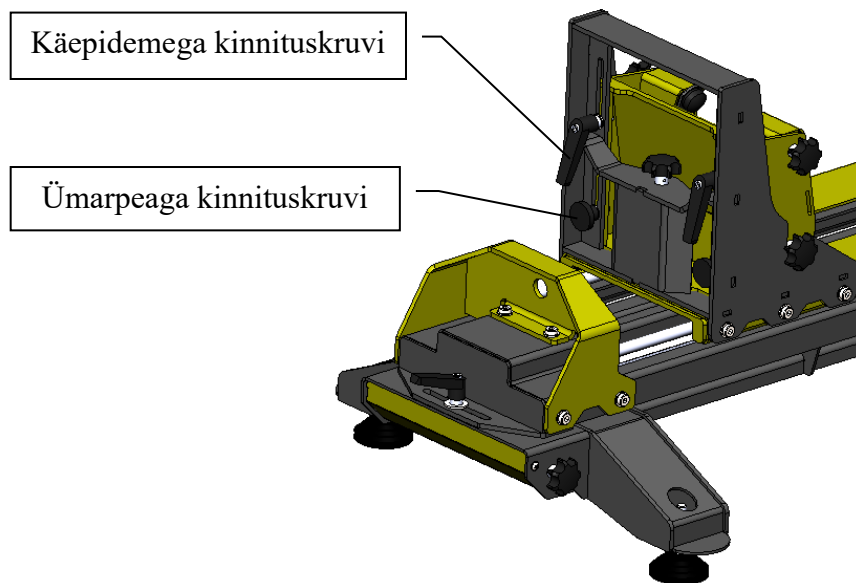
Joonis 5.30 Käepidemed [22]

Käepidemed kinnituvad keermestatud ümarprofiilile M8 keermega ning fikseeritakse komplekteerimise käigus puuritava vedrutihvtiga DIN EN 28752 2,5x12.

5.7.3 Kinnituskruvid ja käepidemed

Täpsete testitulemuste tagamiseks on kõik reguleeritavad sõlmed varustatud fikseerimislahendustega. Fikseerimisteks kasutatakse erinevaid kinnituskruvisid ja käepidemeid. Nende valiku teostamisel arvestati potentsiaalset jõudu, mis konkreetsele sõlmele võiks mõjuda. Sõlmedes, kus kinnitusjõud peab suurem olema, on kasutatud

käepidemega kinnituskruvisid ning vähemkriitilise kinnitusjõuga sõlmedes ümarpeadega kinnituskruvisid (Joonis 5.31).



Joonis 5.31 Käepidemeta ja kinnituskruvide paigutus tagumisel pukil

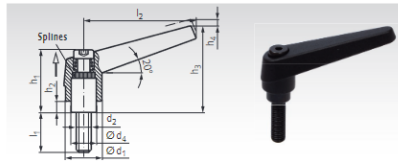
Käepidemega kinnituskruvid valis töö autor sellised, mida oleks võimalik reguleerida ehk on võimalik lihtsa vajutusega muuta käepideme asendit võimaldamaks kinnitusel võimalikult mugavalt jõudu rakendada (Joonis 5.32). Samas võimaldavad sellise lahendusega kinnituskruvid vajadusel peale pingutamist käepidemed stendi kabariitidesse liigutada.

Adjustable Clamping Levers 120 Version G with External Thread, Disengaged by Pulling

Material: Handle: zinc die-cast. Threaded stud and locking screw: Steel, black oxide finish. Handle: Plastic coated, colour black RAL 9005.

Version G = Handle slanted, with metric-threaded stud.

As they are adjustable, they are very versatile in use. The threaded insert is connected to the lever via the serration and can be released by pulling.



Ordering Details: e.g.: Product No. 665 755 12, Adjustable Clamping Lever, Thread M5x12

Product No. Version G	d ₁ mm	d ₂ mm	l ₁ mm	d ₄ mm	h ₁ mm	h ₂ mm	h ₃ mm	h ₄ mm	l ₂ mm	Weight g
665 755 12	14	M5	12	10	25	4,5	35	3,5	45	37
665 755 16	14	M5	16	10	25	4,5	35	3,5	45	38
665 755 20	14	M5	20	10	25	4,5	35	3,5	45	39
665 755 25	14	M5	25	10	25	4,5	35	3,5	45	39
665 755 32	14	M5	32	10	25	4,5	35	3,5	45	40
665 756 16	18	M6	16	13,5	31	6,5	45	4	62	76
665 756 20	18	M6	20	13,5	31	6,5	45	4	62	77
665 756 25	18	M6	25	13,5	31	6,5	45	4	62	80
665 756 32	18	M6	32	13,5	31	6,5	45	4	62	81
665 756 40	18	M6	40	13,5	31	6,5	45	4	62	82
665 758 16	18	M8	16	13,5	31	6,5	45	4	62	78
665 758 20	18	M8	20	13,5	31	6,5	45	4	62	80
665 758 25	18	M8	25	13,5	31	6,5	45	4	62	81
665 758 32	18	M8	32	13,5	31	6,5	45	4	62	87
665 758 40	18	M8	40	13,5	31	6,5	45	4	62	89
665 760 20	22	M10	20	16	36	8	52	4	74	132
665 760 25	22	M10	25	16	36	8	52	4	74	136
665 760 32	22	M10	32	16	36	8	52	4	74	137
665 760 40	22	M10	40	16	36	8	52	4	74	143
665 760 50	22	M10	50	16	36	8	52	4	74	148
665 762 25	25	M12	25	19	43	11	63	4	89	203
665 762 32	25	M12	32	19	43	11	63	4	89	206
665 762 40	25	M12	40	19	43	11	63	4	89	214
665 762 50	25	M12	50	19	43	11	63	4	89	219
665 766 32	30	M16	32	23	50,5	12	76	5	108	362
665 766 40	30	M16	40	23	50,5	12	76	5	108	373
665 766 50	30	M16	50	23	50,5	12	76	5	108	386

Note

This clamping lever has proven ideal wherever the swivel range is limited or where a specific lever position is most convenient for the operator. The lever also features a modern design. By pulling the lever, the serrations are disengaged. Now the handle

can be turned into any direction and the threaded insert can be screwed in or out by turning the locking screw. When the lever is released, the serration re-engages automatically because of the spring tension.

Joonis 5.32 Käepidemega kinnituskruvid [23]

Ümarpeadega kinnituskruvide valiku põhiliseks kriteeriumiks oli asjaolu, et kontaktpind peaks olema metallist. Valiti Mäedleri tootekataloogist läbinisti teras kinnituskruvid M8 keermega (Joonis 5.33)

Knurled Thumb Screws DIN 464

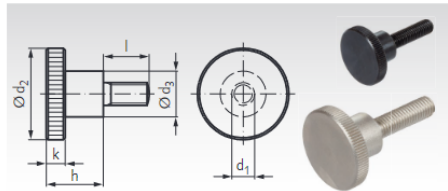
Material: Steel, black oxide finish, tensile strength 5.8.

Material: Stainless steel 1.4 305 (AISI 303).



Visible face precision turned.

Contrary to the standards sheet, all knurled screws are produced from one piece and threaded over their full length.



Ordering Details: e.g.: Product No. 654 205 00, Knurled Screw DIN 464, M4 x 8

Product No. Steel 5.8	Product No. stainless	d ₁ mm	l mm	d ₂ mm	d ₃ mm	h mm	k mm	Weight g
654 205 00	654 992 05	M4	8	16	8	9,5	3,5	9
654 206 00	654 992 06	M4	10	16	8	9,5	3,5	9
654 207 00	654 992 07	M4	12	16	8	9,5	3,5	10
654 208 00	654 992 08	M4	16	16	8	9,5	3,5	10
654 212 00	654 992 12	M5	10	20	10	11,5	4	12
654 214 00	654 992 14	M5	16	20	10	11,5	4	16
654 216 00	654 992 16	M5	20	20	10	11,5	4	16
654 218 00	-	M6	10	24	12	15	5	28
654 220 00	654 992 20	M6	16	24	12	15	5	29
654 221 00	654 992 21	M6	20	24	12	15	5	30
654 222 00	654 992 22	M6	25	24	12	15	5	31
654 224 00	654 992 24	M8	16	30	16	18	6	56
654 225 00	654 992 25	M8	20	30	16	18	6	60
654 227 00	654 992 27	M8	30	30	16	18	6	61
654 229 00	-	M10	20	36	20	23	8	108
654 231 00	-	M10	30	36	20	23	8	113
654 232 00	-	M10	40	36	20	23	8	118

Joonis 5.33 Ümarpeaga kinnituskruvid [24]

5.7.4 Mõõteandur ja reguleeritav tagasilöögi summutusamortisaator

Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse stendi olulisteks komponentideks on mõõteandur, mille abil mõõdetakse tagasilöögi tugevust ning tulirelva või laskemoona tehnilise täpsuse testimiseks on oluline komponent tagasilööki summutav amortisaator. Nimetatud komponendid on tellija poolt lisatavad elemendid. Andmaks piisavalt ülevaadet on järgnevalt välja toodud analoogsed variandid, mida käesoleva projekti puhul kasutatakse.

Tagasilöögi tugevuse mõõtmiseks plaanib projekti tellija kasutada jõuandurit (Joonis 5.34), mis on varustatud digitaalse näidikuga. Näidik salvestab automaatselt suurima andurile mõjuva jõu. Andur kinnitatakse peatükis 5.6 Mõõteanduripuki projekteerimine kirjeldatud puki külge.



