



TALLINNA
TEHNIKAKÕRGKOO

Veljo Sepp

A-PORTAALI KONSTRUKTSIOONI PROJEKTEERIMINE

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2015



Veljo Sepp

A-PORTAALI KONSTRUKTSIOONI PROJEKTEERIMINE

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond

Masinaehituse eriala

Tallinn 2015

Mina

.....
.....
tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Lõputöö autor

.....
Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

.....
Üliõpilase kood 100820443

Õpperühm MI 81

Lõputöö vastab sellele püstitatud kehtivatele nõuetele ja tingimustele.

Juhendajad

.....
Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

.....
Konsultandid

.....
Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

.....
Kaitsmisele lubatud „.....“20....a.

Mehaanikateaduskonna dekaan

Teaduskonna nimetus

Nimi ja allkiri

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. TOOTE TUTVUSTUS.....	7
1.1. Seadmele esitatavad nõuded.....	8
1.2. Kasutatava energiaallika valik.....	9
2. TURU ANALÜÜS	11
3. KONSTRUKTSIOONI LAHENDUS KOOS ARVUTUSTEGA.....	15
3.1. Setteproovide seadeldiste kirjeldus	15
3.2. Materjalide valik	16
3.3. Kasutatava profiili valik	17
3.4. Kasutatavad pingid ja nende parameetrid	18
3.5. Vajaliku ristlõikepindala leidmine A-portaali konstruktsioonile.....	18
4. SILINDRITE VALIK	22
5. KEEVISLIITE KONTROLLARVUTUS.....	25
6. MAJANDUSLIK OSA	27
6.1. Vajalike seadmete valik.....	27
6.2. Vajalike materjalide arvutus	28
6.3. Põhitööliste valik ja muu personali arvutus	30
6.4. Vajalike tööliste palgafondi arvutus	32
6.5. Kulude eelarve koostamine	34
6.6. Toote omahinna kalkulatsioon	37
KOKKUVÕTE.....	39
SUMMARY	40
VIIDATUD ALLIKAD	41

LISAD	43
Lisa 1. Tegevusplaan	44
Lisa 2. Toereaktsioonid.....	45
Lisa 3. LEM tugevusanalüüsid	48
Lisa 4. Koostejoonis	56
Lisa 5. Liikuva osa koostejoonis	57
Lisa 6. Silindri tekikinnitus	58
Lisa 7. Konstruktsiooni tekikinnitus.....	59
Lisa 8. Silindri kinnituskõrv	60
Lisa 9. Keeviskoostejoonis	61
Lisa 10. Konstruktsiooni tekikinnitus keevisjoonis.....	62
Lisa 11. Silindri tekikinnitus keevisjoonis.....	63
Lisa 12. Hüdraulika skeem	64

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teemaks on konstruktsiooni projekteerimine A-portaalile, mis asetseb Stockholmi Ülikooli uurimislaeval.

Lõputöö teostatakse ettevõttes Baltic Workboats AS, mis on alumiiniumist laevade tootmisele spetsialiseerunud ettevõtte ning, mille tootmistehas asub Saare maakonnas Nasval. Aastal 2013 moodustas eksport 79,5% kogukäibest. [1]

Tegemist on kasvava ettevõttega, kus leiab tööd üle sajakuuekümne viie inimese. Ettevõtte palkab suure osa töötajatest kogu Saaremaalt ja vajadusel ka väljastpoolt Eestit. Nimelt lisaks enda töötajatele on ettevõtte sunnitud kasutama ka renditööjõudu, millest osa on pärit väljastpoolt Euroopa Liitu. [1]

Ettevõtte haldab kogu laeva valmimise protsessi alates projekteerimisest kuni vettelaskmiseni ning katsetusteni. Ettevõttel on ca 7550 ruutmeetrit suletud, moodsa tehnikaga tööstusala. AS Baltic Workboats on 100% Eesti kapitalile kuuluv ettevõtte, mille peamiseks tegevusalaks ongi alumiiniumist ja terasest töö-, uurimis-, reisi- ning patrulllaevade valmistamine ja turustamine. Põhi eesmärgiks on müüa kvaliteetset lõpptoodangut, mitte teha allhanketöid teistele firmadele. Baltic Workboatsi tootmisest väljub valmis merekõlbulik töölaev, mis on varustatud kõige navigatsiooniks ja spetsiifiliste ülesannete täitmiseks vajalike seadmetega. Ettevõtte omab sertifikaate ISO 9001 ja ISO 14001. [1]

Baltic Workboats'i ajalugu saab alguse 1967-ndal aastal, kui rajati Nasvale laevade remonditehas koos väikese sadamaga. Ettevõtte alustas uute omanikega tööd 2000 aastal. Kuni aastani 2004 tegutseti nime AS Saare Töölaevad all. [1]

Tänu juhtimissüsteemide arendamisele ja tootmises kasutatud innovaatilistele lahendustele tunnustas Saare Maavalitsus 2004. a. Baltic Workboats'i kõige innovatiivsema ettevõtte preemiaga. Aastal 2013 pälvis Baltic Workboats aasta kaitsetööstusettevõtte tiitli. Samal aastal tunnustas Eesti Vabariigi president ettevõtte üht omanikku Margus Vanaseljat Valgetähe IV klassi teenetemärgiga ettevõtluse edendamise eest. Ettevõtet on veel lisaks autasustatud korduvalt Saaremaa parima ning innovatiivsema ettevõtte tiitliga. [1]

Kõik toodetavad laevad projekteeritakse AS Baltic Workboatsi oma projekteerimismeeskonna poolt. Tootmisesse on kaastatud erinevate ülikoolide teadlasi ning erinevate laevaehitusmaade tippinsenere. Kuna ettevõtte toodab laevu vastavalt tellimusele, siis ei ole võimalik määrata aastast tootmismahtu laevade arvu alusel. [1]

Lõputöös projekteeritakse Stockholmi Ülikooli uurimislaevale A-portaali konstruktsioon. Selleks teostatakse vajalikud arvutused, eskiisid, joonised ning leitakse lahendus konstruktiivsele poolele. A-portaali konstruktsiooni projekteerimise vajadus tekkis ettevõttele, seoses uue laeva projekti alustamisega. Seega on lõputöö ülesanne reaalselt vajalik, kui üks osa laeva täieliku valmimise etapist.

Ülesanne „A-portaali konstruktsiooni projekteerimine“ püstitati sellepärast, et laev mille varustuses setteproovide poom asetseb peab olema suuteline kiirelt, lihtsalt ja ohutult liigutama poomi tema tööasendisse. Peale A-portaali projekteerimist on seda võimalik sarnaselt ülejäänud joonistele ning arvutustele kasutada ka järgnevate samalaadsete eesmärkidega laeva valmistamisel, mistõttu on lõputöö ülesanne kasulik ja vajalik ka edaspidiseks tööks ettevõtte jaoks.

Detailid, millest A-portaal koostatakse, valmistatakse võimalikult palju ettevõttes kohapeal, et vältida sisseostuhindadest tulenevat kõrget toote omahinda. Lõputöö ülesande käigus leitakse täpne materjali kulu, aeg mis kulub tootmiseks ja teised kuluartiklid, millest omakorda arvutatakse välja toote omahind.

1. TOOTE TUTVUSTUS

Geoloogiliste uuringutega tegelev instituut Stockholmi Ülikoolis tegeleb lisaks kõigele muule setete uurimisega merepõhjast. Settekihid sisaldavad teadlaste jaoks väga väärtuslikku informatsiooni kliimast, mis on pärit väga kaugest ajast maakeral ja on inimtegevuse poolt puutumata. Uurimise peamine põhjus on võrrelda tänapäeva inimkonna mõju globaalsele soojenemisele. [2]

Selleks, et merepõhjast setteproove võtta saaks, on vaja vastavat seadeldist, mida nimetatakse setteproovide poomiks. Koosneb see suuregabariidiliste seadeldiste puhul metalltorust, üle 1 tonnise raskusest, mis asetseb metalltoru ülemises otsas ning päästemehhanismist, mis on ühendatud raskuse külge. Päästemehhanism ulatub umbes meetri kaugusele toru alumisest otsast ja selle küljes on päästik koos trossiga. Kui päästik tungib merepõhja, vabaneb raskus koos toruga, mis vabalangedes tungib merepõhjas olevasse settesse (Vt. Sele 1). Poomi pikkust on võimalik modifitseerida vastavalt vajadusele kolme meetri pikkuste vahetorude haaval. Metalltoru sees on omakorda plasttoru, millesse sete surutakse ja hoitakse kuni eemaldamiseni. Kui seadeldis trossidega merepõhjast välja tõstetakse ja laevale asetatakse, eemaldatakse polüvinüülkloriid (PVC) materjalist toru, metalltorust. PVC toru järgatakse ühe meetri pikkusteks osadeks, mis omakorda lõigatakse piki telgjoont pooleks, millest üht poolt kasutatakse uurimiseks ning näidiste ja proovide võtmiseks, teine pool jääb lisaproovide tarvis. [2]

Kuna laeva korpuse valmistamisel lähtutakse eelnevalt projekteeritud alusest, on peamised gabariidid määratletud. Kogu seadeldiste projekteerimise juures tuleb arvesse võtta kehtestatud reegleid, nõudeid ja masinate üksteisest sõltuvat tööd. Seetõttu tuleb projekteerida A-portaal, mis vastab esitatud nõuetele ning omab piisavaid mehhaanilisi parameetreid täitmaks ettenähtud tööülesandeid. Eesmärgiks on A-portaali ning teiste seadeldiste lihtne, mugav ning ohutu liigutamine laeva tekilt nende tööasendisse ja tagasi tekile.

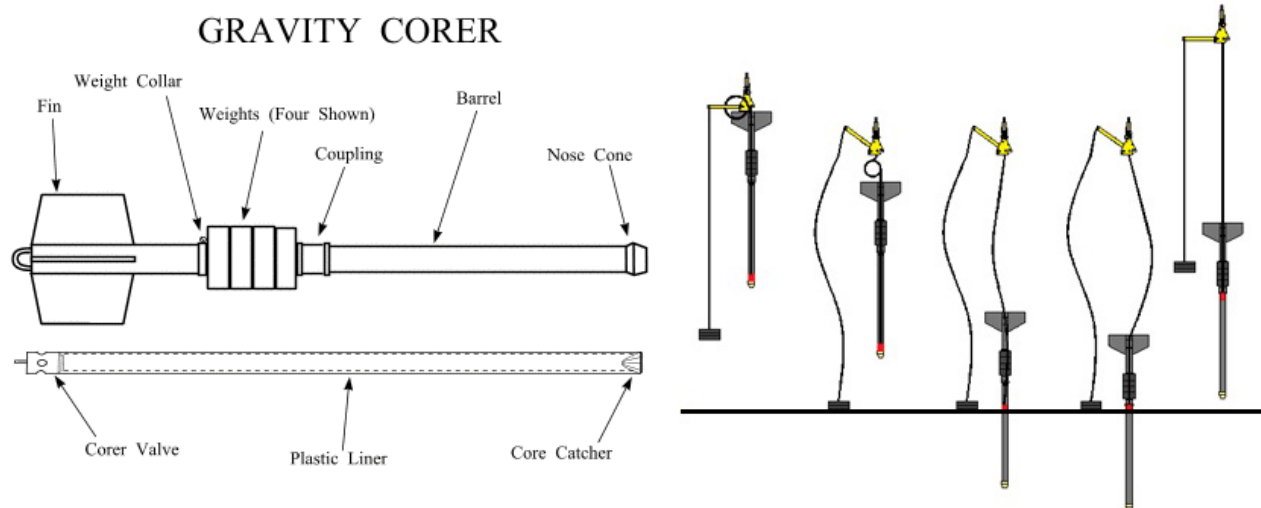
1.1. Seadme esitatavad nõuded

A-portaali kõrgus peab olema vähemalt 4 meetrit, maksimaalselt võimalik tõstetav raskus 5 tonni, liikumisulatus -55,5 kuni +55 kraadi, mis on piisav setteproovide seadeldiste ahtritekile asetamiseks peale proovide võtmist merepõhjast – see on 2000 mm ahtrist tahapoole ja 2000 mm ahtrist teki poole. Lisaks on nõutud astmete olemasolu ronimiseks, ronimise ajal kukkumise vältimiseks ohutusrakis - köistüüpi, kinnituskohad vintsiplokkide valgustite paigaldamiseks. Setteproovide poomi liigutamine peab toimuma vaid A-portaali ja vintside abil, kraana kasutamist selleks tuleks vältida maksimaalselt, portaal peab olema varustatud nelja nurgaplokiaga, A-portaali tüürpoordi poolne osa peab olema teleskoopiline ning juhitud hüdrosilindri abil.

Tabel 1

A-portaaliga käsitlevate seadmete parameetrid [3]

Nimetus	Maksimaalne pikkus, m	Minimaalne toru pikkus, m	Minimaalne toru läbimõõt, m	Maksimaalne toru/seadeldise läbimõõt, m	Maksimaalne mass, kg
Setteproovide poom	12	6	0,108	0,1154	1500
MC 8/100	2,25	6,1	0,1	1,9	650



Sele 1. Setteproovide poomi kirjeldus [2]



Sele 2. Üheaegselt mitme setteproovi võtmise seade [2], [4]

1.2. Kasutatava energiaallika valik

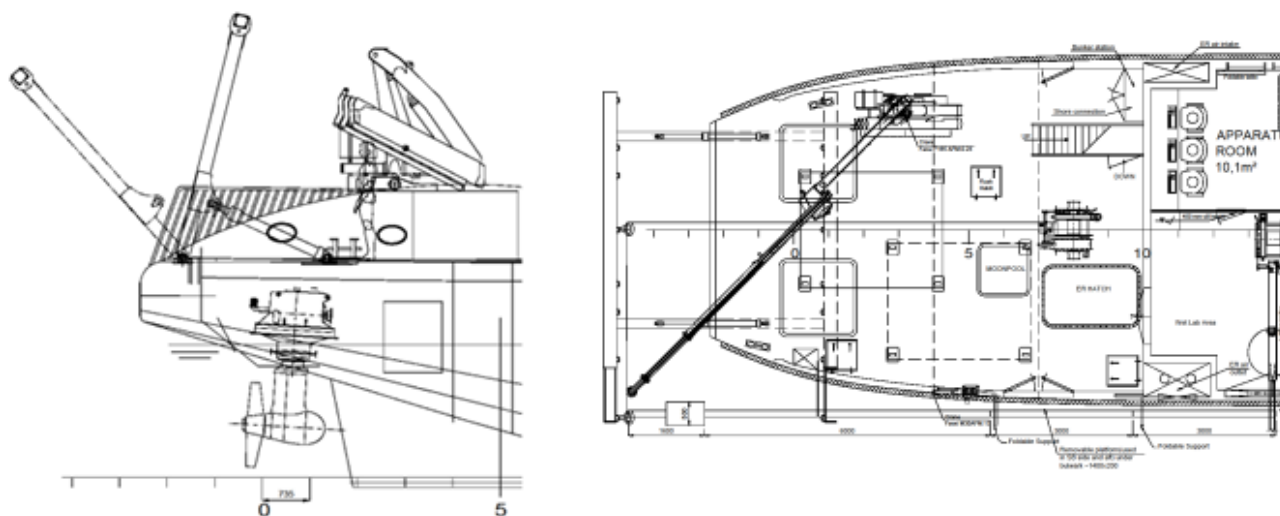
Energiaallika valikul on lähtutud selle töökindlusest, ohutusest, võimalustest ja laeva tehnilisest poolest. Erinevate energiaallikate sobivuse näitajad on kirjeldatud järgnevas tabelis (Tabel 2) viie palli süsteemis ettevõtte kogemuste põhjal. Sobivaima materjali leidmiseks korrutatakse omaduse osakaal materjali näitajaga ja suurima lõpphindega lahendus on sobivaim.

Tabel 2

Energiaallikate võrdlustabel

Näitaja	Osakaal	Pneumaatiline	Mehaaniline	Elektriline	Hüdrauliline
Hind	3	3	4	5	4
Energiakulu	2	2	5	3	4
Töökindlus	5	4	5	3	5
Kasutamismugavus	4	3	1	3	3
Ohutus	5	4	2	2	4
Kokku		65	61	58	77

A-portaali juures kasutatakse kahte hüdrosilindrit, mille valikul lähtutakse laeva konstruktsioonist, vajalikust rakendatavast jõust, kinnituskonstruktsioonist vastupidavusest kõikidele mõjuvatele jõududele ning eelnevast kogemusest. Kasutusele võetakse kahepoolse toimega hüdrosilindrid, kus toimub kolvi liikumine mõlemas suunas vedeliku rõhu toimeel [5].



Sele 3. A-portaali esialgse paigutuse eskiis

2. TURU ANALÜÜS

Turu analüüsi peatükis uuritakse turul pakutavaid analoogseid lahendusi ning võrreldakse neid lõputöö raames projekteeritava A-portaaliga. Selleks kasutatakse ettevõtte sisest teavet ning peamiselt interneti otsingumootorit aadressil: „www.google.ee.“

Tõsteseadmeid, mis põhinevad A-portaali konstruktsioonil on erinevatele uurimis- ja teistele töölaevadele paigaldatud väga mitmesuguseid. Samas on tegu küllaltki spetsiifiliste lahendustega ja puudub otsene võimalus juba olemasolevat konstruktsiooni kasutada. Probleemi lahates selgub, et selline A-portaal puudub, mida oleks antud laeva projekti puhul üks-ühele võimalik kasutada.