Joonis 5.34 Digitaalne jõuandur [25]

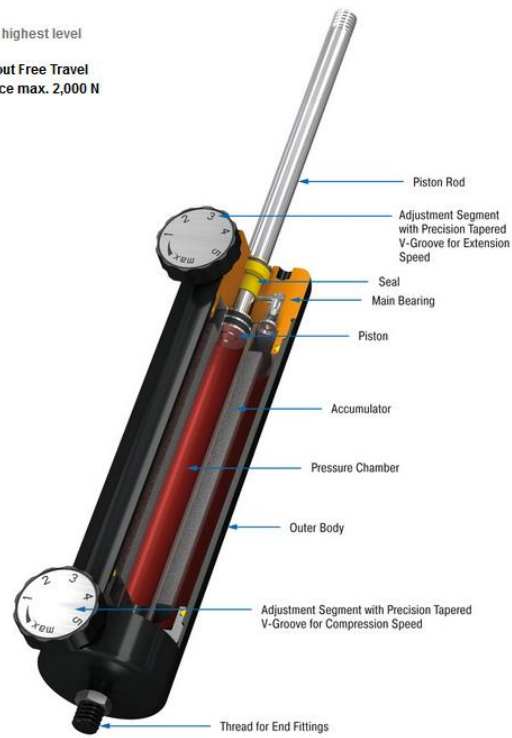
Testimaks relva või laskemoona tehnilist täpsust või seadistamiseks sihikut asendatakse eeltoodud jõuandur reguleeritava amortisaatoriga. Amortisaator võimaldab reguleerida nii mõlemasuunalise liikumise kiirust kui ka jõudusid (Joonis 5.35).

Hydraulic Dampers

HBD-50-250

Regulation at the highest level

Adjustable, Without Free Travel
Compression force max. 2,000 N
Stroke 250 mm



ACE

Joonis 5.35 Reguleeritav löögi summutusamortisaator [26]

Kuna kirjeldatud komponendid soovis tellija ise projekti valida, ei kajastata antud komponente ka majanduslikus analüüsis (peatükk 6) ning samuti ei ole antud komponendid leitavad projekti dokumentatsioonis.

6. MAJANDUSLIK ANALÜÜS

Majandusliku analüüsi eesmärgiks on vastavalt projekteeritud tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendile analüüsida, kas projekteeritud seade vastab alapeatükis 3.2 kirjeldatud eesmärgile ning mahub määratud hinnaraamidesse.

Projekti tellija sooviks oli, et detailide valmistamine ja värvimine teostatakse allhanke raames ning keevitamine ja lõplik komplekteerimine tellija töökojas ja tellija tööjõuga. Sellest tulenevalt teostas töö autor hinnapäringud detailidele, ostuosadele, kinnitusvahenditele ja pinnaviimistlusele.

Summaarne omahind kujuneb antud projektile detailide, ostuosade, kinnitusvahendite, pinnaviimistluse ja tellija poolt arvatud summadest. Kuivõrd stend projekteeriti magistritöö raames, ei arvestata projekteerimise maksumust lõpphinna kalkulatsioonis.

6.1 Detailid, komponendid, kinnitusvahendid

Suur osa detailidest valmistatakse lehtmetailist ning läbivalt on kasutatavaks materjaliks S355 teras. Hinnapäringu teostamiseks koostas töö autor nimekirja, mis edastati potentsiaalsele tootjale. Tabelis 6.1 on välja toodud kõik detailid, kogused ning kirjeldus. Pakkumine kajastab ühe stendi valmistamiseks vajaminevaid detaile ning hindu. Alates 10 komplekti tellimisel muutuvad hinnad ühiku kohta märkimisväärselt (ca. 25%) soodsamaks. Teenuse sisuks on plasma või laserlõikus ning painutamine.

Hinnapakumise saamiseks saadeti tootjale PDF ja DWG formaadis detailide joonised. Hinnapakumine pärineb Semi Metall OÜ-lt, kes tegeleb väiksemahuliste projektide teostamisega.

Vastavalt tabelis 6.1 kajastatule on detailide valmistamise summaarne maksumus 881,37€. Tabelis toodud hinnad sisaldavad käibemaksu.

Tabel 6.1 Detailide tabel hinnatabel

OSAD	KIRJELDUS	TÄPSUSTUS	KOGUS	HIND	KOKKU
S_P001-100	Kruviku plaat	Leht; 5mm; S355	1	8,17	8,17
S_P002-100	Tagumise fikseerimispuki pörkeplaat	Leht; 5mm; S355	1	13,61	13,61
S_P003-100	Mööteanduripuki peaplaat	Leht; 5mm; S355	1	14,61	14,61
S_P004-100	Mööteanduripuki rangid	Leht; 5mm; S355	1	19,69	19,69
S_P005-100	Alusraami vaheprofiil	Leht; 3mm; S355	1	22,93	22,93
S_P006-100	Vaheplaat	Leht; 5mm; S355	1	3,78	3,78
S_P007-100	Kinnitusmooduli juhtplaat	Leht; 5mm; S355	2	3,77	7,54
S_P008-100	Kinnituspuki alusplaat	Leht; 5mm; S355	1	8,92	8,92
S_P009-100	Tõukuri juhik 3	Leht; 3mm; S355	2	14,22	28,44
S_P010-100	Vaheraami profiil	Leht; 3mm; S355	1	49,95	49,95
S_P011-100	Tõukuri juhik 2	Leht; 3mm; S355	2	12,45	24,9
S_P012-100	Kelgu otsaplaat	Leht; 3mm; S355	2	3,22	6,44
S_P013-100	Tagumise kinnitusmooduli pukki põse plaat	Leht; 5mm; S355	2	10,25	20,5
S_P014-100	Tugijala plaat	Leht; 5mm; S355	2	10,46	20,92
S_P015-100	Tugijala alusplaat	Leht; 3mm; S355	4	11,86	47,44
S_P016-100	Tagumise kinnitusmooduli kinnitusplaat	Leht; 5mm; S355	2	2,95	5,9
S_P017-100	Tugijala vaheplaat	Leht; 3mm; S355	4	13,12	52,48
S_P018-100	Vaheraami profiil	Leht; 3mm; S355	2	3,3	6,6
S_P019-100	Tagumise kinnitusmooduli pösk	Leht; 5mm; S355	2	5,2	10,4
S_P020-100	Tõukuri juhik 1	Leht; 3mm; S355	2	12,81	25,62
S_P021-100	Kelgu profiil	Leht; 3mm; S355	1	35,55	35,55
S_P022-100	Tugijala plaat 2	Leht; 5mm; S355	2	10,55	21,1
S_P023-100	Alusraami toru	Nelikant toru; 30x30x2-1190mm; S355	2	7,32	14,64

Tabel 6.1. Järg

OSAD	KIRJELDUS	TÄPSUSTUS	KOGUS	HIND	KOKKU
S_P024-100	Vaheplaat 2	Leht; 5mm; S355	1	5,01	5,01
S_P025-100	Alusraami puks	Ümarprofiil; D=50mm; L=78mm; S355	1	29,72	29,72
S_P026-100	Vaheraami liugplaat	Leht; 5mm; S355	1	4,86	4,86
S_P027-100	Alusraami liugplaat	Leht; 3mm; S355	1	14,89	14,89
S_P028-100	Alusraami vaheplaat	Leht; 3mm; S355	2	3,06	6,12
S_P029-100	Telg	Ümarprofiil; D=35mm; L=130mm; S355	1	22,16	22,16
S_P030-100	Tugiplaad	Leht; 3mm; S355	1	3,87	3,87
S_P031-100	Kõrv	Leht; 10mm; S355	1	3,04	3,04
S_P032-100	Reguleerimistelg 1	Ümarprofiil; D=12mm; L=200mm; S355	1	23,11	23,11
S_P033-100	Katteplekk	Leht; 0,8mm; S355	1	14,41	14,41
S_P034-100	Tagumise kinnitusmooduli tugiplaad	Leht; 5mm; S355	1	19,49	19,49
S_P035-100	Tagumise kinnitusmooduli alusplaat	Leht; 5mm; S355	1	15,4	15,4
S_P036-100	Tõukur 1	nelikant toru; 30x30x2-37mm; S355	6	2,55	15,3
S_P037-100	Tõukuri otsaplaad	Leht; 3mm; S355	10	2,18	21,8
S_P038-100	Esimese kinnitusmooduli alusprofiil	Leht; 5mm; S355	1	27,38	27,38
S_P039-100	Esimese kinnituspuki põsk	Leht; 5mm; S355	2	12,54	24,08
S_P040-100	Esimese kinnituspuki alusplaat	Leht; 5mm; S355	1	24,98	24,98
S_P041-100	Esimese kinnitusmooduli põsk	Leht; 3mm; S355	2	12,54	25,08
S_P042-100	Tõukuri juhik 4	Leht; 3mm; S355	2	12,05	24,1
S_P043-100	Tõukuri juhik 5	Leht; 3mm; S355	4	12,56	50,24

Tabel 6.1. Järg

OSAD	KIRJELDUS	TÄPSUSTUS	KOGUS	HIND	KOKKU
S_P044-100	Tõukur	Nelikant toru; 30x30x2-47mm; S355	4	2,35	9,4
S_P045-100	Reguleerimise varras	Ümarprofiil; D=12mm; L=65mm; S355	10	4,63	46,3
S_P046-100	Keermelatt M6; DIN- 975	Keermelatt M6; DIN975; L=12mm; S355	10	0,23	2,3
KOKKU					881,37

Projektis kasutatud komponendid on kõik valitud Saksa tootja Mädler kataloogist, mille suurimaks tarnijaks Eestis on Alas-Kuul AS. Komponentide päringu teostamiseks oli analoogselt detailide päringu teostamisel töö autori poolt koostatud tabel (vt tabel 6.2).

Tabelis on kajastatud osad koos kataloogi koodidega, kirjeldus, kogused ning hinnad. Nagu ka detailide puhul, mängivad suurt rolli tellitavad kogused. Tabelis kajastatud hinnad peegeldavad ühe stendi valmistamiseks vajalike komponentide koguseid ja hindasid. Vastavalt Alas-Kuul AS poolt edastatud hinnapakumisele kujunes komponentide kogusummaks 866,86€. Tabelis kajastatud hinnad sisaldavad käibemaksu.

Tabel 6.2 komponentide tabel

OSAD	KIRJELDUS	KOGUS	HIND	KOKKU
Maedler_68584100	Kummipuks D=25mm; M6 (sisekeere)	10	1,52	15,2
Maedler_62336300	Õlipronks-puks 38x30-20	2	3,534	7,068
Maedler_64741206	Lineaarjuhik D=12; L=1200	2	97,32	194,64
Maedler_66575820	Kinnituskrugi M8x20 (käepidemega)	3	3,73	11,19
Maedler_66134001	Seademutter M8 (ümarpea)	12	2,0799	24,9588
Maedler_64671201	Lineaarlaager D=12mm	4	145,18	580,72
Maedler_65422500	Kinnituskrugi M8x20 (ümarpea)	2	3,753	7,506
Maedler_65530100	Tugijalg M10x 40	4	6,393	25,572
KOKKU				866,8548

Kinnitusvahendite tarnijaks on valitud Baltic Bolt OÜ. Töö autori poolt edastatud tabeli (vt tabel 6.3) põhjal teostas Baltic Bolt AS hinnapakumuse. Hinnapakumuse summaarseks summaks kujunes 53,41€. Suurimaks kuluallikaks kujunes kinnitusvahendite puhul lukustumutter 24,96€. Nimetatud mutri näol ei ole tegemist keerulise detailiga ning kuna tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi

juures mõjuvad nimetatud mutrile üsna väikesed jõud, plaanitakse pikemas perspektiivis lasta ka see allhanke korras valmistada. Lastes mutri valmistada, väheneks detaili hind ca. 2 korda.

Tabel 6.3 (kinnitusvahendid)

OSAD	KIRJELDUS	KOGUS	HIND	KOKKU
DIN 929-M8-N	Keevismutter	44	0,0853	3,7532
DIN 929-M10-N	Keevismutter	4	0,152	0,608
DIN 929-M12-N	Keevismutter	2	0,285	0,57
DIN 6797-A21	Stopperseib	1	0,432	0,432
DIN 1804 - M20x1.5 - N	Lukustusmutter	1	24,96	24,96
DIN EN 28752 - 2.5 x 12 - St	Vedrutihvt	10	0,132	1,32
DIN 967 - M4 x 6 - Z --- 4.6N	Polt	4	0,0925	0,37
DIN 7984 - M4 x 16 --- 13.9N	Polt	32	0,33	10,56
DIN 7984 - M5 x 16 --- 13.6N	Polt	8	0,1296	1,0368
DIN 7984 - M8 x 20 --- 16.25N	Polt	26	0,1991	5,1766
DIN 912 M12x1.25 x 30 --- 30N	Polt	2	1,175	2,35
Washer DIN 125 - A 5.3	Seib	8	0,0122	0,0976
Washer DIN 125 - A 8.4	Seib	30	0,0374	1,122
Washer DIN 125 - A 13	Seib	2	0,1351	0,2702
Washer DIN 9021 - 8.4	Seib	1	0,2027	0,207
Washer DIN 9021 - 22	Seib	1	0,612	0,612
KOKKU				53,4411

6.2 Valmistamine

Tellitud detailide põhjal koostab ning keevitab projekti tellija oma töökojas vastavalt koostejoonistele keeviskoostud. Keevitusmeetodina kasutatakse MIG keevitust, mis tagab kiire ning kvaliteetse tulemuse. Tellija teostas vastavalt keevisjoonistele ajakulu kalkulatsiooni ning määras keevituse ja koostamise tunnihinna 32,4 €/h. Tabelis 6.4 on kajastatud vastavalt eelkirjeldatule kõikide keeviskoostude hinnad. Keeviskoostude valmistamise hinnaks kujunes vastavalt kalkulatsioonile 145,8 €.

Tabel 6.4 Keeviskoostude hinnatabel

OSAD	KIRJELDUS	AEG	KOGUS	HIND	KOKKU
S_A001-100	Alusraam (keeviskoost)	1,3	1	42,12	42,12
S_A003-100	Tagumine kinnituspukk (keeviskoost)	0,6	1	19,44	19,44
S_A006-100	Mõõteanduripukk (keeviskoost)	0,5	1	16,2	16,2
S_A007-100	Esimene kinnituspukk (keeviskoost)	0,3	1	9,72	9,72

Tabel 6.4. Järg

OSAD	KIRJELDUS	AEG	KOGUS	HIND	KOKKU
S_A008-100	Esimene kinnitusmoodul (keeviskoost)	0,4	1	12,96	12,96
S_A010-100	Tõukur 1 (keeviskoost)	0,1	4	3,24	12,96
S_A011-100	Tagumine kinnitusmoodul (keeviskoost)	0,4	1	12,96	12,96
S_A013-100	Tõukur 2 (keeviskoost)	0,1	6	3,24	19,44
KOKKU					145,8

Toote komplekteerimine teostatakse samuti tellija poolt, seega on tabelis 6.5 toodud hindade ja ajakalkulatsioonide juures arvestatud tellija võimekuse ja võimalustega. Stendi komplekteerimine ei hõlma endas keerukaid protsesse, vaid on suures osas võimalik teostada lihtsamaid mehhaaniku tööriistu kasutades. Tellija töökojas ja tööjõudu kasutades on komplekteerimise tunnihinnaks 25,8€/h. Projekteeritud tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestend on jaotatud peakoostuks ning kolmeks alamkoostuks.

Tabel 6.5 Komplekteeritavate koostude hinnatabel

OSAD	KIRJELDUS	AEG	KOGUS	HIND	KOKKU
S_A-100	Relva ja laskemoona tehnilise täpsuse stend	1,5	1	38,7	38,7
S_A005-100	Kelk ja kinnituspukid (komplekteeritult)	0,3	1	7,74	7,74
S_A009-100	Esimene kinnitusmoodul (komplekteeritult)	0,3	1	7,74	7,74
S_A012-100	Tagumine kinnitusmoodul (komplekteeritult)	0,3	1	7,74	7,74
KOKKU					61,92

6.3 Pinnakate

Pinnakatte nõude kohaselt (vt peatükk 3.2; table 3.1) peavad tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi detailid olema pulbervärvitud, mistõttu võeti päringud pulbervärvimise teenust pakkuvatelt ettevõtetelt.

Kvaliteetse tulemuse saavutamiseks tuleb värvitavad detailid eelnevalt haavlipritsi või liivapritsi meetodil töödelda. Enamus pulbervärvimise teenust osutavatest ettevõtetest pakub ka liiva või haavlipritsimise teenust, seega kujutas teenuse päring kompleksteenust.

Enamasti ostutatakse kirjeldatud teenust värvitavate detailide pindalapõhiselt, kuid kuna tegemist on värvimise mõttes keerukate detailidega, pakkusid kõik päringule

vastanud ettevõtte komplektipõhist hinda. Parimaks kujunes Ral-Est OÜ pakkumine 198,5€, kuna pakkumine sisaldab kahe erineva tooniga värvimisteenust RAL 8025 (hall) ja RAL 1003 (kollane) ning värvimiseelset töötlust/puhastamist.

6.4 Projekteerimine

Projekteerimise teenuse osutajaks käesoleva projekti raames on töö autor. Tulenevalt sellest määras projekteerimise hinnad samuti töö autor. Hinna määramisel oli indikaatoriteks tutvusringkonnas tegutsevate konstruktorite tagasiside palga osas. Selgus, et projekteerimise hinnad on praeguses turusituatsioonis üllatavalt kõikuvad, alustades 15€/h ning lõpetades välismaiste klientidega koostöö osas isegi 120€/h hinnataseme juures. Samuti selgus, et erinevad projekteerimise etapid on enamasti hinnastatud erinevalt. Tulenevalt tagasisidest määratles töö autor projekteerimise erinevate etappide tunnihinnad vahemikus 15-25€/h (vt. tabel 6.6).

Tabel. 6.6 Projekteerimise maksumus

Jrk.	KIRJELDUS	AJAKULU (h)	HIND (€/h)	SUMMA (€)
1	Lähteülesande koostamine	5	15	75
2	Mudelite koostamine (Solid Works tarkvaraga)	40	20	800
3	Tugevusanalüüsid/kalkulatsioonid	15	25	375
4	Jooniste vormistamine/tabelite koostamine	30	20	600
KOKKU				1850

Töö autori poole pöördunud kliendi eesmärk on toota esmajärjekorras vähemalt kolm seadet. Saamaks õiget ülevaadet ühe lõpptoote maksumusest jagatakse tabelis 6.6 saadud maksumus kolme valmistatava seadme kogusega. Mida enam stende toodetakse, seda enam langeb ka projekteerimise maksumuse osakaal lõpptoote omahinnas.

$$A_n = B / (1 * n) \quad (6.1)$$

kus: A_n - ühe tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi projekteerimise maksumus arvestades tootmiskahtu

n- Projekteerimise summaarne maksumus

$$A_n = 1850 / (1 \cdot 3) = 616,67\text{€}$$

Arvestades planeeritavat esmast tootmismahtu ning projekteerimismaksumust, kujunes ühe stendi projekteerimise maksumuseks 616,67€, mis võetakse lõpptoote maksumuse arvestamisel arvesse.

6.5 Lõpptoote maksumus

Projekteeritud toote lõppmaksumus koosneb alapeatükkides 6.1-6.4 kirjeldatud hinnapäringutest ja kalkulatsioonidest. All olevas tabelis 6.7 on toodud lõpptoote maksumust kujundavad hinnad.

Tabel. 6.7 Lõpptoote maksumus.

Jrk.	KIRJELDUS	KOGUS	KOKKU
1	Detailide koondsumma (tabel 6.1)	1	881,37
2	Komponentide koondsumma (tabel 6.2)	1	866,86
3	Kinnitusvahendite koondsumma (tabel 6.3)	1	53,44
4	Keeviskoostude koondsumma (tabel 6.4)	1	145,8
5	Komplekteeritavate koostude koondsumma (tabel 6.5)	1	61,92
6	Pinnakatte koondsumma (alapeatükk 6.3)	1	198,5
7	Projekteerimise koondsumma (alapeatükk 6.4)	1	616,67
KOKKU			2824,56

Relva ja laskemoona tehnilise stendi lõppmaksumuseks kujunes 2824,56 € koos käibemaksuga. Kujunenud hind mahub lähteülesandes ettemääratud piiridesse, olles ca. 6% madalam ettemääratud maksimaalsest maksumusest. Kusjuures väärib märkimist, et valmistades suurema koguse stende korraga, väheneb näiteks komponentide ja projekteerimise maksumuse arvelt lõpphind veelgi.