A-portaalide tootmisega tegelevaid ettevõtteid on piisavalt palju, kuid nende poolt pakutav toote hind ettevõtet ei rahulda. Seega tuleb projekteerida ja valmistada toode, mis oma kvaliteedilt ja omadustelt on piisav käsitlemaks setteproovide poomi ning teisi setteproovide seadmeid, kuid samas odavama omahinnaga kui konkurentidel. Siit tekibki vajadus toote järele, mis vastab laeva tellimuses esitatud nõuetele.

Olemasolevaid tehnoloogilisi lahendusi, mis on valmistatud koos laevadega, leidub mitmeid. Need aga ei ole sobivad parameetrite ning hinna ja kvaliteedi suhte tõttu. Uurides neid aga käesoleva projekti jaoks, on võimalik võrrelda erinevate lahenduste sobitamist konkreetsele uurimislaevale ja anda hinnang majandusliku ning konstruktiivse sobivuse poolest. Näited erinevatest lahendustest seledel 4 - 7:

Norra ettevõtte TTS pakub laias valikus A-portaalide tootmist kuni 350 T tõstevõimega.



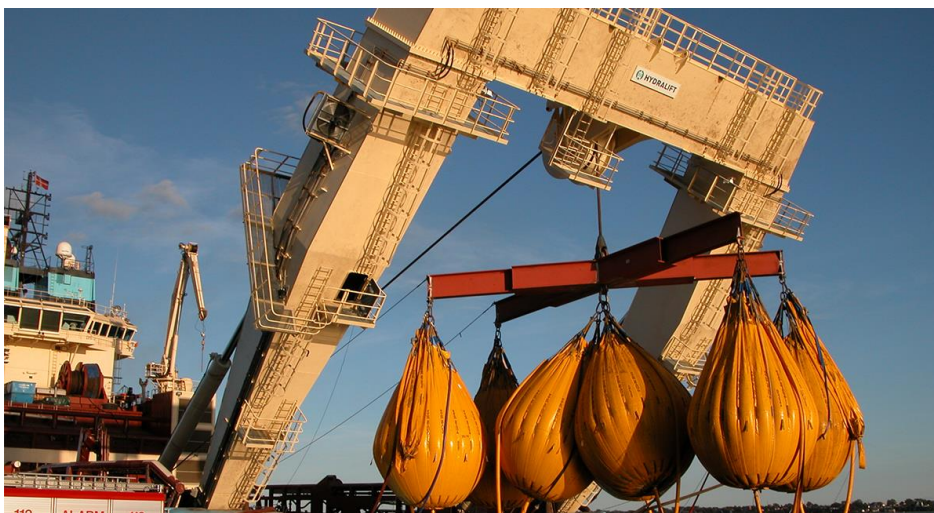
Sele 4. Ahtris paiknev portaalkraana [3]

MacArtney Underwater Technology Goup on rahvusvaheline veealuse tehnoloogia tootja ja pakub erinevaid uuenduslikke lahendusi.



Sele 5. Jäälõhkuja Araoni setteproovide poomi käsitlemissüsteem [6]

Rahvusvaheline ettevõtte NOV, mis tegeleb erinevate masinatööstuslike lahenduste tootmisega.



Sele 6. A-portaal massiivsete objektide liigutamiseks [7]

Gregory Designs, LLC on spetsialiseerunud uuenduslike, masinaehitusliku ja inseneerlike teenuste pakkumisele. Veealused sõiduvahendid, uurimislaevade varustus ja okeanograafia on ettevõtte peamised erialad.



Sele 7. Erinevad portaalkraanade lahendused lihtsamate ja keerulisemate tööde jaoks laeval [8]



Sele 8. Stockholmi Ülikooli uurimislaeval paiknev A-portaal

Turuanalüüsist selgub, et olemasolevaid konstruktiivseid ja funktsionaalseid lahendusi on erinevatele laevadele väga mitmesuguseid, kuid selline universaalne toode puudub, mis sobiks ideaalselt projekteeritava laeva setteproovide seadeldiste käsitlemiseks nii, et tagatud oleks maksimaalne kvaliteet minimaalse hinna juures. Lisaks on väga keeruline leida konkreetse portaalkraana detailide kohta täpsustavat infot. Eelnevalt tutvustatud lahendusi analüüsides on võimalik tuua välja nende positiivsed ja negatiivsed sobivuse näitajad käesoleva projekti jaoks ning seejärel konstrueerida toestussüsteem, mis sobib konkreetsele uurimislaevale.

3. KONSTRUKTSIOONI LAHENDUS KOOS ARVUTUSTEGA

3.1. Setteproovide seadeldiste kirjeldus

A-portaali projekteerimine teostatakse Stockholmi ülikooli uurimislaevale. Portaali puhul on tegemist tõsteseadmega millega hakatakse geoloogiliste uurimiste jaoks vajaminevaid seadmeid liigutama. Kõige suuremate gabariitidega seadeldis, mida tõstetakse, on setteproovide poom, mille mass on 1500 kg. Sellest 1020 kg on juurde lisatava tinast raskuse mass, 12 meetri pikkuse poomi puhul. Siinkohal arvestatakse lisaks settest väljatõmbamisel tekkivaid jõudusid ning leitakse, et A-portaal peab vastu pidama 5 tonnisele raskusjõule.

Arvestades laevateki vaba ruumi vähesust, asetatakse setteproovide poom toetussüsteemile, mille ülesanne on seadeldist toetada üle laeva parema parda. Kõik vajalikud operatsioonid selleks teostatakse peamiselt A-portaali abil. Setteproovide poomi kasutamiseks tuleb poomi külge kinnitada trossid, toetussüsteem poomi alt ära liigutada ning poom A-portaali ja vintside abil vertikaalsesse asendisse viia. Kui setteproovide poom on vertikaalses asendis ja tööasendiks valmis, lastakse sellel vastava päästemehhanismi abil merepõhja langeda, kus see tungib settekihi sisse nii, et poomi vajalik osa täituks settega. Poom tõstetakse portaali ja vintside abil merepõhjast välja hilisemateks uuringuteks laboris, mis asub uurimislaeva pardal.

Püstitatud probleemi lahendatakse kolme hüdrocilindri abil, mis liigutavad A-portaali vajalikul määral ja –suunas. Hüdrocilinder osutus antud juhul valituks, kuna see võimaldab lihtsasti saavutada kulgevat liikumist, kiiruse reguleerimine on lihtne ja ülekantavad jõud on muudetavad suurtes piirides [5].

Seda, mismoodi A-portaal täpselt hakkab setteproovide seadeldisi liigutama ja kuidas toimuvad liikumised saavutamaks poomi tööasendit, hakatakse käsitlema käesolevas lõputöös, arvestades siinkohal kõiki tellija poolt esitatud ja projektis kokku lepitud nõudeid.



Sele 9. Setteproovide poomi tööasend (vasakul) ja mitme proovi võtmise seadeldis(paremal) [3]

3.2. Materjalide valik

Arvestades tõsteseadme merelist töötamiskeskonda ning olles mõjutatud kõikide ilmastikuolude poolt, on materjali valikul lähtutud eelkõige nende vastupidavusest välistingimustele. A-portaali projekteerimisel on eesmärgiks võimalikult lihtsasti valmistatav ja kasutatav ning hooldusvaba tõsteseade. Ettevõtte kogemuslikul meetodil jäid materjali valikul domineerima alumiinium ja teras. Selleks, et valida välja sobivaim materjal, iseloomustatakse neid järgmises tabelis (Tabel 3):

Tabel 3

Materjalide iseloomustus [9]

Omadus	Alumiinium EN-AW 5083	Teras S355J2H
Mehaanilise töötlemise lihtsus	Väga hea	Hea
Vastupidavus välistingimustele	Väga hea	Hea
Eluiga	Suurepärane	Hea
Mass	2650kg/m ³	7700kg/m ³
Hooldatavus	Hea	Rahuldav
Hind	Madal	Kõrge

Tabel 3 põhjal osutub kasutatavaks materjaliks alumiinium EN-AW 5083 H111.

Tabel 4

EN-AW 5083 H111 omadused [10]

Tihedus	2,65 g/cm ³
Sulamistemperatuur	570 C°
Soojusjuhtivus	121 W/m.K
Soojuspaisumine	25x10 ⁻⁶ /K
Elastsusmoodul	72 GPa
Elektriline eritakistus	0,058x10 ⁻⁶ Ω.m
Voolavuspiir	145 MPa
Tõmbetugevus	300 MPa

3.3.Kasutatava profiili valik

Kuna ettevõtte on valmistanud sarnaseid portaalkraanasid varemgi, siis valitakse konstruktsiooni profiil kogemuslikul teel, lähtudes sealjuures kõige rohkem vastupidavusest läbipaindele, tootmise keerukusest, kogemusest ning materjali kättesaadavusest. Tabel 5 on välja toodud erinevate profiilide omadused, mis kinnitavad profiili valikut.

Tabel 5

Profiilmaterjalide omadused

Omadus	Osakaal	Ümarprofiil	Ruutprofiil	L-profiil	I-profiil
Hind	3	3	5	3	5
Läbipaindivus	5	3	4	3	5
Tootmise keerukus	4	3	2	5	5
Materjali kättesaadavus	4	4	5	3	3
Kaal	3	3	2	3	4
Kokku		64	81	53	63

Tabel 5 kinnitab ettevõtte kogemuslikku valikut, mille põhjal valmistatakse A-portaali konstruktsioon ruutprofiilist. Kuna vajalikes mõõtmetes ruutprofiili tootja ei paku, siis valmistatakse konstruktsioon neljast lattmaterjalist, mis keevitatakse kohapeal ruutprofiiliks kokku. Antud lahendust on ettevõtte ka varem edukalt kasutanud.

3.4. Kasutatavad pingid ja nende parameetrid

Kuna hüdrovintite näol on tegemist ostutoodetega, siis nende valmistamine ei kuulu antud lõputöö mahu sisse. Ostetavaid detaile ning tooteid on A-portaali projekteerimise juures mitmeid ja need on välja toodud vastavas tabelis (Tabel 10)

Ettevõtte omab piisavalt suurt kogemustega tööliste ning tööpinkide pagasit ja tänu sellele ei ole vaja enamiku detailide töötlemise teenust sisse osta. Peamised tööülesanded teostatakse ettevõtte enda spetsialiseerunud tööliste poolt.

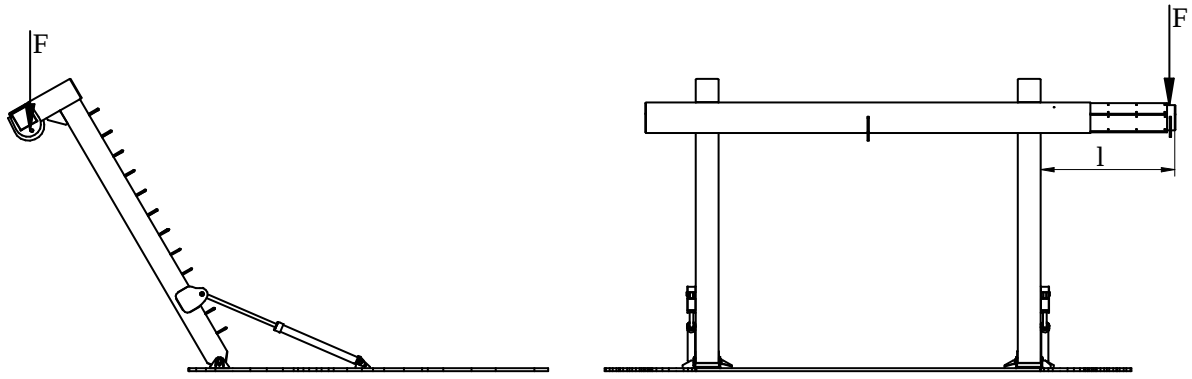
Tabel 6

Ettevõttes kasutatavad tööpingid ja nende parameetrid

Nimetus	Võimsus, kW	Hind, €	Kogus, tk
Keevitusaparaat Fronius Magic Wave 4000	92	2100	1
Treimiskeskus Haas ST10	11,2	55300	1
Liivaprits Contractor		900	1
Värvimiskompressor Binks		800	1
Lintsaag Bomar	2,5	6900	1
Painutuspink Baykal	35	28000	1
APJ freespink Homag BOF	15	596392	1
Kokku:	155,7	690392	7

3.5. Vajaliku ristlõikepindala leidmine A-portaali konstruktsioonile

Mõjuvate jõudude puhul on arvestatud tõstetava seadme maksimaalset massi, konstruktsiooni omakaalu ja tuulest tingitud koormust. Konstruktsiooni valmistamise profiil on valitud ettevõtte kogemuslikul meetodil arvestades profiili vastupidavust läbipaindele ning valmistamise lihtsust. Valituks osutus alumiinium EN-AW 5083 111 lattmaterjalist kokku keevitatud nelikanttoru, mille vajaliku minimaalse ristlõikepindala arvutatakse järgmiselt:



Sele 10. A-portaali eskiis

Algandmed:

Materjaliks alumiinium EN-AW-5083-H321 voolavuspiiriga, $R_{eH} = 240$ MPa. Keevitatud materjalil suurim lubatud tõmbepinge ei tohi ületada 125 MPa, seega kõik arvutused on tehtud lähtuvalt sellest väärtusest.

Kõigepealt leitakse konstruktsiooni maksimaalne moment, Ma valemiga (1) [10]

$$Ma = F \cdot l \quad (1)$$

kus Ma – moment [kNm]

F – mõjuva jõu maksimaalne suurus, 55,8 [kN]

l – jõuõla pikkus, 2 [m]

Valemi (1) tulemuseks saadi $111,6 \text{ kNm} = 111600 \text{ Nm}$

Tugevustingimus paindele on suhe:

$$\sigma = \frac{Ma}{W} \leq [\sigma] \quad [10] \quad (2)$$

Lubatud normaalpinge $[\sigma]$ arvutatakse valemit (3) [10] kasutades:

$$[\sigma] = \frac{R_{eH}}{[s]} \quad (3)$$

kus R_{eH} – materjali lubatud voolavuspiir, 125 [MPa]

$[s]$ – ohutustegur tõsteseadmetele, 1,5 [11]

Valemi (3) tulemuseks saadi 83,3 MPa.

Tala minimaalse ristlõikepindala leiame kataloogist [12] vastavalt telgvastupanumomendile:

$$[W] \geq \frac{Ma}{[\sigma]} \quad (4)$$

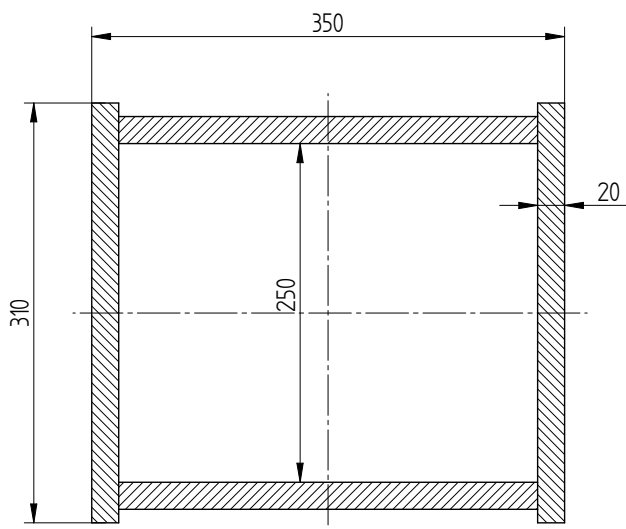
Valemi (4) [10] arvutamise tulemuseks saadakse minimaalseks vajalikuks tala telgvastupanumomendiks, $[W]$ 1343 cm³.

Konstruksiooni vajaliku ristlõikepindala arvutused tehakse sõlme kohta kuhu mõjuvad suurimad jõud ning mis asub kõige kriitilisemas punktis. Ülejäänud konstruktsioon dimensioneeritakse sellest lähtudes, võrdseks või suuremaks arvutatud vajalikust telgvastupanumomendist ohutusteguri 1,5 juures, mille kehtestab Lloyds'i reeglistik merekeskkonnas kasutatavatele tõsteseadmetele. [11]

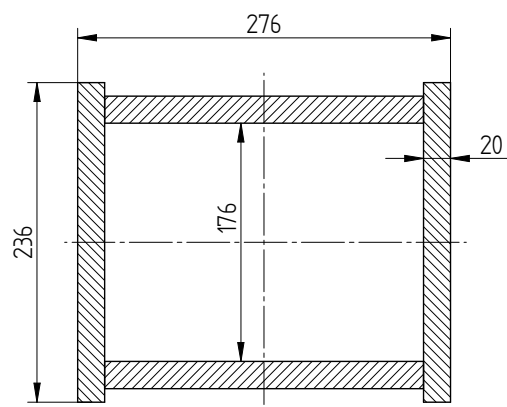
A-portaali teleskoopilise osa valmistamiseks valitakse neli alumiiniumlatti mõõtmetega 236x20x2000 mm, mis keevitatakse kokku nelikanttoruks ning mille ristlõikepindala vastupanumoment paindele $[W]$ on 1345 cm³. Arvestades seda, et väljaulatuv osa liigub portaali raami sisse, tuleb portaali raam valmistada nelikanttorust, mille sisemised mõõtmed tagavad vaba liikumise. Selleks kasutatakse lattmaterjali 310x20x2000 mm, mille vastupanumoment paindele $[W]$ pärast nelikanttoruks kokku keevitamist on 2374 cm³. See vastab konstruktsiooni kõige ohtlikumas punktis valemiga (4) arvutatule. [12]

Ülejäänud erinevate A-portaali konstruktsioonielementide valik toimub arvutuste teel saadud väärtuste põhjal, lisaks arvutatakse nende vastupidavus mõjuvatele jõududele lõplike elementide meetodiga simulatsiooni keskkonnas kasutades Solid Works ja Solid Edge tarkvara. (Vt. Lisa 3.)