7. TULIRELVA JA LASKEMOONA TEHNILISE TÄPSUSE MÕÕTESTENDI KASUTUSJUHISED

Tulirelvade ja laskemoona käsitlemisel peab alati olema tagatud ohutus, mistõttu on käesolevas peatükis kirjeldatud testid teostatud suurima ettevaatlikkuse ja tähelepanuga. On esmatähtis, et relva paigaldamisel stendi oleks relv ohutuks tehtud ehk laadimata olekus ning relvalukk eemaldatud.

7.1 Keskkond stendi kasutamiseks

Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi näol üksi ei ole tegemist ohtu kujutava seadmega, kuid ei tasu unustada, et testid ja katsed, mida selle stendi abil läbi viiakse, eeldavad tulirelva kasutamist. Parima ohtuse tagamiseks tuleks testide teostamisel valida selleks spetsiaalsett rajatud lasketiirud. Ideaalseks näiteks on Männikul asuv Kaitseliidu lasketiir (vt.joonis 7.1).

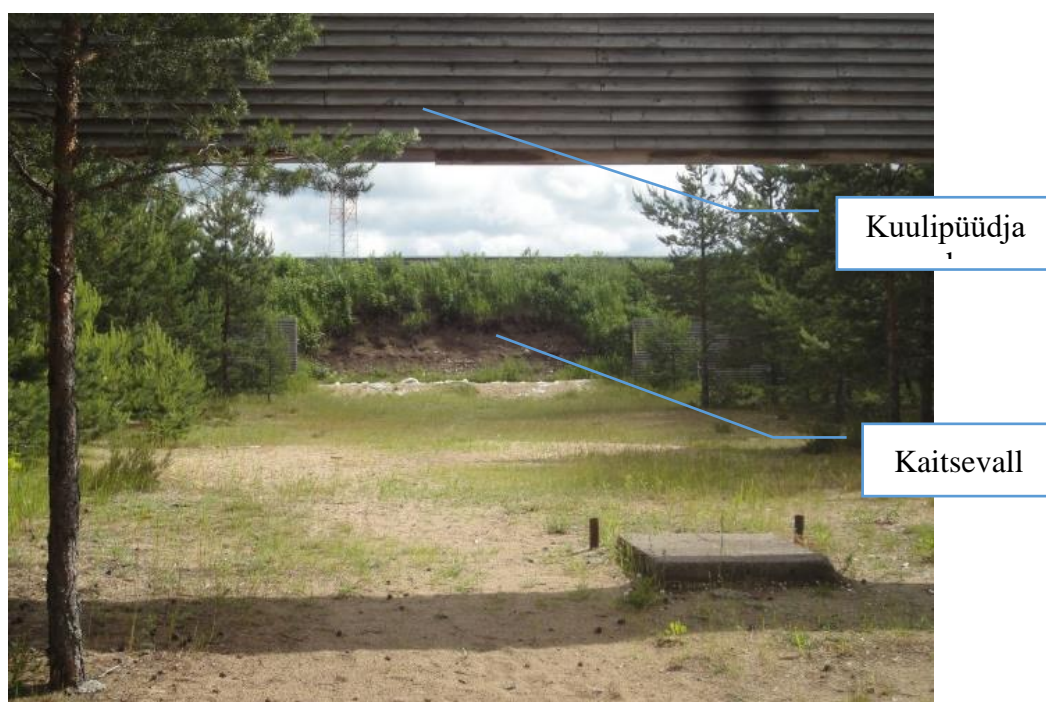


Joonis 7.1 Männiku 600m avatud lasketiir [27]

Lasketiirus on tagatud turvalisus laskesuunal, kuhu on rajatud kaitsevallid, kuulipüüdjad jm elemendid, mis valesti sihitud või rikošeeruvate kuulide püüdmiseks (joonis 7.2 ja 7.3)



Joonis 7.2 Männiku 300m lasketiir [28]



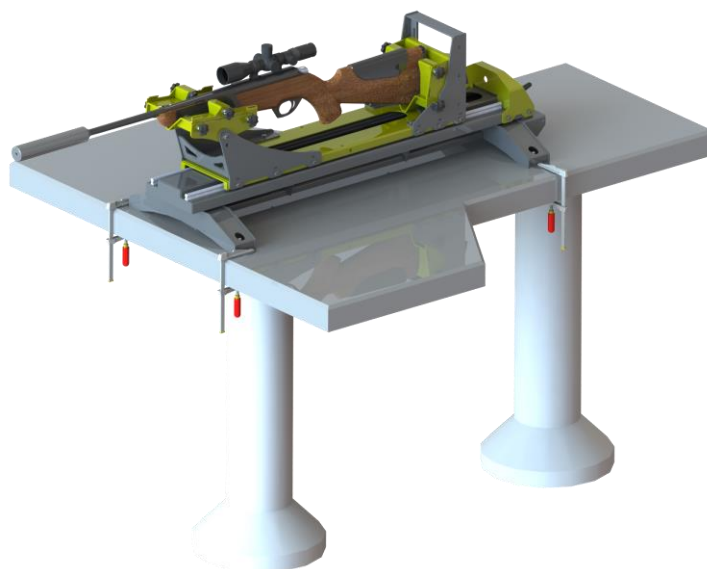
Joonis 7.3 Männiku 50m lasketiir [28]

Samuti on tagatud turvalisus laskepesades (vt. joonis 7.4), kus laskepesasid eraldavad enamasti kaitseseinad ning on piiratud liikumine tulirelva rauast ette poole.



Joonis 7.4 Männiku lasketiiru laskepesad. [28]

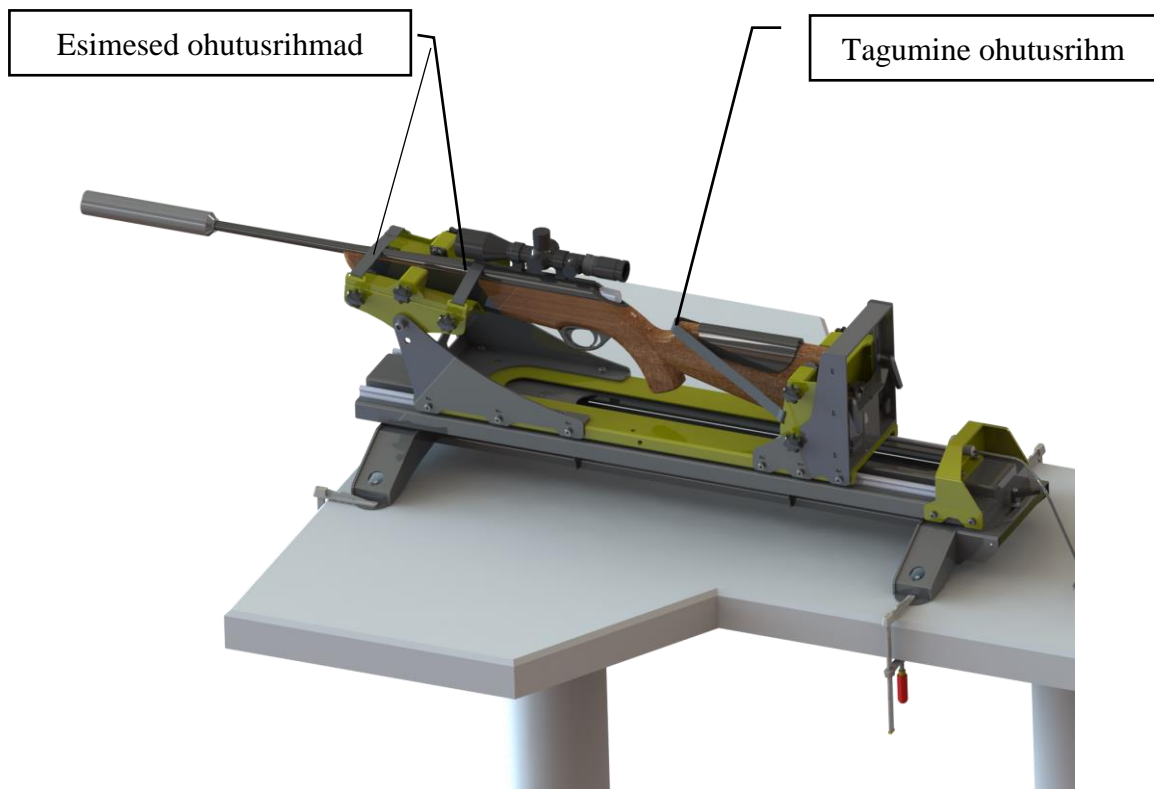
Tagades ohutu keskkonna testi teostamiseks, tuleks lisaks arvestada ka asjaoluga, et täpsete tulemuste saavutamiseks peaks stend olema paigaldatud võimalikult tasasele ning stabiilsele pinnale. Ideaalseks variandiks on betoonist laskealus, kuhu saab stendi näiteks pitskruvide või ankrupoltide abil fikseerida (vt. joonis 7.5).



Joonis 7.5 Stend paigaldatuna spetsiaalsele betoonist laskelauale

7.2 Tulirelva kinnitamine stendi

Tulirelva stendi kinnitamine ei nõua lisatööriistu ega erivahendeid, ent ohutuse tagamiseks on stendi fiksaatormoodulitele projekteeritud aasad, mis võimaldavad rihmade kasutamist. Rihmad tagavad parema ohutuse, kui peaks aset leidma olukord, kus projekteeritud tõukurid on avanenud ning ei fikseeri enam piisavalt relva stendis. Esimese fiksaatori mooduli puhul on võimalik kasutada kahte ohutusrihma ning tagumise fiksaatorimooduli puhul ühte ohutusrihma (vt. Joonis 7.6)



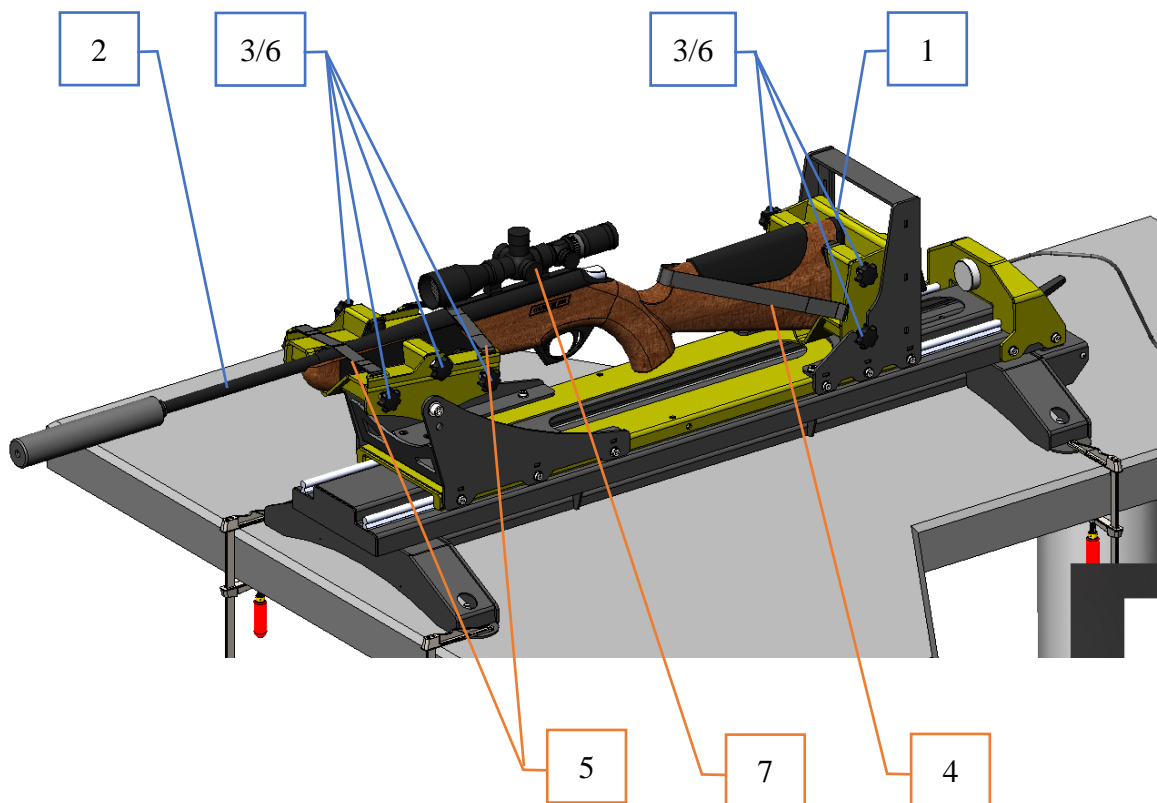
Joonis 7.6 Ohutusrihmade paigutus

Enne relva stendi paigaldamist tuleks relval eemaldada ka pehmenduskuum, kui see peaks testitaval relval olema. Pehmenduskuumi eemaldamine tagab tagasilöögi testi teostamisel täpsema tulemuse.

Relva paigaldamine stendi teostatakse järgnevas järjekorras (vt. Joonis 7.7):

1. Eemaldatakse tulirelvalt kaba pehmenduskuum;
2. Relv asetatakse stendi, kabaosa tagumise fiksaatori mooduli vahele ning relvalae osa toetatakse esimesele fiksaatorimoodulile;

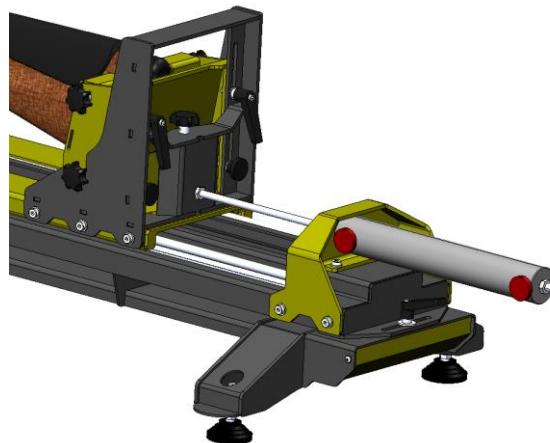
3. Pingutatakse esmalt tagumisi fiksaatorimooduli tõukureid külgedel asetsevates käepidemetest ning seejärel esimese fiksaatorimooduli tõukureid;
4. Paigaldatakse ja pingutatakse tagumine ohutusrihm. Rihma pingutamisel surutakse teise käega relva vastu tagumist fiksaatorimoodulit;
5. Paigaldatakse esimesed ohutusrihmad. Rihmasid pingutades surutakse teise käega relvalaadi vastu esimest fiksaatorimoodulit;
6. Pingutatakse üle kõik tõukurid, nii esimesel moodulil kui ka tagumisele fiksaatorimoodulil;
7. Kontrollitakse sihiku abil, et stendi paigaldatud relvaga oleks võimalik teostada ohutus suunas testlaskusid. Vajadusel tuleb stendi alusel vastavalt liigutada või seadistada näiteks esimest kinnituspukki, tõstes seda vastavalt üles või alla.



Joonis 7.7 Tulirelva paigaldamine stendi

7.3 Tulirelva või laskemoona tehnilise täpsuse test

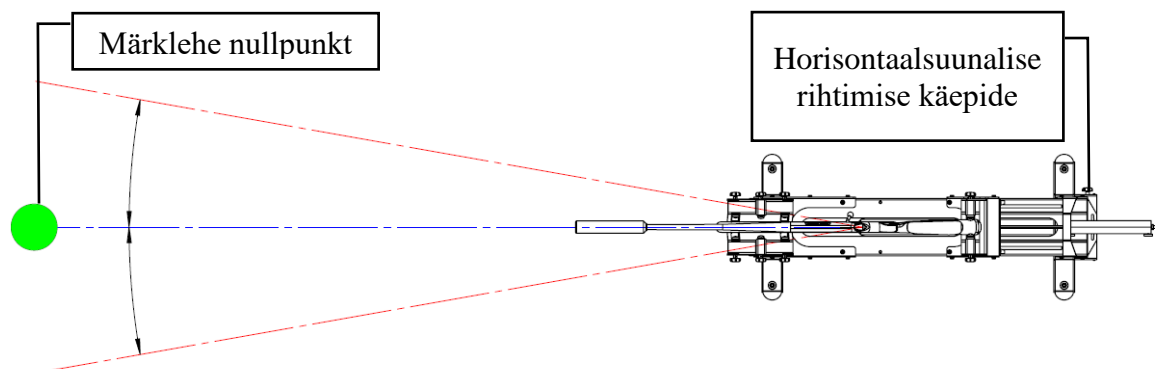
Tulirelva või laskemoona tehnilise täpsuse mõõtmiseks tuleb stendile paigaldada tagasilöögi amortisaator. Amortisaator tagab, et lasu sooritamisel tekkiv tagasilöögienergia sumbuks amortisaatori abil ning mõjutaks võimalikult vähe relva ennast ning seeläbi ka tabamispunkti (vt. Punkt 5.7.4.) Amortisaatori silinder kinnitatakse stendile mõõteanduri puki külge ning amortisaatori sääre ots kinnitub fiksaatoripuki keermestatud avasse (vt. joonis 7.8)



Joonis 7.8 Amortisaatori kinnitamine stendile.

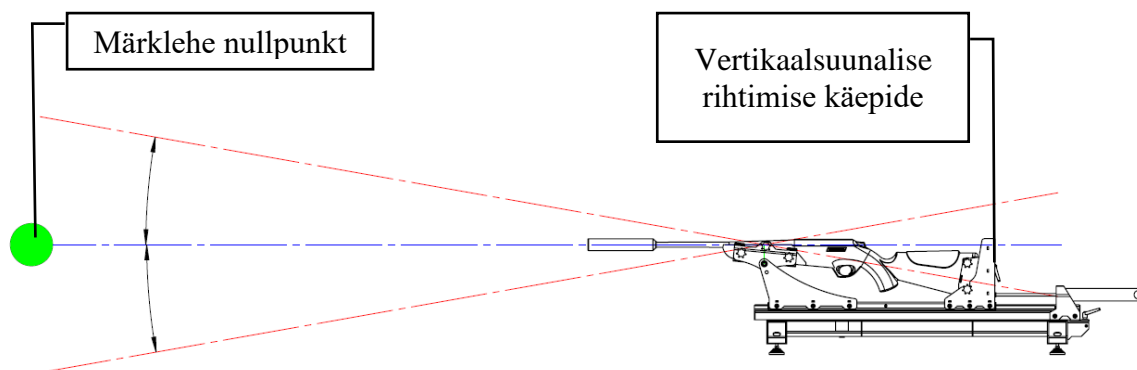
Tulirelva kinnitamine tuleb teostada iga testi sooritamise eel samuti nagu on seda kirjeldatud alapeatükis 7.7.

Testi ettevalmistavate protseduuride hulka kuulub ka relva rihtimine märklehe nullpunkti. Rihtimise lihtsustamiseks projekteeriti käesoleva töö raames stendile lahendus, mis võimaldab stendi ennast liigutamata relva rihtida stendis horisontaalses suunas (vt. Joonis 7.9), kasutades selleks stendi tagaosas asuvat käepidet. Päripäeva pöörates toimub rihtimine vasakule ning vastupidi vastavalt vastassuunas.



Joonis 7.9 Rihtimine horisontaalses suunas. Stend pealtvaates.

Horisontaalse rihtimise tarvis on tagumisele kinnituspukile projekteeritud mehhanism, kus käepidet päripäeva keerates tõstetakse tagumist fikseerimismoodulit ning seeläbi toimub rihtimine alla suunas ning vastupidi toimub rihtimine üles suunas (vt joonis 7.10).



Joonis 7.10 Rihtimine vertikaalsuunas. Stend külgsuunas.