A-portaal hakkab asetsema ahtritekil raamkaarte #-2 ja #-1 vahel. Liikumisulatuseks on -55,5 kraadi ahtrist taha poole ja +55 kraadi ahtriteki suunas nii, et oleks tagatud 1900 mm läbimõõduga setteproovide võtmise seadme tõstmine üle teki vette ja teki peale tagasi. Konstruktsioon ise kinnitatakse raamkaarele #-2 kasutades sealjuures vajaminevaid tugiplaate ning lisatugesid teki all. (Vt. Lisa 4.)



Konstruksioon



Liikuv osa

Sele 11. Nelikanttorust konstruktsiooni ristlõige



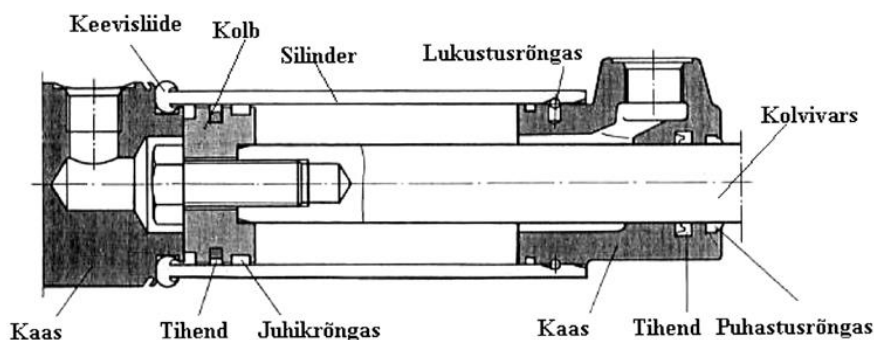
Sele 12. A-portaali paigutus ahtritekil

4. SILINDRITE VALIK

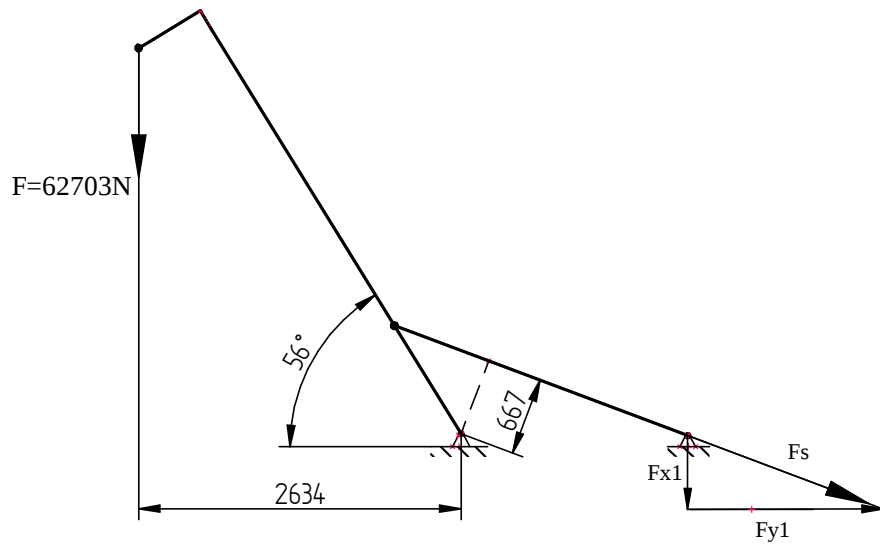
Hüdroajamis enamkasutatavaks täituriks on hüdroasilinder. Hüdroasilindri peamiseks ülesandeks on vedeliku hüdraulilise energia muutmine kolvi sirgjoonelise liikumise mehaaniliseks energiaks. Hüdroasilindrit võib ka kirjeldada kui sirgjoonelise edasi-tagasi liikumise hüdro mootorina, mis leiab kasutust mitmesuguste liikumiste realiseerimiseks. Hüdroasilindri põhiparameetriteks on silindri siseläbimõõt, kolvivarre läbimõõt, kolvi käigupikkus ja nimitõõrõhk. [5]

Hüdroasilindreid saab töötamise põhimõttelt jagada kolmeks: ühepoolse toimega silindrid, kahepoolse toimega silindrid ning erikonstruktsiooniga silindrid. [5]

A-portaali liigutamiseks kasutatakse kahepoolse toimega hüdraulilisi silindreid, mis tagavad kogu portaali liigutamise sujuvalt ja tõrgeteta. Silindrite valikul lähtutakse ettevõttepoolsest kogemusest ning tehakse koostööd silindrite tootjaga. Järgneva näitena tuuakse kontrolliks välja silindrite valikul tehtavad peamised kalkulatsioonid.



Sele 13. Kahepoolse toimega hüdroasilindri ehitus [5]



Sele 14. Silindritele mõjuvate jõudude skeem

Jõudude arvutus silindritele

Algandmed:

$$F = 62703 \text{ N}$$

$$l_2 = 2,634 \text{ m}$$

$$l_3 = 0,667 \text{ m}$$

$$F_s = \frac{F \times l_2}{l_3} \quad (5)$$

Valemi (5) [14] tulemuseks saadi $247616 \text{ N} = 247,616 \text{ kN}$.

Kuna kasutatakse kahte võrdväärset hüdrosilindrit on ühele silindrile mõjuv jõud $F_1 = 123808 \text{ N} = 123,808 \text{ kN}$.

Jõu õlgade tasakaalu võrrand:

$$M_a = F \times l_2 - F_s \times l_3 = 0 \quad [14] \quad (6)$$

Hüdrosilindri kolvi läbimõõdu arvutamine

Süsteemi keskmine töö rõhk võetakse võrdseks kogu laeva hüdrosteemi rõhuga:

$$p_{laev} = p_{port} = 200 \text{ bar} = 20 \text{ MPa}$$

Hüdrosilindri kolvi ristlõike pindala arvutamine:

$$A_s = \frac{F_1}{\rho_{port} \times 10} \quad (7)$$

Valemi (7) [15] tulemuseks saadakse 61,90 cm².

Hüdrosilindri kolvi läbimõõdu arvutamine:

$$D = \sqrt{\frac{400 \times A_s}{\pi}} \quad (8)$$

Valemi (8) [15] tulemuseks saadakse 88,78 mm.

Tulemuste põhjal valitakse hüdrosilindrite tootjapoolsest tabelist standardse kahepoolse toimega silindrid. Pakutavad lähimad kolvi läbimõõdud on 80 mm, 100 mm ja 125 mm. Valituks osutub 125 mm kolvi läbimõõduga hüdrosilinder. Kuna vajaliku kolvi läbimõõdu juures on tootja poolt pakutavad kolvivarre läbimõõdud 65 ja 80 mm, siis valitakse läbimõõd 80 mm.

Arvutatakse silindrite poolt ülekantavad jõud 200 bar rõhu juures:

$$F_h = \rho_{port} \times A \times 10 = \rho_{port} \times \frac{\pi \times (D^2 - d^2)}{400} \times 10 \quad (9)$$

kus ρ_{port} - Süsteemirõhk – 200 [bar] = 2000 [N/cm²]

D - Silindri kolvi läbimõõt – 125 [mm] = 12,5 [cm]

A - Kolvi tööpinna pindala - [cm²]

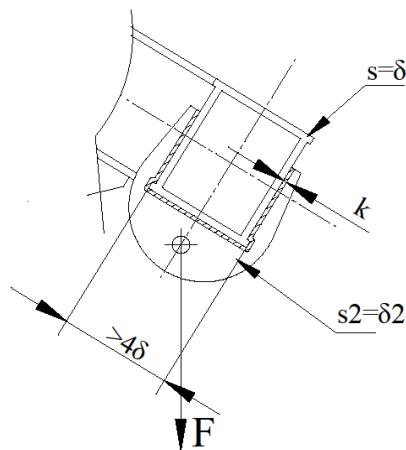
F_h – silindri poolt ülekantav jõud, [N]

Valemi (9) [16] tulemuseks saadakse 144906 [N]

Silindri poolt avaldatav maksimaalne tõmbejõud on 144906 N, mis on piisav mõjuva 123808 N korral.

5. KEEVISLIITE KONTROLLARVUTUS

Kõik keevisliited teostatakse sertifitseeritud keevitajate poolt ning kontrollitakse vastava ala spetsialistide poolt. Sellest tulenevalt on konstruktsiooni keevitusparameetrid ettevõttes valitud arvestades kõiki keevitusprotseduure mõjutavaid tegureid. Selle kinnituseks teostatakse kontrollarvutus kahe detaili omavahelise ühendamise kohta keevisliite abil.



Sele 15. Keevisliite tähistus

Algandmed

Materjal: Alumiinium EN-AW 5083 H111

Keeviskonstruktsioonile mõjuv jõud: 62703 N

Materjali paksus $\delta = 20$ mm, $\delta 2 = 20$ mm

Keevisõmbluse pikkus $L = 810$ mm

Materjali lubatav normaalpinge

$$[\sigma] = \frac{240}{1,5} \approx 160 \text{ [MPa]} \quad [16] (10)$$

Keevisõmbluse lubatav pinge käsikaarkeevitusel

$$[\tau'] \approx 0,6 \times [\sigma] = 96 \text{ [MPa]} \quad [16] (11)$$

Keevisõmbluse tugevustingimus

$$\tau = \frac{F}{A} \leq [\tau'] \quad [16] (12)$$

Valemi (12) [16] tulemusena leitakse, et $11,1 \leq [\tau']$.

$$A = (2(250 \times 10) + (310 \times 10)) \times 0,7 = 5670 \text{ [mm}^2\text{]} \quad [16] (13)$$

Valides $k = 10 \text{ mm}$, saame

$$b \geq \frac{F}{0,7 \times k \times [\tau']} \quad [16] (14)$$

kus b – keevitatava plaadi laius, [mm]

Valemi (14) [16] tulemusena saadakse $b \geq 87 \text{ mm}$. Kuna keevitatav plaat on 310 mm lai, siis vastab see eespool välja arvutatud tingimusele.

Keevitatavate plaatide tugevuse kontroll

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{b \times \delta} < [\sigma] \quad [16] (15)$$

Valemi (15) [16] tulemusena leitakse, et põhimetalli lubatav normaalpinge $96 \text{ MPa} > 11 \text{ MPa}$.

6. MAJANDUSLIK OSA

Majanduslike arvutuste osas kirjeldatakse A-portaali tootmisega seotud kulutusi, milleks on materjalide kulu arvutused, tööliste palgafondi arvutus, jaoskonna kulude arvutus ja toote omahinna kalkulatsioon. Toote majanduslikud arvutused on tehtud lähtudes eelkõige ettevõtte raamatupidamisest saadud andmetest.

6.1. Vajalike seadmete valik

Vajalik metallilõikepinkide arv leitakse vastavalt tehnoloogiliste protsessidele ja ettevõtte kogemusele tuginedes ning tuuakse välja tabelis (

Tabel 6).

F_{ef} – pingi efektiivne tööajafond, mis leitakse järgneva valemiga:

$$F_{ef} = (Kp - Pu - Pü) * Va * Vk * Sk \quad [18] (16)$$

kus Kp – kalendripäevade arv aastas, 365

Pu – puhkepäevade arv aastas, 104

$Pü$ – pühade arv aastas, 9

Va – vahetuste arv aastas, 1

Vk – vahetuste kestvus, 8

Sk – seadmete kasutamisetegur, 0,92...0,98

Valemi (16) tulemuseks saadakse 1915 h.

Tabel 7

Summeeritud ajanormid

Seade	Nimetus	T ₁ , min/tk
CNC freespink	Homag BOF	32
Treimiskeskus	Haas ST10	12
Painutuspink	Baykal	1,3
Keevitusagregaat	Fronius Magic Wave 4000	1806
Liivaprits	Contactor	160
Värviprits	Binks	110
Lintsaag	Bomar	24
Paigaldamine/ühendamine		360
Kokku:		2505,3

Tabel 8

Jaoskonna seadmete koondtabel

Jrk	Seade	T ₁ , min/tk	F _{ef} , h	Apr, tk	P _v , tk	Hind, km-ta €
1.	CNC freespink	32	1915	1	1	596400
2.	Treimiskeskus	12	1915	1	1	55300
3.	Painutuspink	1,3	1915	1	1	9000
4.	Keevitusagregaat	1806	1915	1	1	2100
5.	Liivaprits	160	1915	1	1	900
6.	Värvimisseade	110	1915	1	1	800
7.	Lintsaag	24	1915	1	1	8400
8.	Paigaldamine/ühendamine	360				
Kokku:		2505,3	1915	1	7	672900

6.2. Vajalike materjalide arvutus

Tootmisprotsess on samaaegselt ka tarbimisprotsess. Et tarbimine toimuks pidevalt, häireteta ja rütmiliselt, on seda vaja süstemaatiliselt varustada kõigi vajalike tootmisvahenditega (tooraine, materjalide ja pooltoodete, kütuse, elektrienergiaga). [18]

Kõige olulisem on toormaterjalist tekkivate jääkide vähesus. Selleks tuleb välja arvutada materjali hulk, mis kulub sujuva tootmise tagamiseks. Tähtis on sealjuures ka see, et toormaterjali varu ei muutuks ebavajalikult suureks, mis võib põhjustada põhjendamatuid kulutusi lao ülalpidamiseks. [18]

Materjali kulu arvutamine:

Kuna antud juhul pole tegu saritootmisega, vaid ühe toote valmistamisega siis materjali kulunormi arvutamisel lähtume ainult toorikutest.

$$Q = q \quad [18] (17)$$

kus Q - materjali kulu, 1300 [kg]

q - materjali kulunorm koostu kohta, [kg]

Ühe koostu (detailide) materjali maksumus:

$$Dm = q * h - qj * hj \quad [18] (18)$$

kus Dm - kulutused materjalile ühe koostu kohta.

h - detaili materjali ühe kg hind, [€]

q - materjali kulunorm koostu kohta, [kg]

qj - jäätmete kogus ühe koostu kohta, [kg]

hj - jäätme ühe kg hind, [€]

Valemi (18) tulemuseks saadakse 4526 €

Tabel 9

Materjalide kulu koondtabel

Jrk. nr.	Materjali nimetus	Kulu ühele tootele, kg	Hind ühele tootele, €
1.	Alumiinum EN-AW 5083	1396	4526
2.	Ertacetal - H	35	276
3.	BI-metall	46	1617
4.	Nylatron GSM	1,4	15
5.	Roostevaba teras AISI 316L	43	58
	Kokku:	1521,4	6492

Tabel 10

Ostutoodete koondtabel

Jrk. nr.	Nimetus	Vajalik kogus, tk	Hind 1-le detailile, €	Hind kõikidele detailidele, €
1.	Hüdrosilinder 125/80-1000	2	1077	2154
2.	Hüdrosilinder 50/30-1000	1	442	442
3.	Voolikud	1	138	138
4.	Polt M10x20 DIN 933	6	0,4	2,4
5.	Polt M6x25 DIN 7991	40	0,28	11,2
	Kokku:	50	1658	2747,6

6.3. Põhitöölise valik ja muu personali arvutus

Ettevõtte töötajate kohta arvutatakse tööajafond, mis kinnitatakse juhtkonna käskkirjaga. Efektive tööajafondi arvutusel võetakse maha puhkused ja lisapuhkused. Statistika andmetele tuginedes võetakse arvesse haiguslehti ja mud ettearvamatud tööajakaod.

Tabel 11

Efektive tööajafond 2015 aastal

Tööajafond	Päevad	Tunnid	%
Kalendrip	365	2920	
L,P	104	832	
Pühad	9	64	
Nomin tööajafond	252	2004	100
Töötaja kaod	35	280	14
Puhkus	28	224	
Lisapuhkus	2	16	
Haigused	3	24	
Muu	2	16	
Fef	217	1736	86,6

Põhitöölise arv valitakse ettevõtte poolt eelneva kogemuse põhjal arvestades tootmise iseloomu, toodetava detaili ajanorme, vajalike metallitöötuspinkide arvu, projekti tähtaegu ja olemasolevat tööjõu ressursi. Põhitöölise arv on välja toodud järgmises tabelis (Tabel 12).