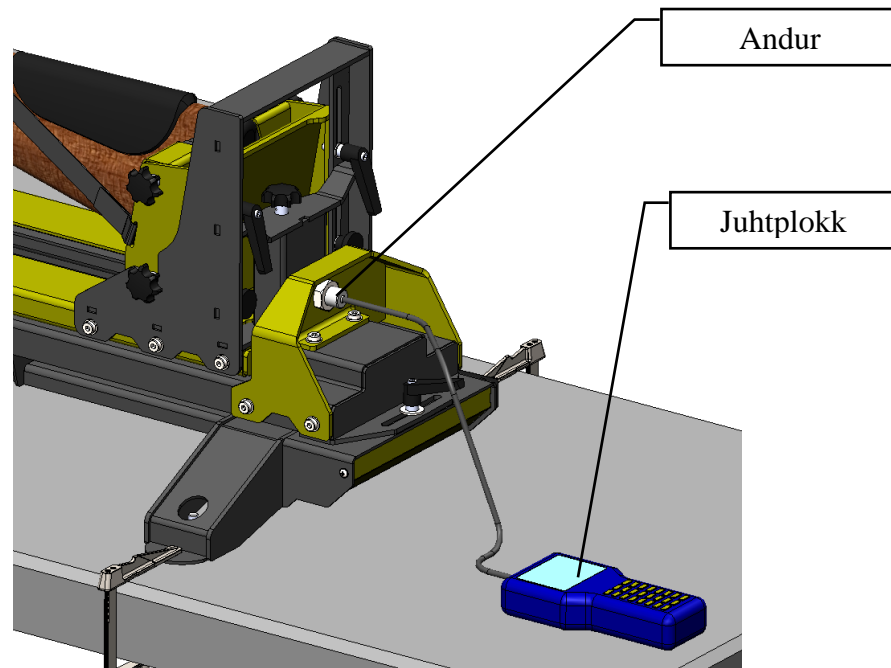
Kindlasti tuleb pärast seadistamist ning rihtimist fikseerida kõik positsioonid, kasutades selleks stendile paigaldatud fiksaatorkruvisid.

Pärast kõiki eelkirjeldatud ettevalmistavaid protseduure on võimalik teostada rida laske, pärast mida on võimalik hinnata tabamispunktide hajuvust ning seejärel võrrelda tehasepoolsete tehniliste andmetega või vastavalt saadud tulemustele korrigeerida relva seadistust.

Äramärkimist tasub ka asjaolu, et lasud sooritatakse soovitatavalt kontaktivabalt, ehk päästikule paigaldatakse vastav mehhanism.

7.4 Tagasilöögi tugevuse test

Tagasilöögi testi teostamiseks paigaldatakse stendile mõõteanduripuki külge jõuandur (vt. punkt 5.7.4). Jõuandur, mida testimisel kasutatakse, koosneb kahest põhilisest osast: andur ning juhtplokk. Andur fikseeritakse mutriga ning juhtplokk on ühendatud kaabli abil anduriga (vt. joonis 7.11).



Joonis 7.11 Jõuandur paigaldatuna stendile

Kuivõrd kirjeldatava testi tulemuse puhul ei oma tähtsust lasu täpsus, tuleb siiski kontrollida relva sihtimispunkti ning vajadusel teostada rihtimine vastavalt alapeatükis 7.3 kirjeldatule, et tagada ohutus.

Jõuanduri paigaldamise järel liigutatakse kelk koos relvaga vastu andurit. Andur on varustatud magnetiga, mis hoiab kelku vastu andurit. Vajadusel nullitakse andur statsionaarses positsioonis ning seejärel on võimalik teostada testlasud.

Laskude tulemusena tekkinud jõu väärtused salvestuvad ning neid kuvatakse juhtploki displeil. Saadud väärtuste abil on võimalik testijal tuvastada näiteks summutite, suudmekompensaaotrite või leegisummutite vastavust tootja andmetega. Samuti saavad väärtuslikku tagasisidet sellest täpsuslaskjad, kellele on oluline teada laetud laskemoona reaalsed näitajad.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli leida lahendus, kuidas projekteerida tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestend, mis vastaks kõikidele töö autori poole pöördunud kliendi nõuetele. Täpsustatult seisnes probleem selles, et tänasel turul ei ole mõistlikus hinnaklassis kasutajasõbralikku mõõtestendi, mis vastaks samaaegselt kolmele olulisele kriteeriumile: võimaldaks tehnilise täpsuse mõõtmist, sihikute seadistamist ning tagasilöögi tugevuse mõõtmist.

Kuigi varasemalt on erinevaid lahendusi loodud, andis turuanalüüs üsna pea selguse, et olemasolevatest variantidest on võimalik luua veelgi optimaalsem mehhanism. Seega nägi töö autor kliendi vajadustes väljakutset ja ühtlasi ka võimalust projekteerida reaalne lahenduskeskne seade ning anda seeläbi antud valdkonnale oma tagasihoidlik panus.

Töö on jaotatud kuueks sisuliseks osaks. Esmalt antakse ülevaade konkureerivatest lahendustest (peatükk 2) ning lisaks üldisemale turuanalüüsile, koostas töö autor ka konkureerivate seadmete omavahelise võrdluse, mis annab lugejale tervikliku ülevaate tänasel turul olevatest seadmetest koos nende tugevuste ja puudustega.

Järgnevas peatükis defineerub täpne probleemipüstitus ja antud lõputöö lähteülesanne. Ühtlasi on kirjeldatud lõputöös kasutatud meetodikat.

Neljas peatükk annab ülevaate tulirelva tehnilise täpsuse stendi konstruktsiooni kontseptsioonist. Koostöös tellijaga formuleeritakse loodavale seadmele esitatud nõuded, millest tulenevalt koostatakse mitmed lahendusvariandid, millest valitakse optimaalseim.

Viies peatükk ehk töö põhiosa annab läbi erinevate alapeatükkide detailse ülevaate loodava seadme projekteerimisprotsessist. Valikute langetamisel aitas kaasa nii tellija senine kasutajakogemus kui ka töö autori isiklik kogemus projekteerimis- ja tootmisvaldkonnas.

Lõputöö kuues peatükk on majanduslik analüüs. Antud peatükis selgub muuhugas ka toote lõppmaksumus, mis tugineb erinevatele hinnapäringutele ja kalkulatsioonidele.

Viimane peatükk annab lugejale ülevaate tehnilise täpsuse mõõtestendi kasutusjuhistest (keskkond, tulirelva kinnitamine stendi, täpsuse ja tagasilöögi testid).

SUMMARY

The aim of this thesis was to find a solution how to design an bench for measuring the technical accuracy of firearms and ammunition, which would meet all the requirements of the customer who contacted the author. Specifically, the problem was the lack of a user-friendly measuring instrument in today's market at a reasonable price that could simultaneously meet three essential criteria: providing measurement of technical accuracy, adjustment of sights and measurement of recoil strength.

Although different solutions have been developed in the past, the market analysis soon showed that an even more optimal mechanism could be created from the existing options. Thus, the author of the thesis saw a challenge in meeting the customer's needs and also an opportunity to design a real solution-oriented device and thus make a modest contribution to the field.

The work is divided into six substantive parts. First, an overview of competing solutions is given (Chapter 2) and, in addition to a more general market analysis, the author of the thesis also prepared a comparison of competing devices, which gives the reader a comprehensive overview of the devices on the market today, including their advantages and disadvantages.

The next chapter defines the exact problem definition and the initial task of this thesis. The methodology used in the thesis is also described.

The fourth chapter provides an overview of the concept of the construction of an instrument for measuring the technical accuracy of firearms. The requirements for the new instrument are formulated in cooperation with the customer, resulting in a number of solution options, from which the most optimal is selected.

The fifth chapter, the main part of the thesis, gives a detailed overview of the design process of the device through various subchapters. Both the customer's previous user experience and the author's personal experience in the field of design and production contributed to the choice.

The sixth chapter of the thesis is a financial analysis. This chapter also provides information on the final cost of the product, which is based on various price enquiries and calculations.

The final chapter provides the reader with an overview of the instructions for the use of the instrument for measuring technical accuracy (environment, mounting the firearm on the stand, accuracy and recoil tests).

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Stendide ajalugu. [Online] https://www.rifleman.org.uk/Aim_teaching_devices.html
2. Esimene laiemalt levinud tulirelva ja laskemoona tehnilisetäpsuse mõõtestend. [Online] <http://oldbritishguns.com/29-rifles/breech-loading-rifles/173-more-enfield-pics>
3. Gehmann 820 stendi ülevaade. [Online] <https://gehmann.com/en/820-Gehmann-test-machine-rifle/GEH100574>
4. Ransom Rest Mega 2 stendi ülevaade. [Online] <https://ransomrest.com/the-master-series-mega2-rifle-tester/#>
5. Prototyipa STZA 12M1 stendi ülevaade. [Online] <http://www.prototyipa.com/stza-12m1-mobile-firing-rest-1>
6. Sako TRG-42 snaipirelva kataloog. [Online] https://www.sako.fi/sites/default/files/TRG-42_Manual.pdf
7. Sauer S404 Artemis jahirelv kataloog. [Online] https://www.sauer.de/wp-content/uploads/SAUER_Anniversary_Edition_2021_EN.pdf
8. IWI Arad relva tutvustus. [Online] <https://iwi.net/arad/>
9. Swarovski Z8i 2-16x50 P optilisesihiku infoleht. [Online] <https://www.swarovskioptik.com/int/en/hunting/products/rifle-scopes/z8-i/tech-spec/z8i-2-16x50-p>
10. Aimpoint Duty RDS sihiku infoleht [Online] <https://www.aimpoint.com/products/new-releases/duty-rds-2-moa-red-dot-reflex-sight-with-30-mm-one-piece-tnp-mount-and-spacer>
11. Kahles Helia RD sihiku infoleht. [Online] https://www.kahles.at/en/hunt/red-dot?tx_kahlesproducts_products%5Baction%5D=dataSheet&tx_kahlesproducts_products%5Bcontroller%5D=Product&tx_kahlesproducts_products%5Bproduct%5D=6&cHash=6fd30e3560b76416bd887a0de3dfb87d
12. Stalon XE149 infoleht. [Online] <https://stalonsilencer.com/products/stalon-xe149-silencer/>

13. Ase-Ultra Borelock infoleht [Online] <https://www.aseutra.fi/en/borelock-223-5-56-cal-muzzle-brake-m/>
14. Sig-Sauer SLX/SLH infoleht. [Online] <https://www.sigsauer.com/clutch-lok-tapered-qd-flash-hider-for-slx-slh-suppressors-5-56mm.html>
15. Norma Ecostrike kataloog [Online] <https://www.norma-ammunition.com/en-us/products/dedicated-hunting/centerfire-rifle/norma-ecostrike/norma-ecostrike-93-x-62-230gr---20193442>
16. Norma Hybrid Target Match Kataloog. [Online] <https://www.norma-ammunition.com/en-us/products/dedicated-precision/centerfire-rifle/norma-hybrid-target/norma-hybrid-target-match-300-norma-mag-230gr---20174182>
17. Sieller&Bellot kataloog. [Online] <https://www.sellier-bellot.cz/en/products/law-enforcement-products/5-56x45/list/>
18. Mehaanikainseneri käsiraamat/ Teine väljaanne 2021 (inglisekeelse 4. väljaande 2018 tõlge)
19. Mädler kataloog- juhtsiin. [Online] https://smarthost.maedler.de/datenblaetter/K42_467_EN.pdf
20. Mädler kataloog- lineaarlaager. [Online] https://smarthost.maedler.de/datenblaetter/K42_484_EN.pdf
21. Mädler kataloog- kummipuksid. [Online] https://smarthost.maedler.de/datenblaetter/K42_620_EN.pdf
22. Mädler kataloog- käepidemed. [Online] https://smarthost.maedler.de/datenblaetter/K42_674_EN.pdf
23. Mädler kataloog- käepidemega kinnituskruvid. [Online] https://smarthost.maedler.de/datenblaetter/K42_683_EN.pdf
24. Mädler kataloog- ümarpeaga kinnituskruvid. [Online] https://smarthost.maedler.de/datenblaetter/K42_561_EN.pdf
25. Tegupment kataloog. [Online] <https://www.tequipment.net/Shimpo/FG-7000L-M-1/Force-Meter/>
26. Ace-ace kataloog. [Online] <https://www.ace-ace.com/com/products/motion-control/hydraulic-dampers/hbd-50-to-hbd-85/hbd-50/hbd-50-250.html>

27. RTS Infra OÜ referentsid- Männiku lasketiir. [Online]
<https://www.rtsinfra.eu/reference/manniku-harjutusvalja-600m-avatud-lasketiiru-ehitus/>
28. Kaitseliidu männikulasketiir – üldandmed. [Online]
<https://www.sport.ee/et/ehitis/1928/contact-us.html#uldandmed>