Tabel 12

Seadmete koondtabel

Nr.	Seade	Tükiaeg, T_{tk}	Põhitööliste arv
1.	Freesimine	32	1
2.	Treimine	12	1
3.	Painutamine	1,33	1
4.	Keevitamine	1806	1
5.	Liivaprits	160	1
6.	Värvimine	110	1
7.	Saagimine	24	1
8.	Paigaldamine	360	1

- Põhitöölised ja pingitöölised valitakse peamiselt seadmete arvu järgi. Kokku on 7 seadet, seega töölisi valitakse 6 kuna metallitöötuspinkide koormustegur on piisav, et tagada kõikidele töölistele piisav koormatus ja efektiivsus.
- Abitöölised moodustavad põhitööliste arvust 25...30%.
Valitakse 25% seega $0,25 \times 6 = 1,5 = 2$ abitöölise. Ametid mida abitöölised pidama hakkavad on välistranspordi teostaja ehk tõstukijuht, sisetranspordi teostaja ehk troppija.
- Inseneritehniline personal moodustab põhi ja abitööliste summaarsest arvust 8...12%.
Valitakse 8% seega $(6+1,5) \times 0,08 = 0,6$. Insenerideks on inimene, kes suhtleb kliendiga ja tegeleb toote tehnoloogilise poole välja töötamisega ning tootmisjaoskonna juhataja ehk meister.
- Teenistujad moodustavad 2...6% põhitööliste arvust. Valitakse 5%: $6 \times 0,05 = 0,3$ ehk teenistujaks saab projekti puhul üks tööline osalise töökoormusega.
- Noorem teenindav personal, kelleks on koristajad, moodustavad põhitööliste arvust 1...2%, valitakse 2%. $0,02 \times 6 = 0,12$ töolist ehk noorema teenindava personali saab võtta tööle veerand kohaga ja sellega tööjõukuludelt kokku hoida.

Kokkuvõttes töötab projektiga 12 töötajat, sealjuures kaks töötajat veerand kohaga. Tööliste arvu iseloomustamiseks on koostatud järgnev koondtabel (Tabel 13):

Tabel 13

Tööliste ametikohad

Nr	Töötajate grupp	Kokku	Suurimas vahetuses	%
1.	Põhitöölised	6	6	50
	Freespingi operaator	1	1	
	Treimiskeskuse operaator			
	Painutuspingi operaator			
	Keevitaja (koostaja 2tk, keevitaja 1tk)	3	3	
	Saagija			
	Liivapritsi teostaja	1	1	
	Värvija			
	Paigaldaja/mehhaanik	1	1	
2.	Abitöölised	2	2	16,7
	Välitranspordi teostaja	1	1	
	Sisetranspordi teostaja	1	1	
3.	Insenertehniline personal	2	2	16,7
	Jaoskonna juhataja, meister	1	1	
	Müügispetsialist-tehnoloog	1	1	
4.	Teenistujad	1	0,3	4,2
	Ökonomist-arvepidaja	1	0,3	
5.	Noorem teenindav personal	1	0,25	4,2
	Koristaja	1	0,25	
Kokku:		12	10,55	

6.4. Vajalike tööliste palgafondi arvutus

Palgafond on vajalik rahasumma, mida tööandjal on vaja arvestada, töölisele palga väljamaksmiseks tehtud töö eest vastavalt töölepingule. Jaoskonna palgafondi moodustab selle jaoskonna kõikide töötajate palgafondide summa. Arvestada tuleb ka tööjõu efektiivset tööajafondi. Lõputöös arvutatakse eraldi jaoskonna palgafondi ja põhitöölise palgafondi. [18]

Töötaja palgafondi moodustavad:

1. Tulumaks – 20%
2. Sotsiaalmaks – 33%
3. Maksuvaba tulu – 154 eurot/kuus

4.Kogumispension – 2% vabatahtlik

5.Töötuskindlustus – 0,8% tööandja, 1,6% töötaja brutopalgast

Palgafond arvutatakse ühe kuu kohta.

Palgafond = brutopalk + sotsiaalmaks + töötuskindlustus (0,8% tööandja), [18]

Tabel 14

Töötasude koondtabel

	Arv	€/h	Brutopalk	Sotsiaalmaks	Töötus-kindlustus 1,6%	Töötus-kindlustus 0,8%
Põhitööline	6	7,6	8010	2643,3	128,16	64,08
Abitööline	2	6,7	2348	774,84	37,57	18,78
Insener	2	9,0	3172	1046,76	50,75	25,38
Teenistuja	0,3	13,1	690	227,70	11,04	5,52
Noorem- teenindav personal	0,25	3,9	694	229,02	11,10	5,55
Kokku:	10,6	40,3	14914	4921,62	238,62	119,31

Tabel 15

Töötasude koondtabel

	Kogumis- pension	Netopalk + tulumaks	Maksuvaba miinimum	Tulumaks	Palgafond	Projekti palgafond
Põhitööline	160,20	7721,64	11088	1513,53	10717,38	2534
Abitööline	46,96	2263,47	3696	421,89	3141,62	743
Insener	63,44	3057,81	3696	580,76	4244,14	1004
Teenistuja	13,80	665,16	554,4	102,23	923,22	219
Noorem- teenindav personal	13,88	669,02	462	103,00	928,57	220
Kokku:	1672,4	14377,1	19496,4	2721,41	19954,93	4720

6.5. Kulude eelarve koostamine

Seadmete tööga seotud kulud

Kõige suurem kuluartikkel seadmete tööga seotud kulutuste seas on elektrikulu, mis leitakse valemiga (19) [18]:

$$S_q = S_k * W \quad (19)$$

kus,

S_k - kWh elektrienergia hind, 0,04[€]

W - aastane elektrienergia kulu, [kWh]

$$W = \frac{N_i * F_{ef} * K_t}{K_p * K_q} \quad (20)$$

kus,

F_{ef} = 1915 [h], seadme tööajafond

N_i - kõikide pinkide summaarne koguvõimsus, 155,7 [kW]

K_r - keskmine seadmete koormustegur 70 %, 0,7

K_p - tegur, mis arvestab elektrikadusid juhtmetes 0,96

K_q - tegur, mis arvestab elektrikadusid elektrimootorites 0,9

Valemi (20) [18] tulemusena saadi aastaseks energiakuluks 241569 kWh.

Kasutades efektiivse tööajafondi ja ajanormide tabeli (Tabel 7 ja Tabel 11) kaudu saame järgmise võrrandi:

$$\frac{241569}{217} * 5,2 \quad (21)$$

Valemi (21) [18] tulemusena saadakse 5788,8 kWh elektrienergia kuluks, A-portaali valmistamise juures, mis läheb maksma 232 eurot.

- Kulutused seadmete korrashoiule - arvestatakse 1% seadmete kogu maksumusest.
Seadmete maksumus on ca. 690392 €. Kulutused portaalile on 136 €
- Kulutused väheväärtuslikule ja kiirestikuluvale inventarile - arvutatakse ca 65€ ühe põhitöötaja kohta, 6 põhitöölist, ehk 8 € portaali valmistamiseks.
- Kulutused seadmete jooksvale remondile - arvestame 5% kogu seadmete maksumusest.
Seadmete maksumus on 690392 € siis kulutuseks on 680 € portaali valmistamiseks.
- Kulutused abimaterjalidele - arvestame 50,5 € ühe tööpingi kohta. Jaoskonnas on 6 pinki siis valmistamise kulutused on 7 €.
- Kulutused amortisatsioonile - arvestatakse 10% pinkide hinnast. 7 pinki maksumusega 690392 € siit kulutused portaalile 1360 €
- Kulutused instrumentidele - kulutused instrumentidele on ligikaudu 11 €.

Seadmete tööga seotud kulud kokku:

$$232 + 136 + 8 + 680 + 7 + 1360 + 11 = 2434 \text{ [€]}$$

Jaoskonna üldkulude arvutus:

Jaoskonna üldkulud moodustavad jaoskonna personali töötasu suuruse ning valgustuse maksumuse summa. [18]

Jaoskonna personali töötasu on välja toodud koondtabelis (Tabel 14 ja Tabel 15).

Ruumide üldvalgustus leitakse kõikide ruumide pindalade summast, milleks on 235 m².

Kulutused valgustusele:

$$W_v = S \times V_f \times q \quad (22)$$

kus W_v – valgustuse kulu, [kW]

S - valgustatava pinna suurus, [m²]

V_f - valgustatava perioodi pikkus tundides, milleks võtame 42 h

q - valgustuseks vajalik võimsus ühe ruutmeetri kohta, mille võib võtta 0,025

Valemi (22) tulemuseks saadakse 246,75 kW.

$$S_v = W_v \times 0,107 \text{ €} \quad (23)$$

Valemi (23) tulemuseks saadakse 26,4 eurot.

Jaoskonna üldkulud kokku:

$$9237,55 + 232 = 9469,55 \text{ €}$$

Tabel 16

Jaoskonna kulud

Nr.	Seadmete tööga seotud kulud	Kulu, €	% kogu kuludest
1.	Elektrienergia	232	
2.	Seadmete korrashoid	136	
3.	Väheväärtuslik inventar	8	
4.	Seadmete jooksev remont	680	
5.	Abimaterjalid	7	
6.	Amortisatsioon	1360	
7.	Instrumendid	11	
Kokku:		2434	52

Tabel 17

Jaoskonna kulud

Nr.	Üldkulud	Kulu, €	% kogu kuludest
1.	Ruumid valgustus	26,4	
2.	Palgafond(põhitöölisteta)	2186	
Kokku:		2212,4	48
Jaoskonna kulud kokku:		4646,4	100

6.6. Toote omahinna kalkulatsioon

Tabel 18

Toote omahind

Nr.	Kulu	Kulu 1-le tootele
	Otsekulud	
1.	Materjal	6492
2.	Ostetud pooltooted	0
3.	Põhitööliste töötasu	
	Põhitöötasu	1894
	Sotsiaalmaks	625
	Töötuskindlustusmaks	16
	Põhitööliste palgafond kokku:	2535
4.	Seadmete tööga seotud kulud	
	Elektrienergia	232
	Seadmete korrashoid	136
	Väheväärtuslik inventar	8
	Seadmete jooksev remont	680
	Abimaterjalid	7
	Amortisatsioon	1360
	Instrumendid	11
	Seadmete tööga seotud kulud kokku:	2434
5.	Jaoskonna üldkulud	
	Ruumid valgustus	26,4
	Üüri kulud	0
	Palgafond	2186
	Jaoskonna üldkulud kokku:	2212,4
6.	Jaoskonna kulud kokku:	4646,4
9.	Tootmise omahind	13616
10.	Tootmisvälised kulud (5% ettearvamatuid kulutusi)	681
11.	Täisomahind	14297

Tabel 19

Tehnilismajanduslikud näitajad

Nr.	Näitajad	Suurus	Mõõtühik	Märkused
1.	Seadmete arv	7	tk	
2.	Seadmete keskmine koormus	70	%	
3.	Töötajate arv	12	inimest	kaks 0,25 koormusega
	Kellest põhitöölised	6	inimest	
4.	Palgafond	4720	€	projekti kohta (41,6 h)
	s.h. põhitööliste palgafond	2534	€	projekti kohta (41,6 h)
5.	Tootmispind	235	m ²	kasutatavad ruumid
6.	Materjali maksumus	6434	€	1-le tootele
7.	Toote omahind	14297	€	toote kohta

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli Stockholmi Ülikooli uurimislaevale A-portaali projekteerimine. Stockholmi Ülikooli uurimislaev on ettevõttele Baltic Workboats AS esitatud ja sõlmitud tellimus, millel on kindlad kuupäevalised projekti lõpetamise tähtajad.

Projekteerimise käigus tutvuti analoogsete olemasolevate konstruktiivsete ning tehnoloogiliste lahendustega ning analüüsiti nende sobivust Stockholmi Ülikooli uurimislaeva projekti jaoks. Selleks, et A-portaal projekteerida, vaadati üle kogu setteproovide seadeldiste käsitlemistehnoloogia laeval ning kooskõlastati erinevate seadmete kasutamine, mis on vajalikud seadeldiste liigutamiseks ning kiireks, sujuvaks, ohutuks ja tõrgeteta tööks.

Lõputöös tutvustati detaili, millele A-portaal projekteeriti, koos näidetega olemasolevatest sarnastest toodetest. Välja toodi ka tõsteseadme valmistamiseks kasutatavate metallitöötluspinkide loetelu ja nende peamine karakteristika. Üldiselt kirjeldati konstruktsioone ja kasutatavaid silindreid ning teostati sinna juurde kuuluvaid arvutusi nagu näiteks arvutused silindrite poolt avaldatavatele jõududele ning tugevusarvutused kinnituskonstruktsioonile. Lõputöö käigus kirjeldati hüdrosilindrite tööd iseloomustavat hüdraulikaskeemi. Lisaks joonestati välja kõik tööks vajaminevad joonised. Majanduslikku poolt alustati materjalide kuluarvutustega, koostati erinevate kuluartiklite koondtabelid ning teostati palgafondide ja teiste kulude eelarvete arvutused selleks, et teada saada projekteeritava toote valmistamiseks kuluv rahaline ressurss ehk toote omahind.

Projekti lõpuks valmis kliendi nõuetele ning klassiühingu reeglitele vastav seade, mis on mugavalt ning kiirelt kasutatav ning mille kasutamise juures on tagatud igasugune ohutus. Projekteerimise käigus tehti koostööd tellijaga, et valmiks toode, mis vastab kõikidele tellijapoolsetele soovidele. Projekteeritud tõsteseadeldis valmis konkreetse uurimislaeva jaoks, kuid projekti muutes on võimalik kerge vaevaga saavutada ka teistele, erineva geomeetria ja konstruktsiooniga Baltic Workboats AS-i tooteperekonda kuuluvatele laevadele paigaldatav A-portaal.

Kokkuvõttes võib öelda, et lõputöö tulemused vastavad püstitatud probleemidele seega on saavutatud vajalikud eesmärgid.

SUMMARY

The purpose of this thesis is to design an A-frame gantry for Stockholm University research vessel. The research vessel is ordered from Baltic Workboats Shipyard and the end date of the vessel's project is fixed.

Existing constructive and technological solutions have been introduced during the project of the A-frame. Different compatibility solutions for Stockholm University research vessel have also been analyzed. The whole sampling corer handling system was looked through, to design a well functioning lifting device for it. To move sampling corer fast, smooth, safely and without any failures, different apparatus use was coordinated.

In the final thesis, the product which the A-frame was designed, has been introduced with already existing samples of similar devices. The listing and main characteristics of metalworking equipment that was used for the project, has been pointed out in the paper. Constructions and hydraulic cylinders were described by calculations, as well as the strength calculations at the weakest point of the construction. The hydraulic scheme which defines the work of the cylinders has also been depicted. Different drawings that are necessary for producing the lifting device of sampling corer have been made and shown in the paper. The economic side of the project starts with the needed material calculations. Then the summary table of expense items was drawn up and the calculations of payroll with other consumption estimate have also been made to get good overview of the financial resource, which is needed for the production.

At the end of the project, comfortably and quickly usable lifting device for sampling corers, which conforms to clients requirements and has all possible users safety guarantee was completed. The design was made by taking account of all the Lloyd's Register of Shipping requirements. During the design process, the company made close cooperation with the client to make the product which conforms to all of the client demands. The designed A-frame was made for a specific research vessel, but making small changes in the project, it is easily mountable and suitable for other types vessels that belong to Baltic Workboats AS product family, if it is needed.

For conclusion it can be said that the results to raised problems have been shown, so the necessary goals have been accomplished.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „www.balticworkboats.ee,“ Baltic Workboats Shipyard, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.balticworkboats.ee/company>. [Kasutatud 03 Veebruar 2015].
- [2] N. McCoy, „Reconstruction of a piston corer,“ Uppsala University.
- [3] „Designing, developing and supplying equipment solutions and services for the marine industries,“ TTS Group ASA, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ttsgroup.com/Products/A-frames/>. [Kasutatud 13 Veebruar 2015].
- [4] B. Kullenber, „The Piston Core Sampler,“ Svenska hydrografiskbiologiska kommissionens, Göteborg, 1974.
- [5] R. Soots, Hüdraulika ja hüdroseadmed, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2009, p. 146.
- [6] „www.macartney.com,“ Mac Artney Underwater Tehcnology, 03 Veebruar 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.macartney.com/news/new-articulating-frame-macartney-time-saving-innovation>.
- [7] „www.nov.com,“ A-frame, 13 Veebruar 2015. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.nov.com/Segments/Rig_Systems/Offshore/Lifting_and_Handling/Cranes/Other_Cranes/A-Frame.aspx.
- [8] „www.gregory-desogns.com,“ Researc vessel integration, 13 Veebruar 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.gregory-designs.com/research-vessels/>.
- [9] „Referans metal,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.referansmetal.com/en/aluminum.htm>. [Kasutatud 31 Märts 2015].
- [10] „Aluminium Alloys,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2813>. [Kasutatud 01 Aprill 2015].
- [11] „Tugevusarvutused paindele,“ TTÜ Mehhatroonikainstituut, 13 Veebruar 2015. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.tlu.ee/~saarsulo/masinaopetus/\(5\)%20Paindearvutus.pdf](http://www.tlu.ee/~saarsulo/masinaopetus/(5)%20Paindearvutus.pdf).
- [12] L. Register, „Code for Lifting Appliances in a Marine Environment,“ 2013. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.google.ee/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=code%20for%20lifting%20appliances%20in%20a%20marine%20environment>. [Kasutatud 13 Veebruar 2015].
- [13] www.ruukki.com, „Steel sections,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ruukki.com/Steel/Hollow-sections/Rectangular-hollow-sections/~media/D67EBDA0E3014CEFB55E2C6A7F486BC8.ashx>. [Kasutatud 2 Märts 2015].
- [14] V. J.Aare, Metallkonstruktsioonid, Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus, 1961, p. 683.

- [15] „www.hariduskeskus.ee,“ Pärnumaa Kutsehariduskeskus, 2012. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.hariduskeskus.ee/opiobjektid/pneumaatika_ja_hudraulika_alused/?KURSUSE_T EEMAD:H%D CDRAULIKA.:H%FCdrosilindrid. [Kasutatud 20 Veebruar 2015].
- [16] R. Uulma, Hüdraulika alused, Tallinn: Tallinna Tööstushariduskeskus, 2001, p. 110.
- [17] T. Mehhatroonikainstituut, „Keevisliited,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.hot.ee/raiuja/masinael/Keevisliide.pdf>. [Kasutatud 10 Märts 2015].
- [18] V. Sepp, „Masinaehitusettevõtte ökonoomika loengukonspekt,“ Tallinna Tehnikakõrgkool, Tallinn, 2014.
- [19] „www.womackmachine.com,“ Hydraulic formulas and calculations, 10 Veebruar 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.womackmachine.com/engineering-toolbox/formulas-calculations.aspx>.
- [20] „Measurement and monitoring technologies,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://cluin.org/programs/21m2/sediment/>. [Kasutatud 12 Aprill 2015].

LISAD

Lisa 1. Tegevusplaan

Tegevusplaan on koostatud programmiga SmartDraw. Graafiku iseloomustamiseks on kasutatud Gantt'i diagrammi. Tegevusplaan on koostatud lõputöö valmistamise algusest kuni lõpuni arvestades töörežiimi esmaspäevast reedeni, kaheksa tundi päevas.

Operatsioon	Algusaeg	Lõppaeg	Kestvus (päeva)	Feb				Mar				Apr				May			
				Feb 2	Feb 9	Feb 16	Feb 23	Mar 2	Mar 9	Mar 16	Mar 23	Mar 30	Apr 6	Apr 13	Apr 20	Apr 27	May 4	May 11	May 18
Sissejuhatus	02/02/15	02/10/15	7	Sissejuhatus															
1. Toote tutvustus	02/10/15	02/16/15	5		1. Toote tutvustus														
1.1. Seadmele esitatavad nõuded	02/11/15	02/11/15	1		1.1. Seadmele esitatavad nõuded														
1.2. Kasutatava energiaallika valik	02/12/15	02/16/15	3		1.2. Kasutatava energiaallika valik														
2. Turu analüüs	02/16/15	02/19/15	4		2. Turu analüüs														
3. Konstruktsiooni lahendus arvutustega	02/19/15	03/10/15	14		3. Konstruktsiooni lahendus arvutustega														
3.1. Detalli tutvustus millele tösteseadeldist projekteeritakse	02/19/15	02/23/15	3		3.1. Detalli tutvustus millele tösteseadeldist projekteeritakse														
3.2. Materjali valik	02/23/15	02/24/15	2		3.2. Materjali valik														
3.3. Kasutatava profiili valik	02/24/15	02/26/15	3		3.3. Kasutatava profiili valik														
3.4. Kasutatavad pingid ja nende parameetrid	02/26/15	03/03/15	4		3.4. Kasutatavad pingid ja nende parameetrid														
3.5. Konstruktsiooni vajaliku ristõikepindala leidmine	03/03/15	03/10/15	6		3.5. Konstruktsiooni vajaliku ristõikepindala leidmine														
4. Silindrite valik	03/10/15	03/20/15	9		4. Silindrite valik														
4.1. Toereaktsioonide arvutamine	03/16/15	03/20/15	5		4.1. Toereaktsioonide arvutamine														
5. Keevisliite kontrollarvutus	03/20/15	03/26/15	5		5. Keevisliite kontrollarvutus														
6. Majanduslik osa	03/26/15	04/20/15	18		6. Majanduslik osa														
6.1. Vajalike seadmete ja nende koormuste arvutus	03/26/15	03/27/15	2		6.1. Vajalike seadmete ja nende koormuste arvutus														
6.2. Vajalike materjalide arvutus	03/27/15	03/30/15	2		6.2. Vajalike materjalide arvutus														
6.3. Põhitööliste ja muu personali arvutus	03/30/15	04/01/15	3		6.3. Põhitööliste ja muu personali arvutus														
6.4. Vajalike tööliste palgafondi arvutus	04/01/15	04/01/15	1		6.4. Vajalike tööliste palgafondi arvutus														
6.5. Kulude eelarve koostamine	04/01/15	04/03/15	3		6.5. Kulude eelarve koostamine														
6.6. Toote omahinna kalkulatsioon	04/03/15	04/09/15	5		6.6. Toote omahinna kalkulatsioon														
6.7. Tootmise tehnilismajanduslikud näitajad	04/09/15	04/22/15	10		6.7. Tootmise tehnilismajanduslikud näitajad														
Graafiline osa	04/22/15	04/24/15	3		Graafiline osa														
Lõputöö lõplik vormistamine	04/24/15	04/28/15	3		Lõputöö lõplik vormistamine														
Lõputöö esitamine	05/20/15	05/20/15	1		Lõputöö esitamine														

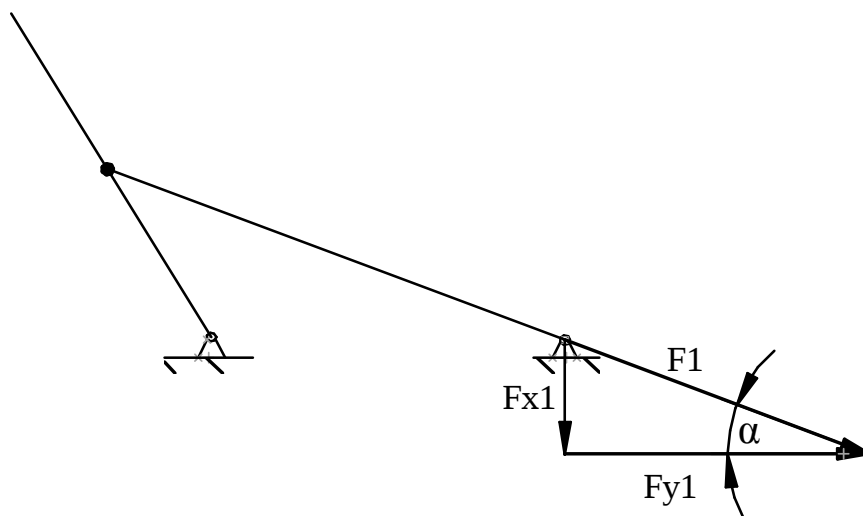
Lisa 2. Toereaktsioonid

Algandmed:

$$\alpha = 21^\circ$$

$$F = 62703 \text{ N}$$

$$F_1 = F_s = 123808 \text{ N}$$



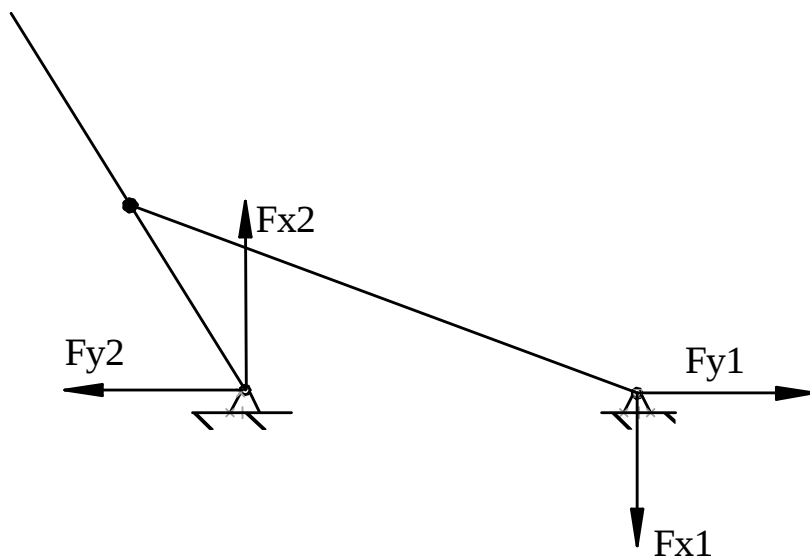
Sele 16. Toereaktsioonide leidmine

$$\sin \alpha = \frac{F_{x1}}{F_1} \rightarrow F_{x1} = F_1 \cdot \sin 19^\circ \quad (25)$$

Valemi (25) tulemuseks saadakse 40308 N.

$$F_{y1} = F_1 \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{y1} = F_1 \cdot \cos 19^\circ \quad (26)$$

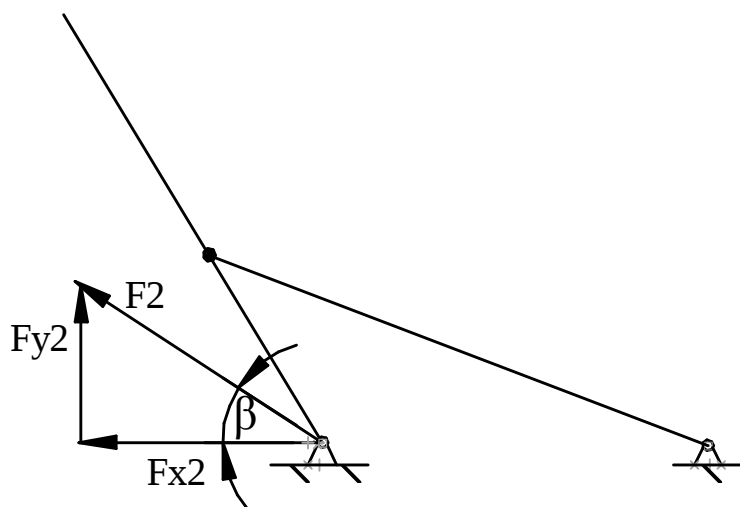
Valemi (26) tulemuseks saadakse 117063 N.



Sele 17. Toereaktsioonide leidmine

$$F_{y2} = F_{y1} = 117063 \text{ N}$$

$$F_{x2} = F + F_{x1} = 62703 + 40308 = 103011 \text{ N}$$



Sele 18. Toereaktsioonide leidmine

$$F_2 = \sqrt{F_{x2}^2 + F_{y2}^2} \quad (27)$$

Valemi (27) tulemuseks saadakse 155933 N

$$\tan \beta = \frac{F_{x2}}{F_{y2}} \rightarrow \beta = \arctan \frac{F_{x2}}{F_{y2}} \quad (28)$$

Valemi (28) tulemuseks saadakse

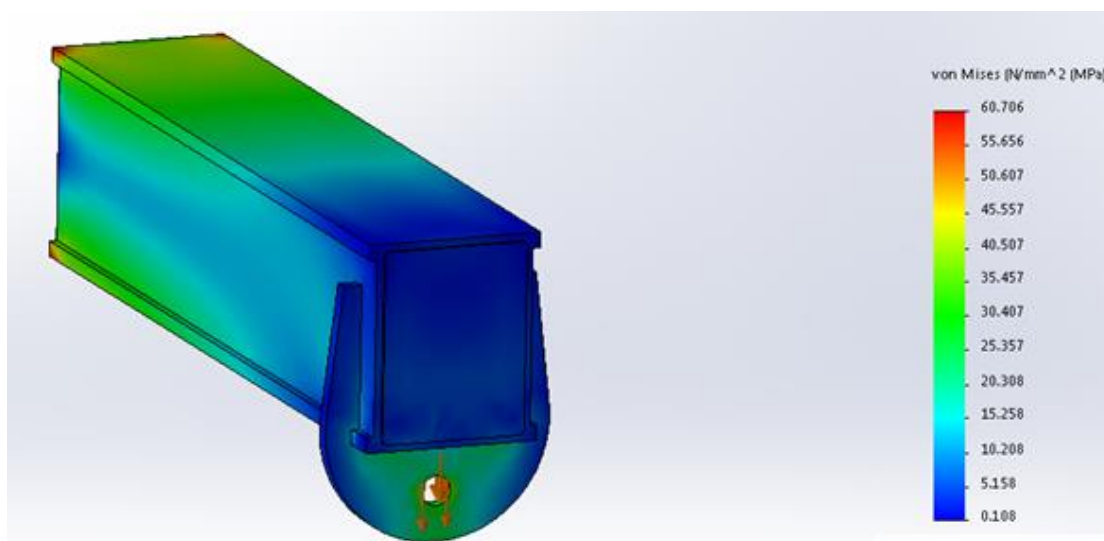
$$41,35 \approx 41,4^\circ$$

Arvutatud pöördväärtuseid kasutatakse A-portaali tugevusanalüüsid.

Lisa 3. LEM tugevusanalüüsid

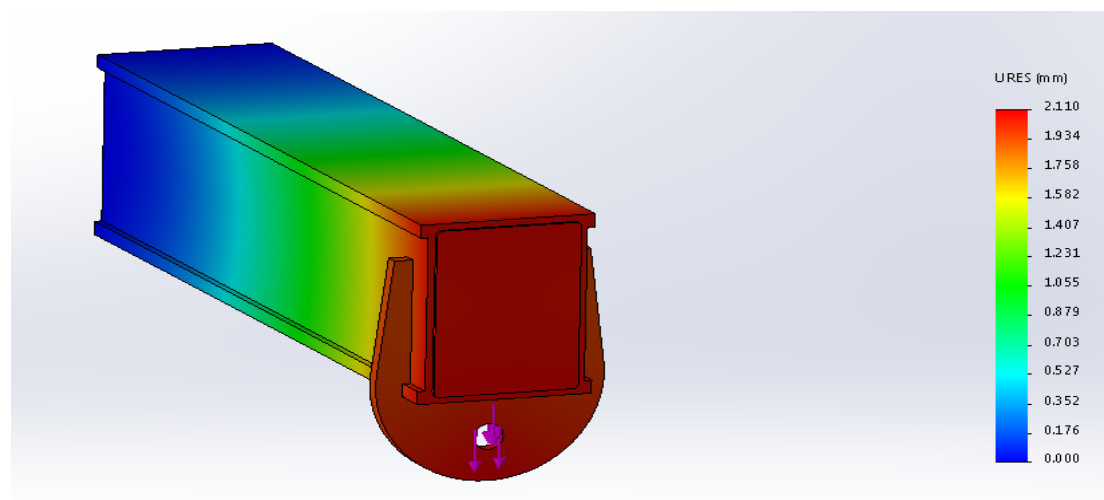
Tugevusarvutusteks kasutatakse Solid Works tarkvara Simulation keskkonda, mille abil leitakse konstruktsiooni olulisemates ja kriitilisemates punktides paiknevate detailide vastupidavusnäitajad. Simulatsioonis kasutatavad jõud arvutatakse eelnevalt (Vt. lisa 2.). Konstrueerimisel kasutatud materjaliks on alumiinium EN-AW 5083, mille voolavuspiiriks $R_{eH} = 240$ MPa. Arvutustel lähtutakse materjali lubatud normaalpingest pärast keevitust, milleks on 84 MPa. Detailide ohutustegur on valitud vastavalt merenduses kasutatavatele kraanade ja tõsteseadmetele kehtestatud reeglistikule 1,5 [10].