LISAD

Lisa 1. Tulirelva ja laskemoona tehnilise täpsuse mõõtestendi pildid



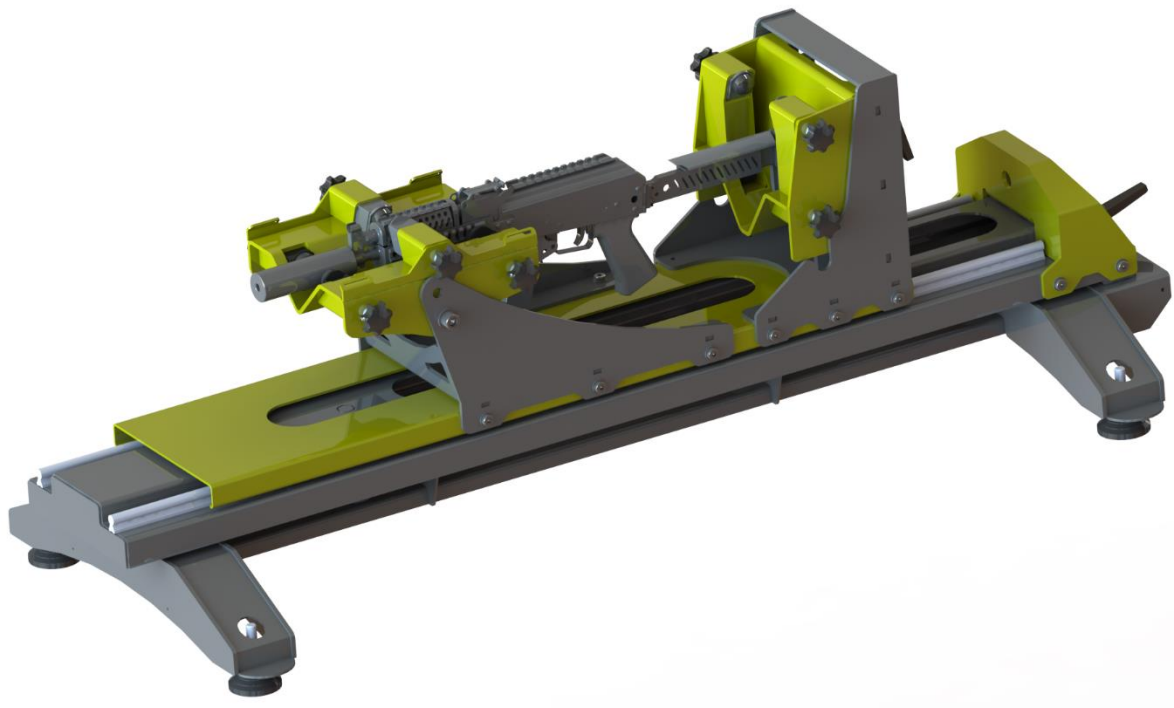
L1.1 Suurekaliibriline vintrelv



L1.2 Suurekaliibriline vintrelv



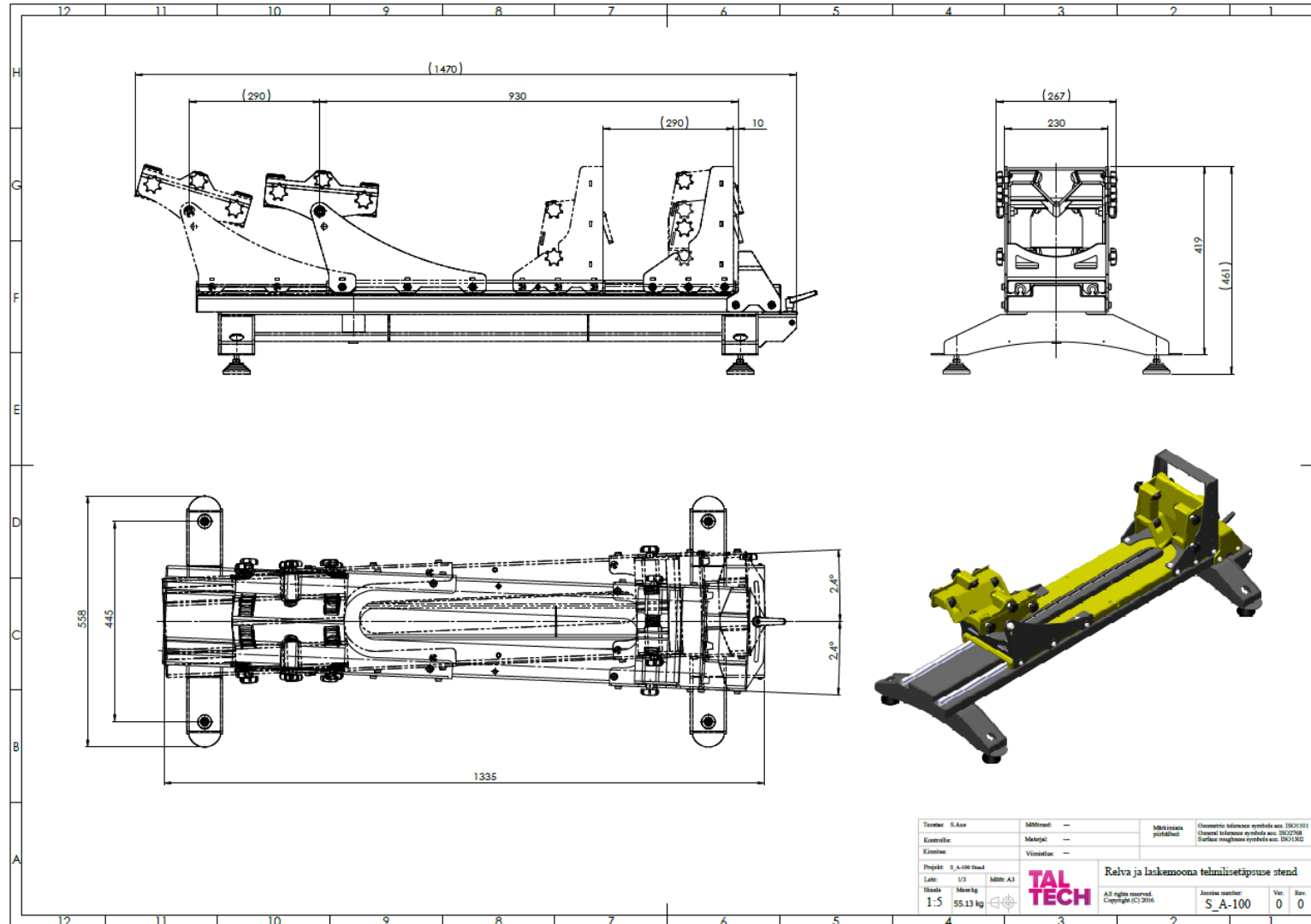
L1.3 Snaipirelv



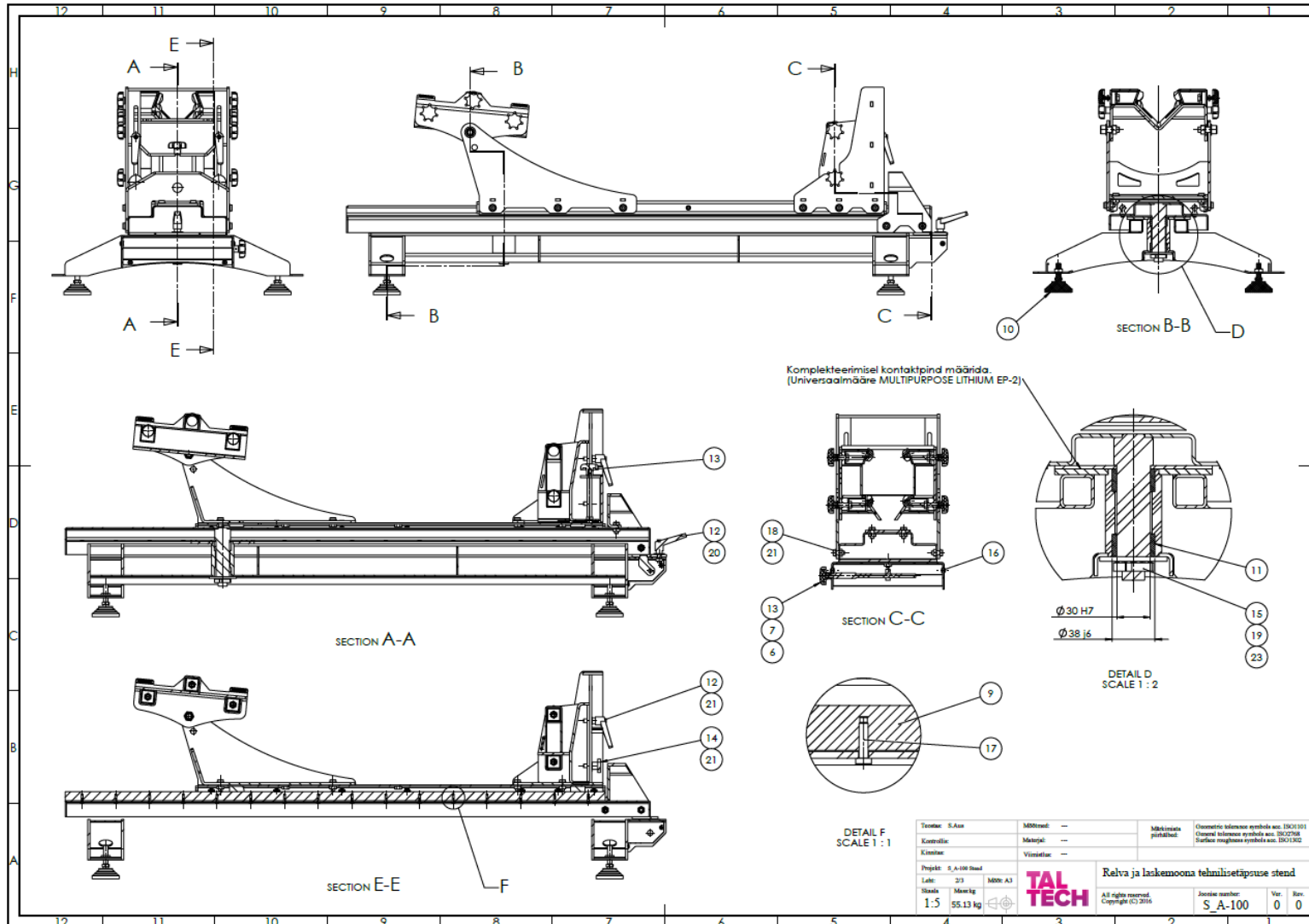
L1.4 Väikesekaliibriline militaarrelv

GRAAFILINE OSA

Koostejoonise näidis (Peakoost lk. 1)



Koostejoonise näidis (Peakoost lk. 2)



Koostejoonise näidis (Peakoost lk. 3)

Nr.	OSAD	KIRJELDUS	QTY.
1	S_A001-100	Alusraam (keeviskoost)	1
2	S_A002-100	Vaheraam (keeviskoost)	1
3	S_A005-100	Kelk ja kinnituspuksid (komplekteeritud)	1
4	S_A009-100	Esimene kinnitusmoodul (komplekteeritud)	1
5	S_A006-100	Mõõteandurpuks (keeviskoost)	1
6	S_A012-100	Tagumine kinnitusmoodul (komplekteeritud)	1
7	S_P032-100	Reguleerimis teig 1	1
8	S_P033-100	Katetplekk	1
9	Maedler_64741206	Lineaarjuhtik D=12; L=1200	2
10	Maedler_65530100	Tugiõig M10x 40	4
11	Maedler_62336300	Õlpronks-püks 38x30-20	2
12	Maedler_66575820	Kinnituskruvi M8x20 (käepidamega)	3
13	Maedler_66134001	Seadumutter M8 (ümärpea)	2
14	Maedler_65422500	Kinnituskruvi M8x20 (ümärpea)	2
15	DIN 1804 - M20x1.5 - N	Mutter	1
16	DIN 967 - M4 x 6 - Z --- 4.6N	Kruvi	4
17	DIN 7984 - M4 x 16 --- 13.9N	Polt	32
18	DIN 7984 - M8 x 20 --- 16.25N	Polt	6
19	DIN 6797-A21	Lukustusseib	1
20	Washer DIN 9021 - B.4	Seib	1
21	Washer DIN 125 - A B.4	Seib	10
22	Washer DIN 125 - A 13	Seib	2
23	Washer DIN 9021 - 22	Seib	1

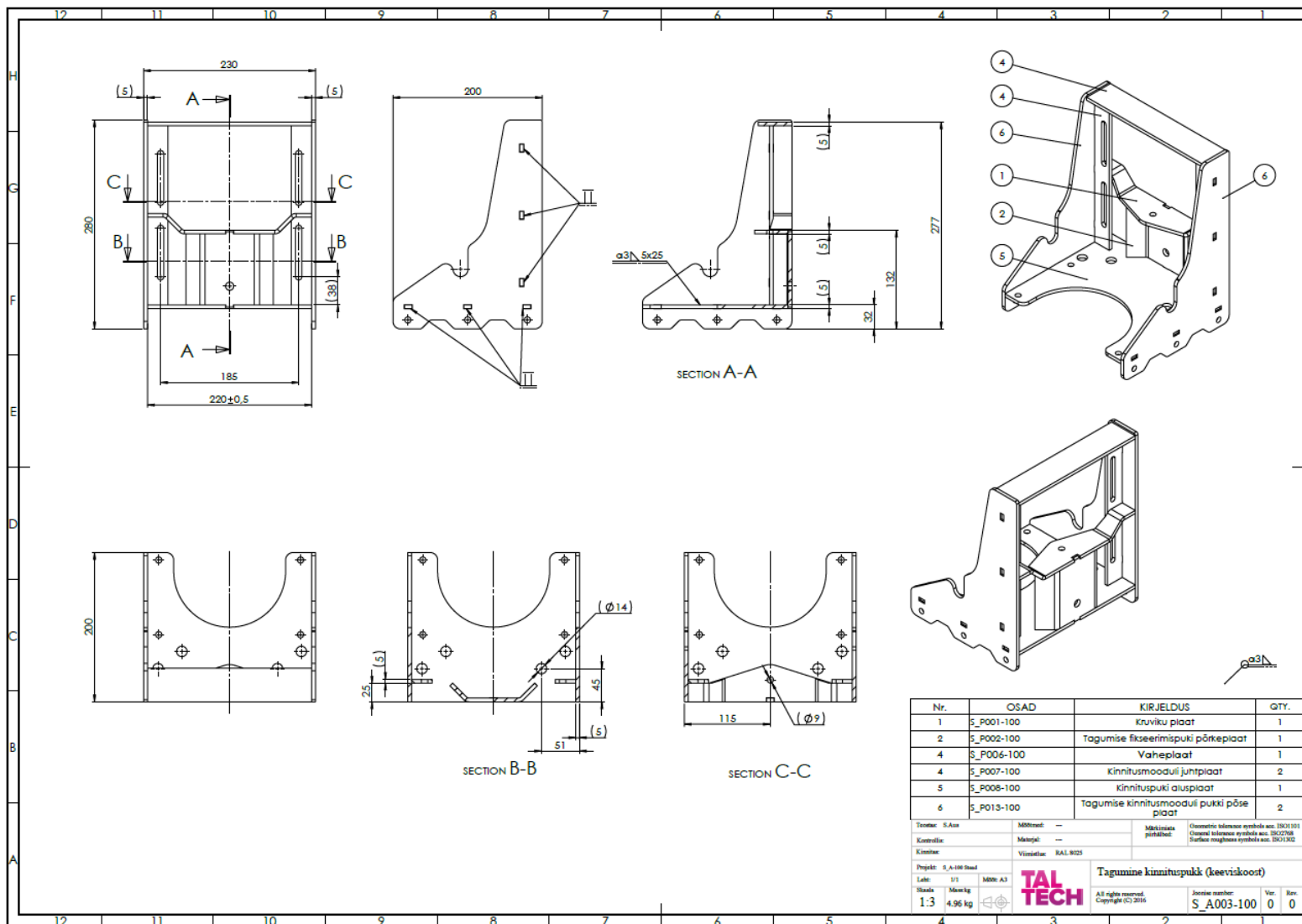
Toonid: S_A00
 Kontrollid: Materjal: ---
 Kinnitused: Viimistatus: ---
 Projekt: S_A-100.stud
 Lohk: 3/3 Mõõk: A3
 Määr: 1:5 55.13 kg
 Mõõk: A3
 Var: 0
 Rev: 0

Mõõk: A3
 Var: 0
 Rev: 0

Geomeetria talumise sümbolid: ISO 1101
 Geomeetria talumise sümbolid: ISO 1101
 Surface roughness symbols: ISO 1302

Relva ja laskemoona tehnilisatäpsuse standard
 All rights reserved.
 Copyright (C) 2016
 Joonis number: S_A-100

Keeviskoostejoonise näidis (Tagumine kinnituspukk)



Detailijoonise näidis (Kelgu profiil)