Teleskoopiliselt liikuval osal teekivad maksimaalsed pinged 60,706 MPa



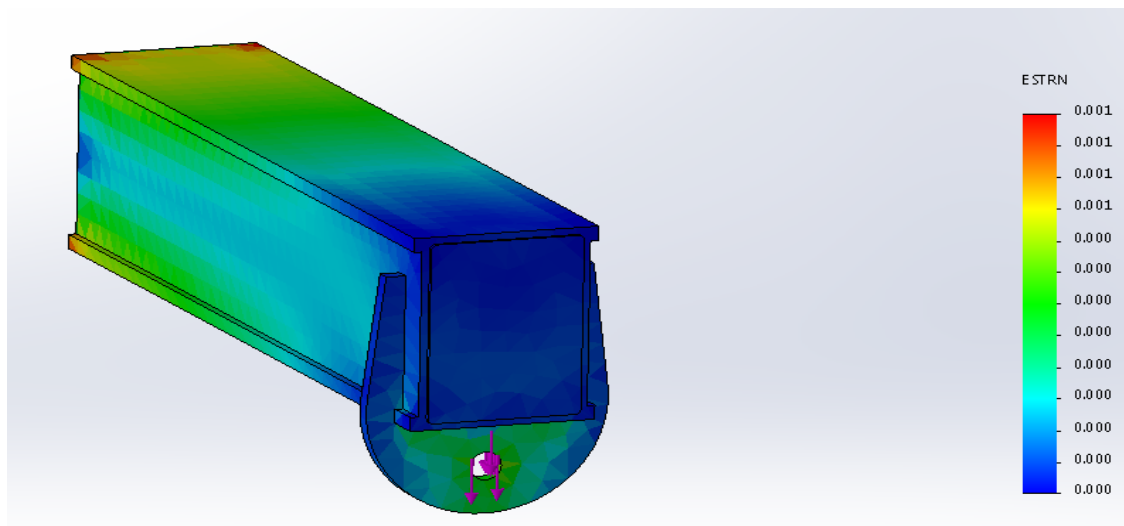
Sele 19. LEM analüüs

Teleskoopiliselt liikuva osa maksimaalne siire 2,110 mm



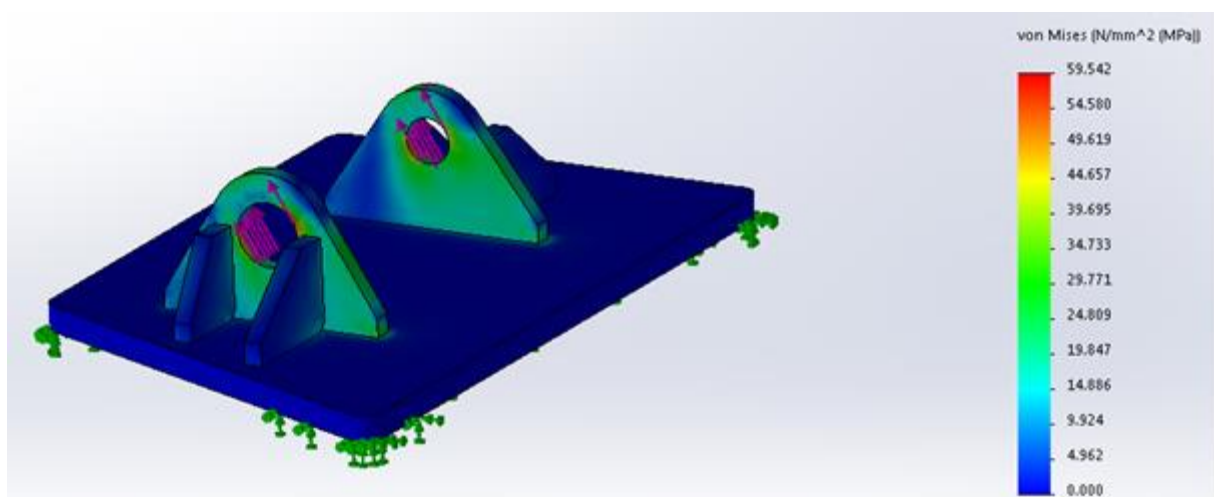
Sele 20. LEM analüüs

Teleskoopiliselt liikuva osa deformatsioon



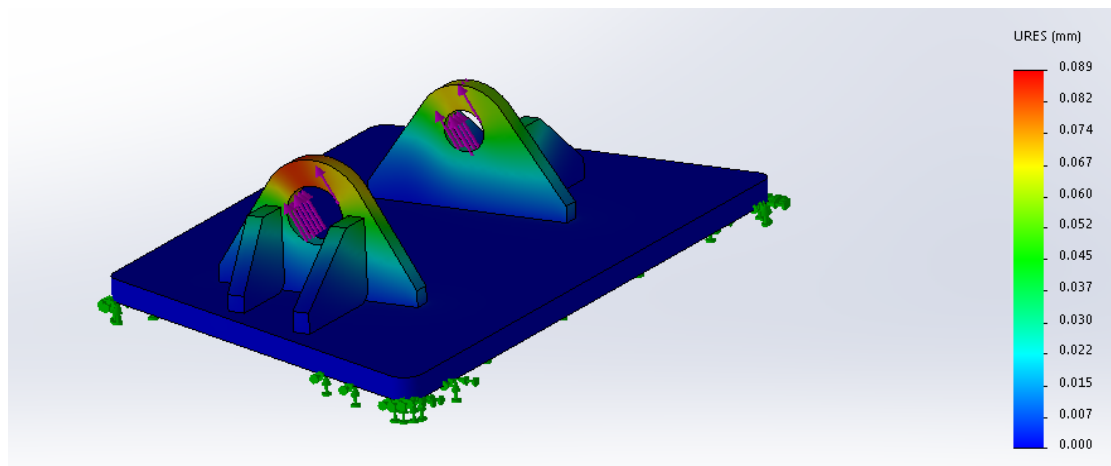
Sele 21. LEM analüüs

Konstruksiooni tekikinnitusel tekkivad maksimaalsed pinged 59,542 MPa



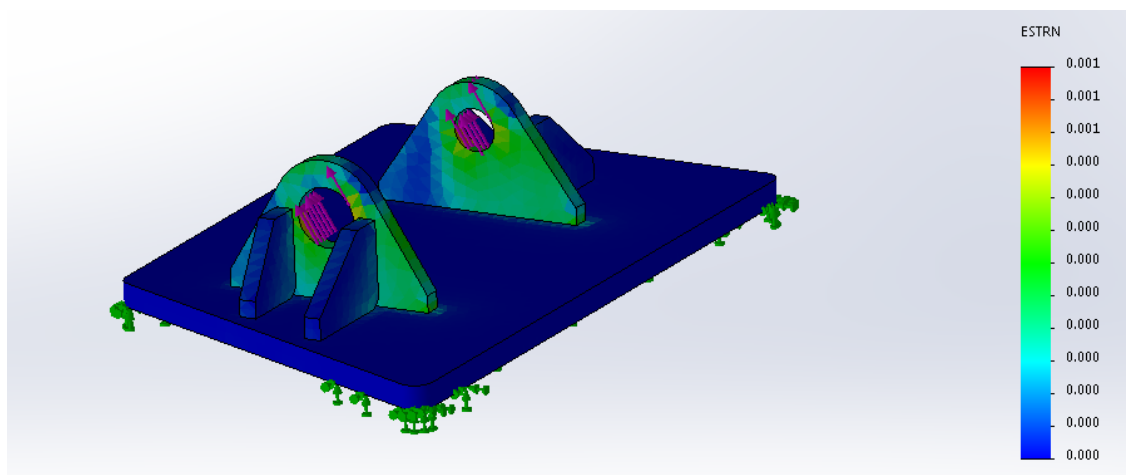
Sele 22. LEM analüüs

Konstruktsiooni tekikinnituse maksimaalne siire 0,089 mm



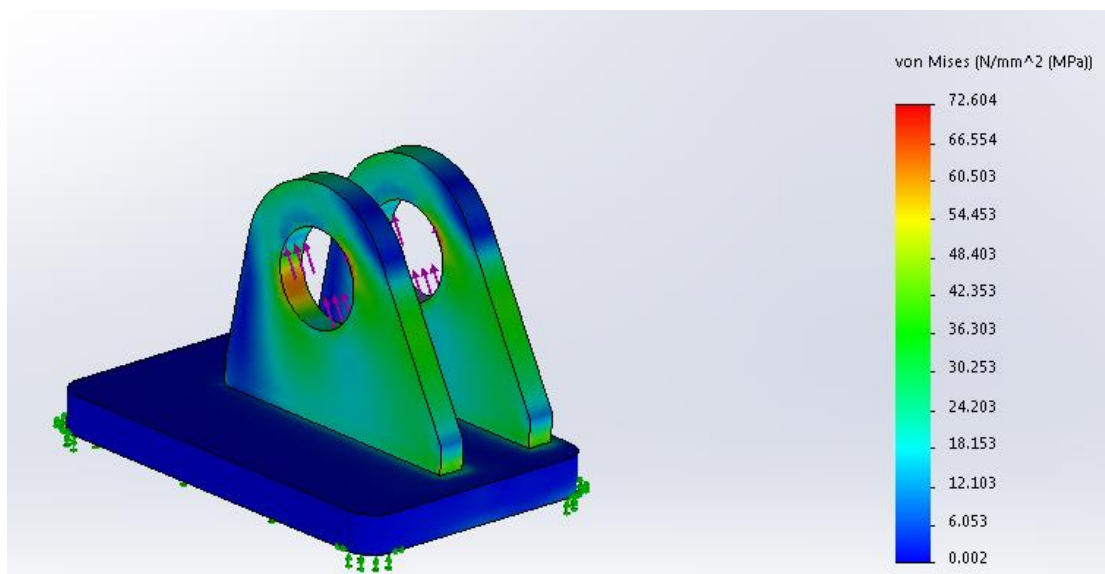
Sele 23. LEM analüüs

Konstruktsiooni tekikinnituse deformatsioon



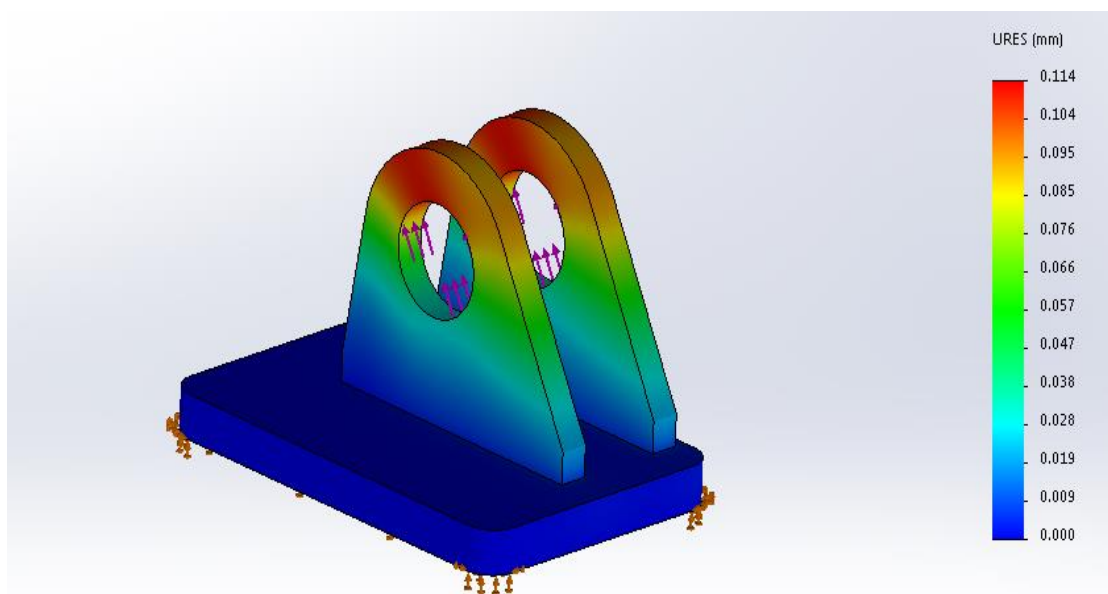
Sele 24. LEM analüüs

Silindri tekikinnitusel tekkivad maksimaalsed pinged 72,604 MPa



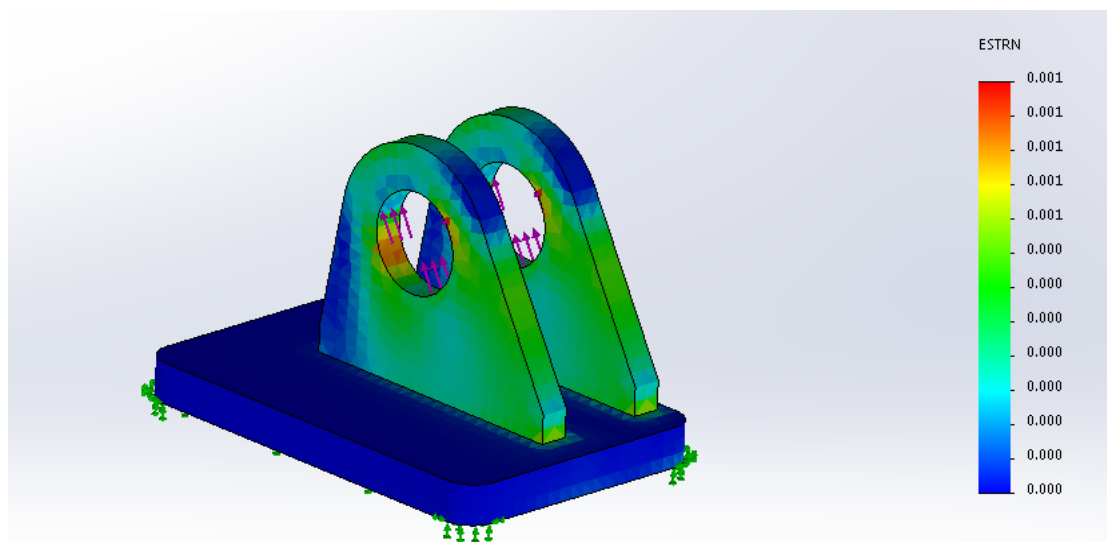
Sele 25. LEM analüüs

Silindri tekikinnituse maksimaalne siire 0,114 mm



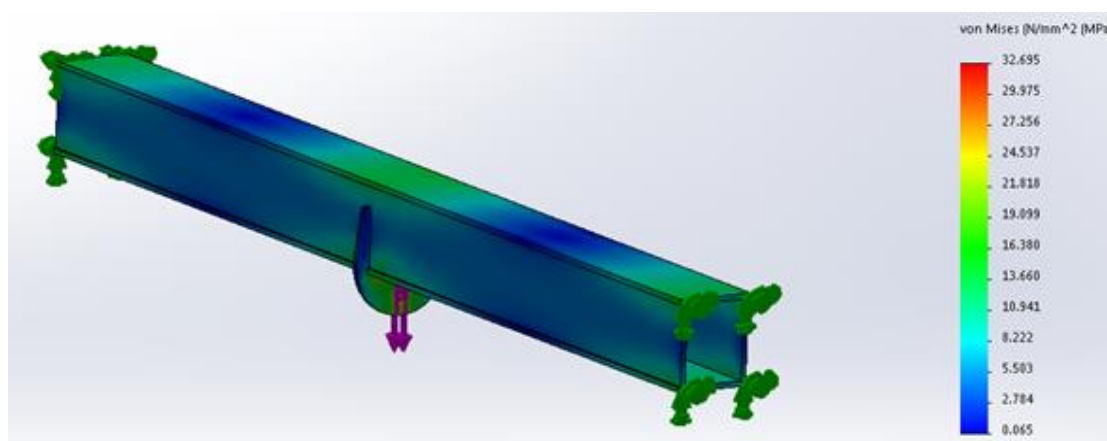
Sele 26. LEM analüüs

Silindri tekikinnituse deformatsioon



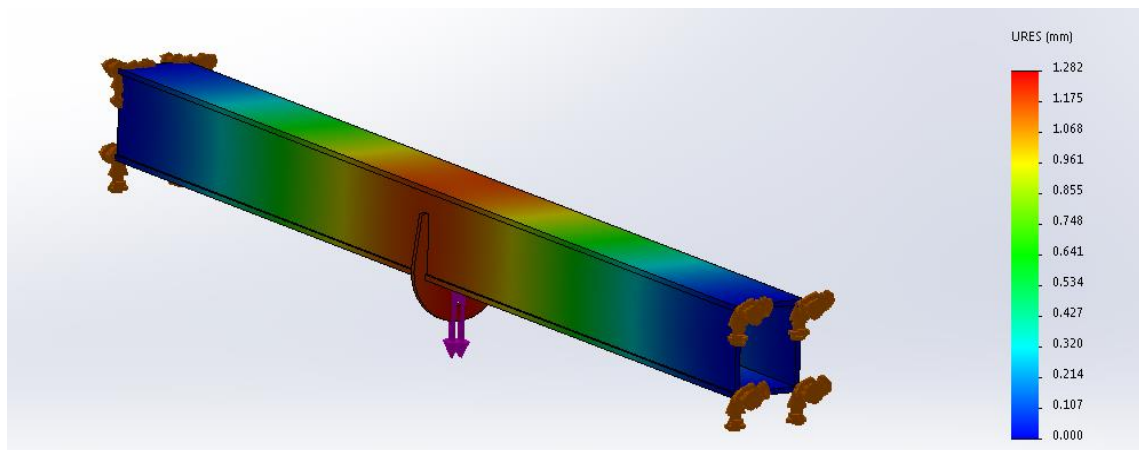
Sele 27. LEM analüüs

Ülemise talal tekkivad maksimaalsed pinged 32,695 MPa



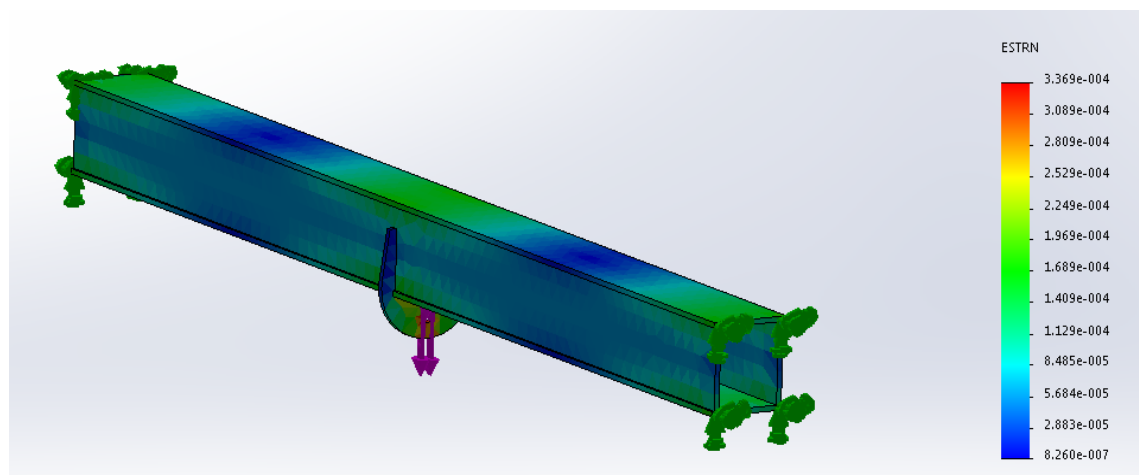
Sele 28. LEM analüüs

Ülemise tala maksimaalne siire 1,282 mm



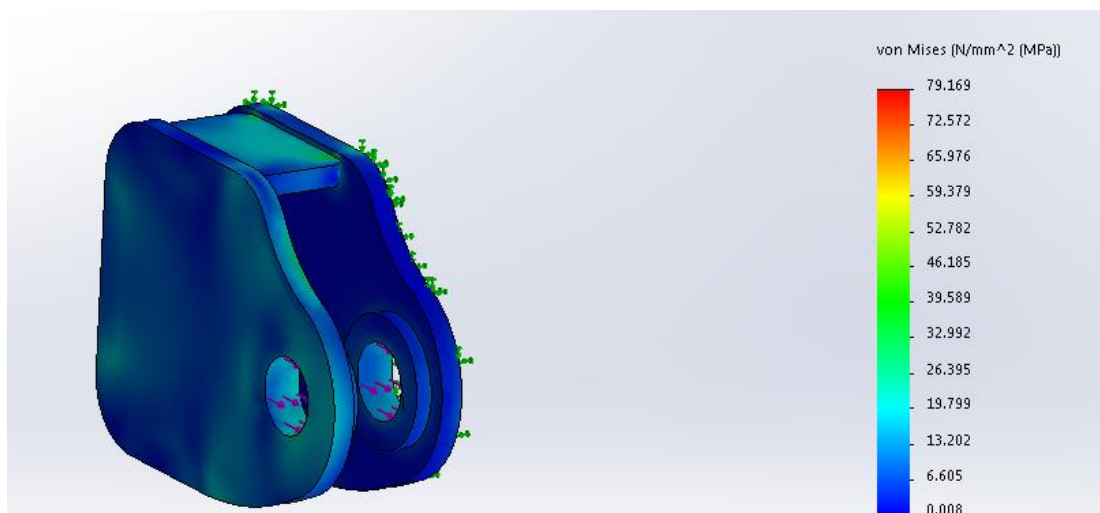
Sele 29. LEM analüüs

Ülemise tala deformatsioon



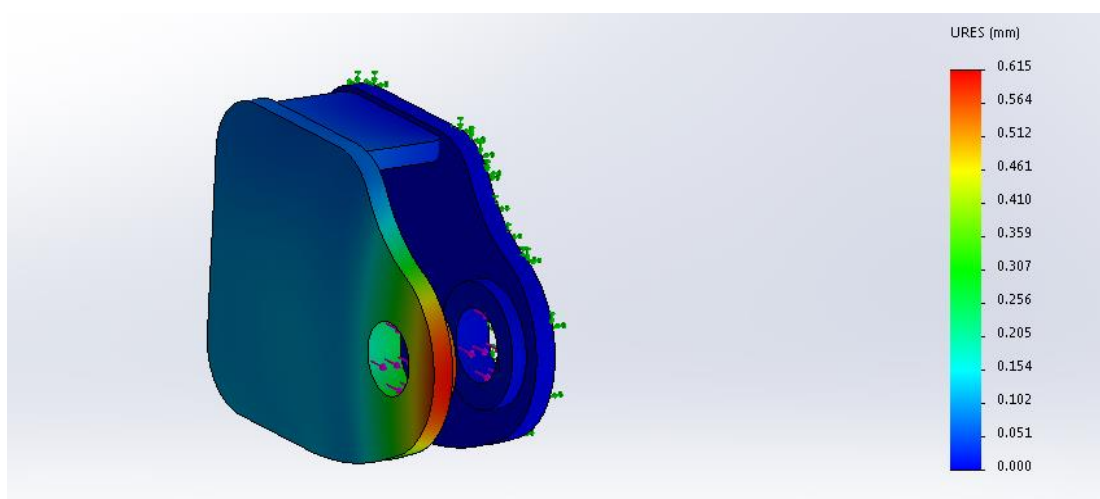
Sele 30. LEM analüüs

Silindri kinnituskõrva maksimaalsed tekkivad pinged 79,169 MPa

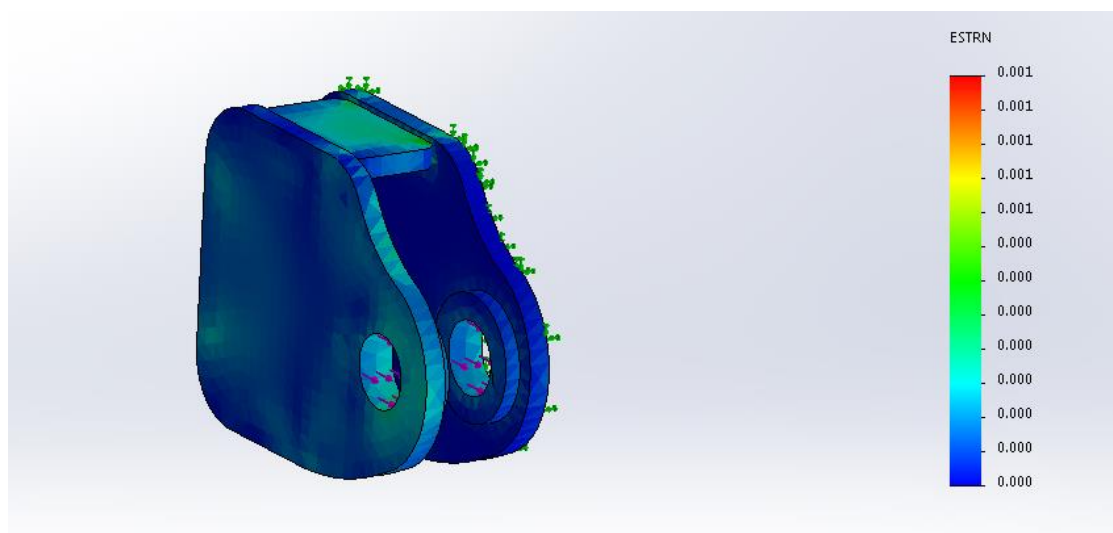


Sele 31. LEM analüüs

Silindri kinnituskõrva maksimaalne siire 0,615 mm



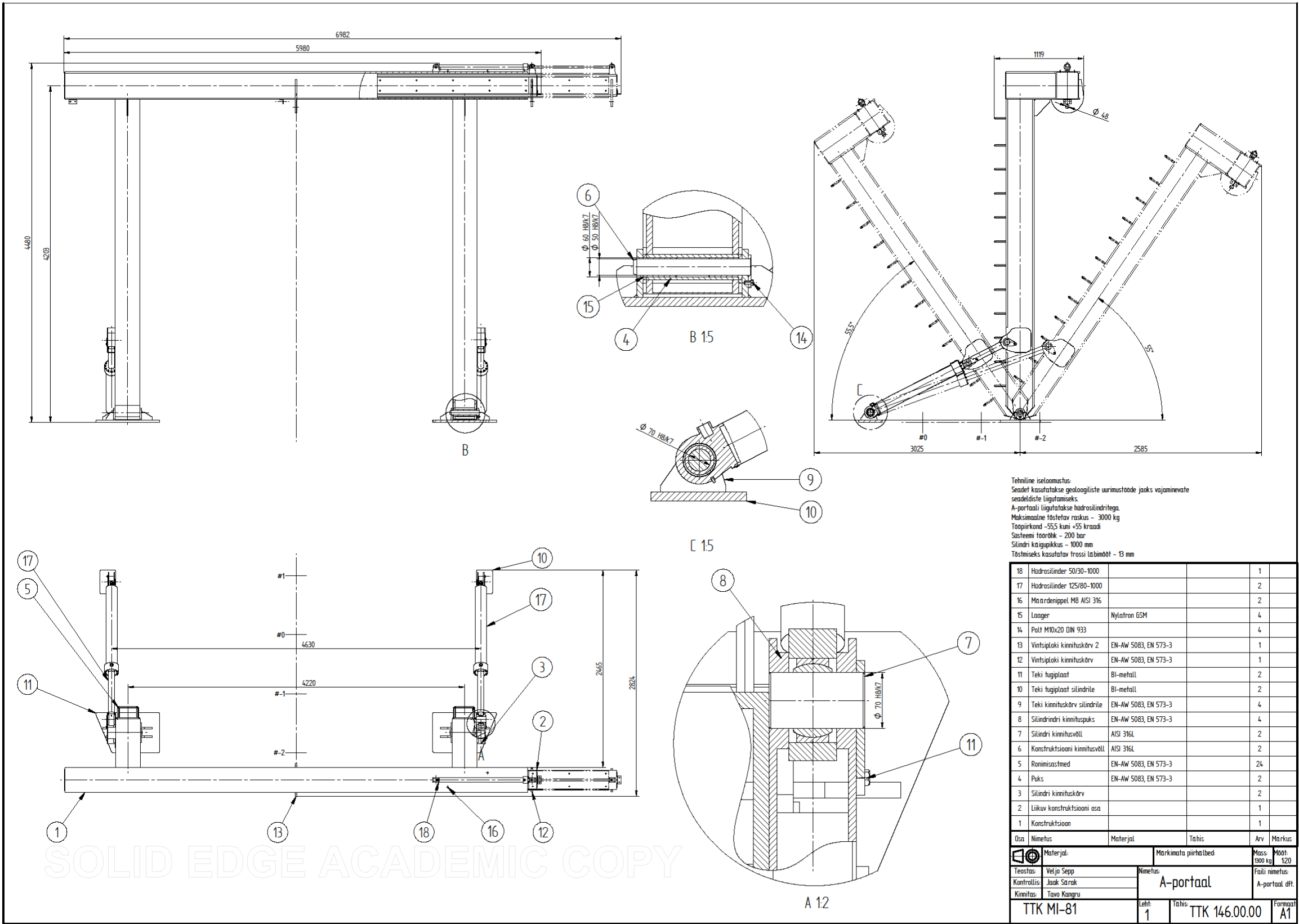
Sele 32. LEM analüüs



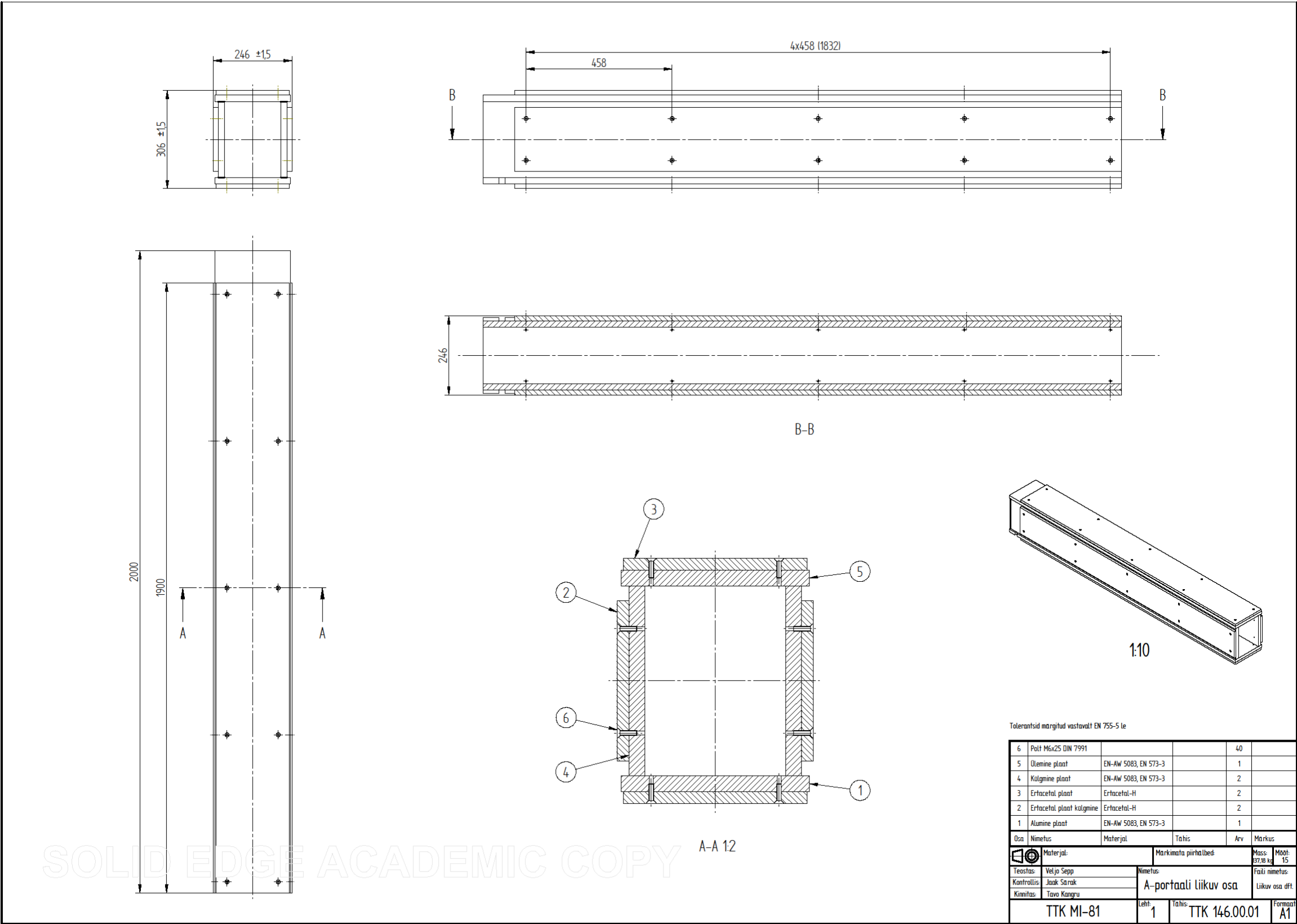
Sele 33. LEM analüüs

Detailides, millele teostati tugevusarvutused lõplike elementide meetodiga (LEM), tekkisid pinged, mis jäävad alla lubatud 84 MPa. Deformatsiooni suurused ei ületanud elastse deformatsiooni piire. Arvutuste tulemused kinnitavad materjali parameetrite valikut purunemata sealjuures mõjuvate jõudude toimet.

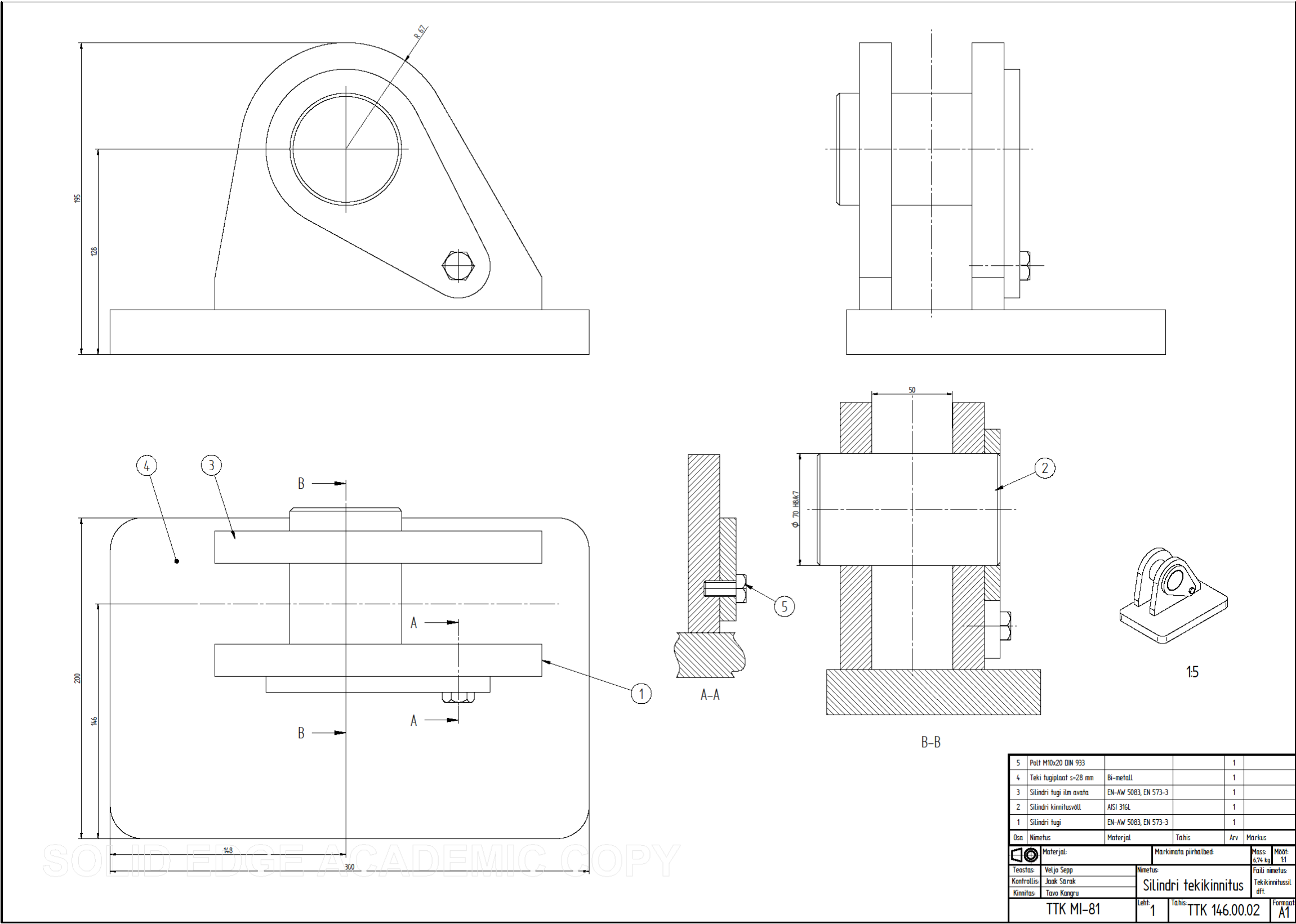
Lisa 4. Koostejoonis



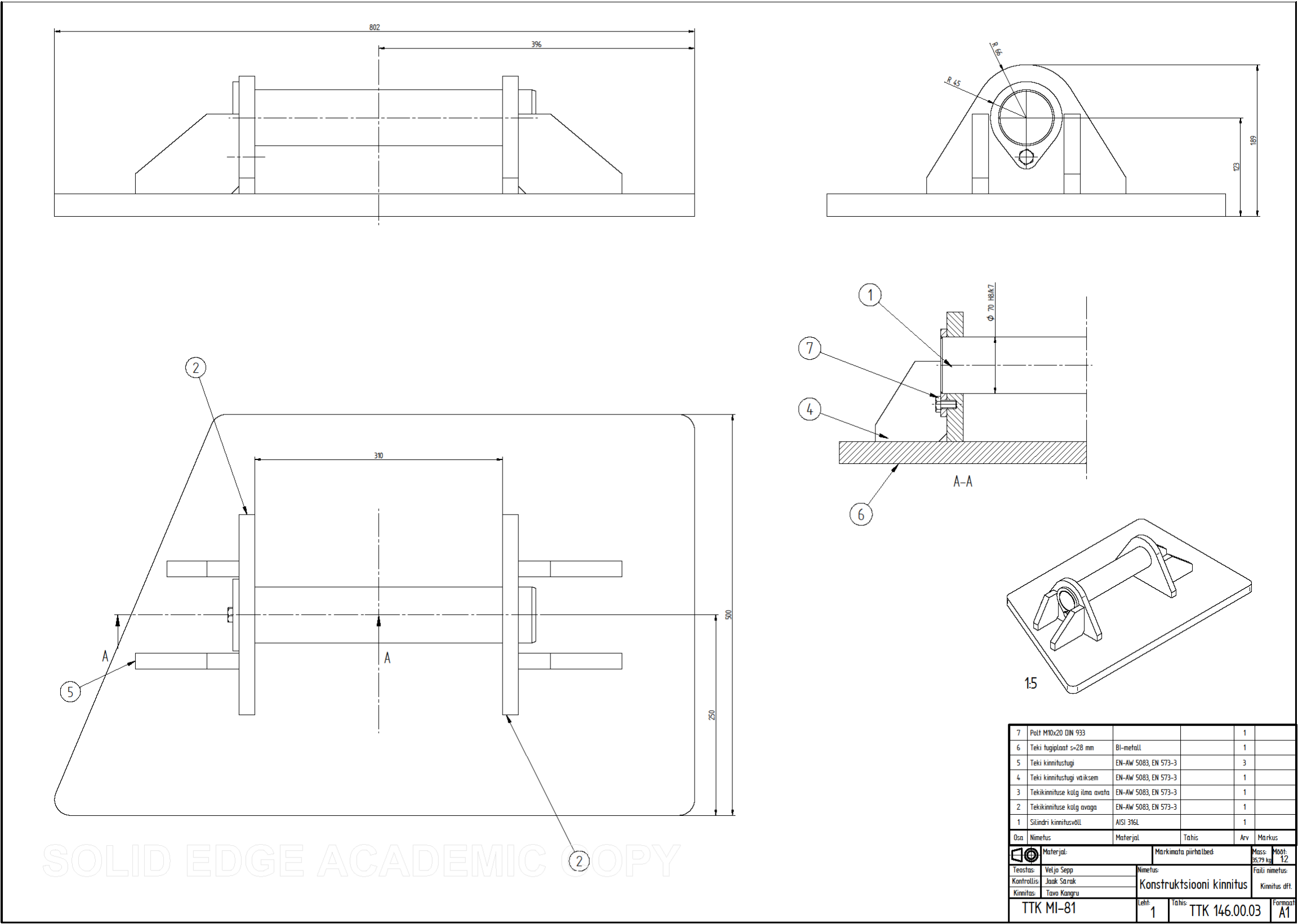
Lisa 5. Liikuv osa koostejoonis



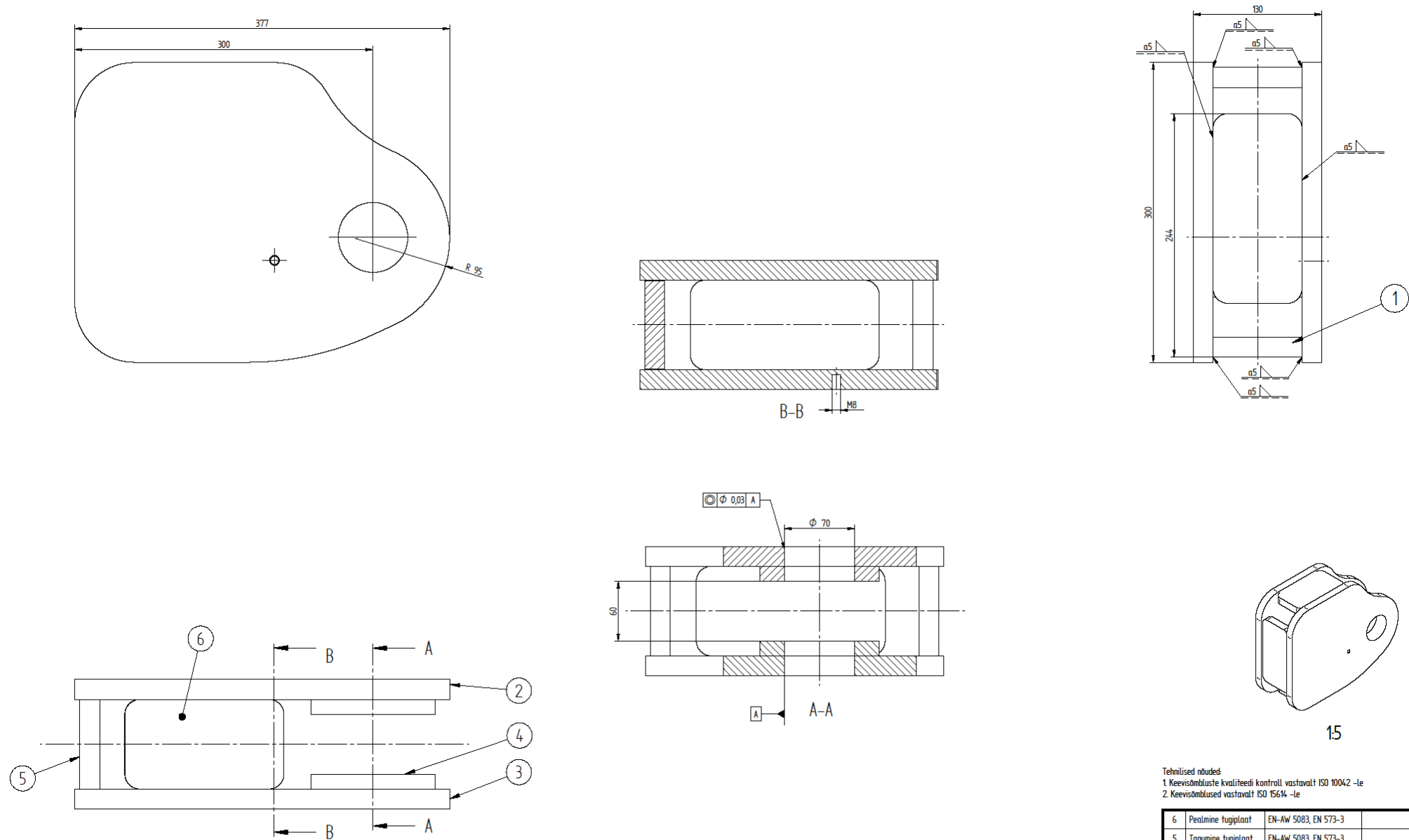
Lisa 6. Silindri tekikinnitus



Lisa 7. Konstruksiooni tekikinnitus



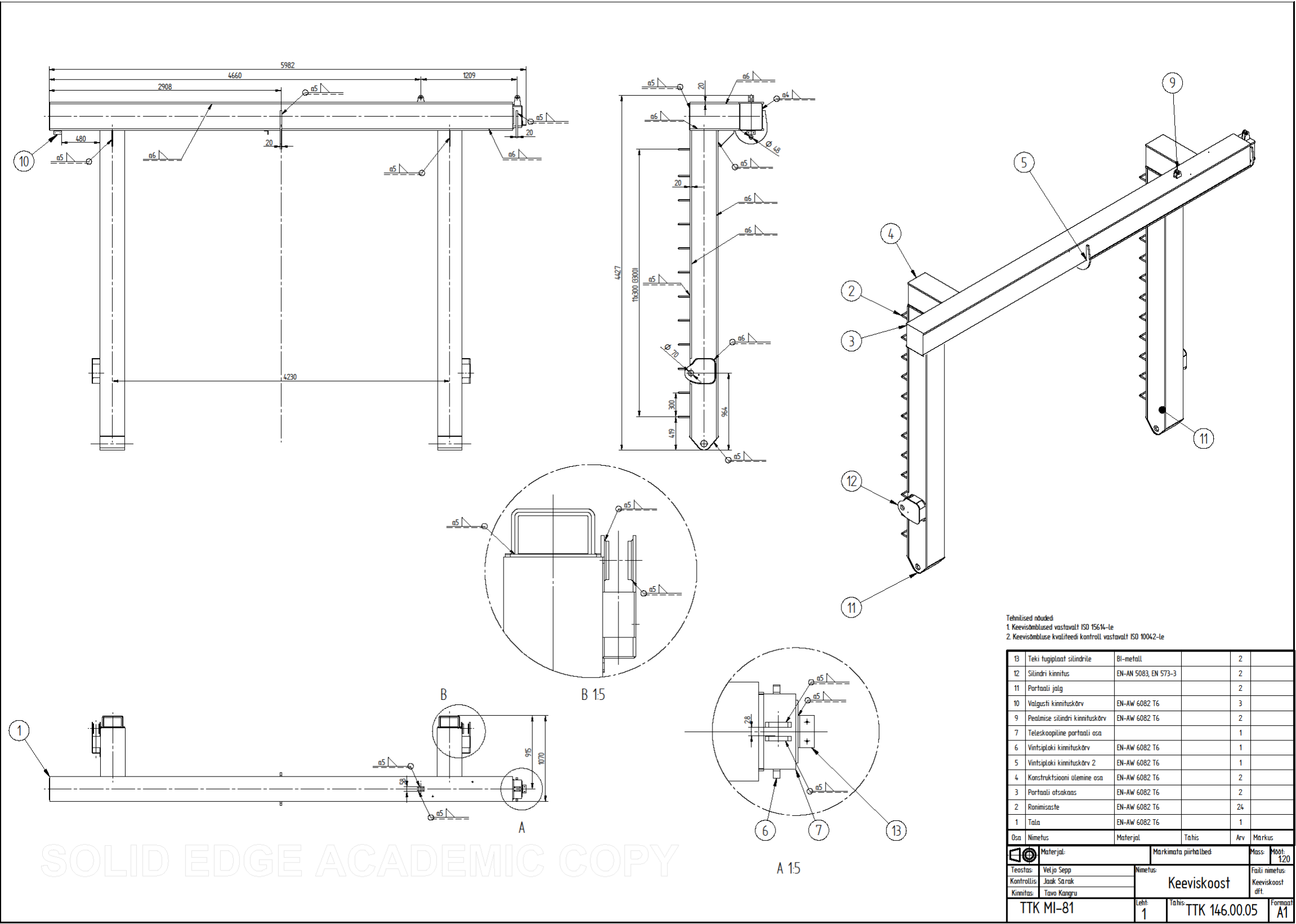
Lisa 8. Silindri kinnituskõrv



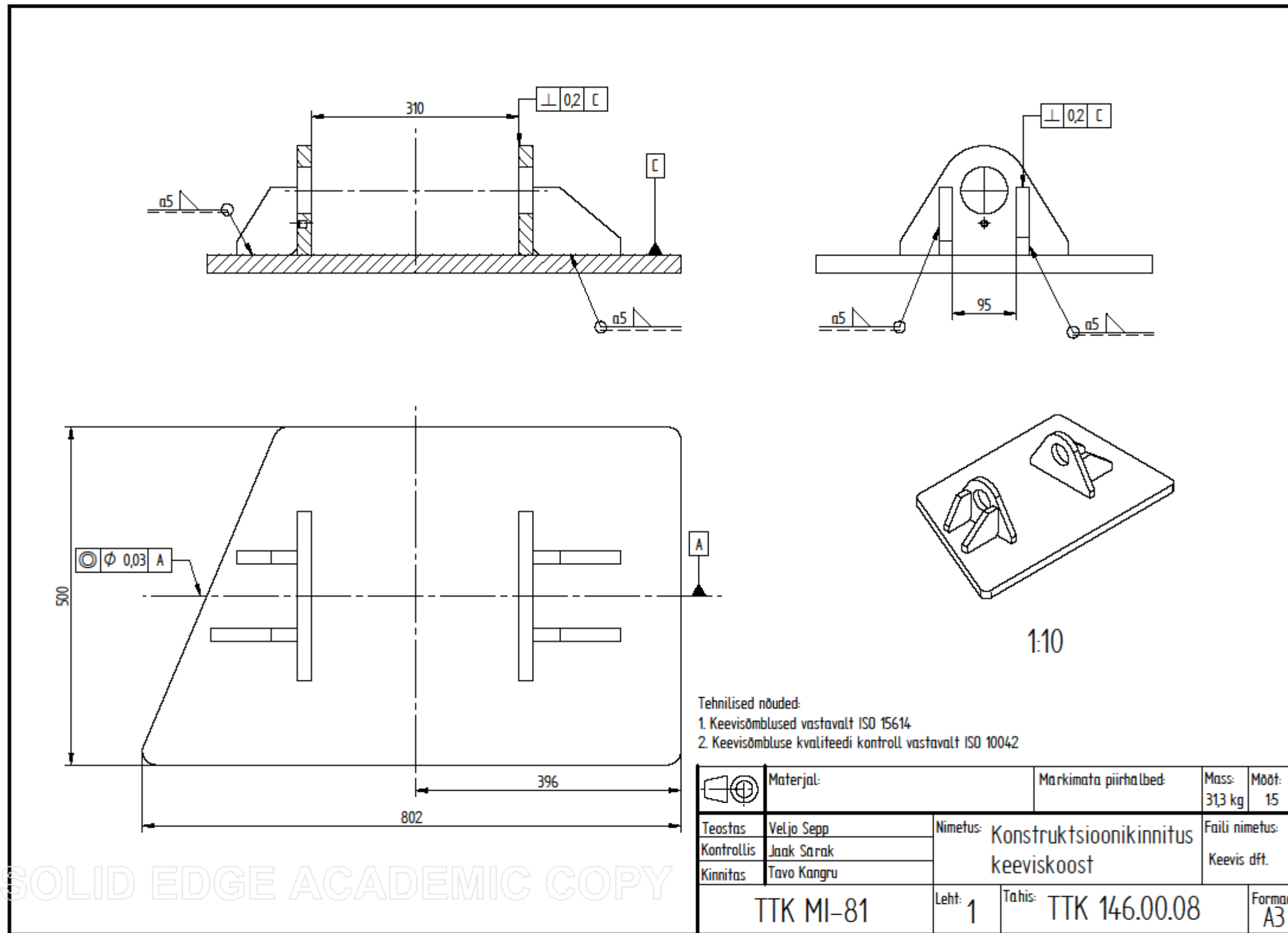
Tehnilised nõuded
1. Keevisõmbuluste kvaliteedi kontroll vastavalt ISO 10042 -le
2. Keevisõmbulused vastavalt ISO 15614 -le

6	Pealmine tugiplaat	EN-AW 5083, EN 573-3		1	
5	Tagumine tugiplaat	EN-AW 5083, EN 573-3		1	
4	Silindri kinnituspüks	EN-AW 5083, EN 573-3		2	
3	Kinnituskõrva kalg 2	EN-AW 5083, EN 573-3		1	
2	Kinnituskõrva kalg	EN-AW 5083, EN 573-3		1	
1	Alumine tugiplaat	EN-AW 5083, EN 573-3		1	
Osa		Nimetus	Materjal	Tahis	Arv
Mark		Markimata pinnalbed		Mass	Mõõt
Teostas		Nimetus		Faili nimetus	
Kontrollis		Silindri kinnituskõrv		Kõrv dft.	
Kinnitas		Tava Kangru			
TTK MI-81		Leht	1	Tahis	TTK 146.00.04
				Formaat	
				A1	

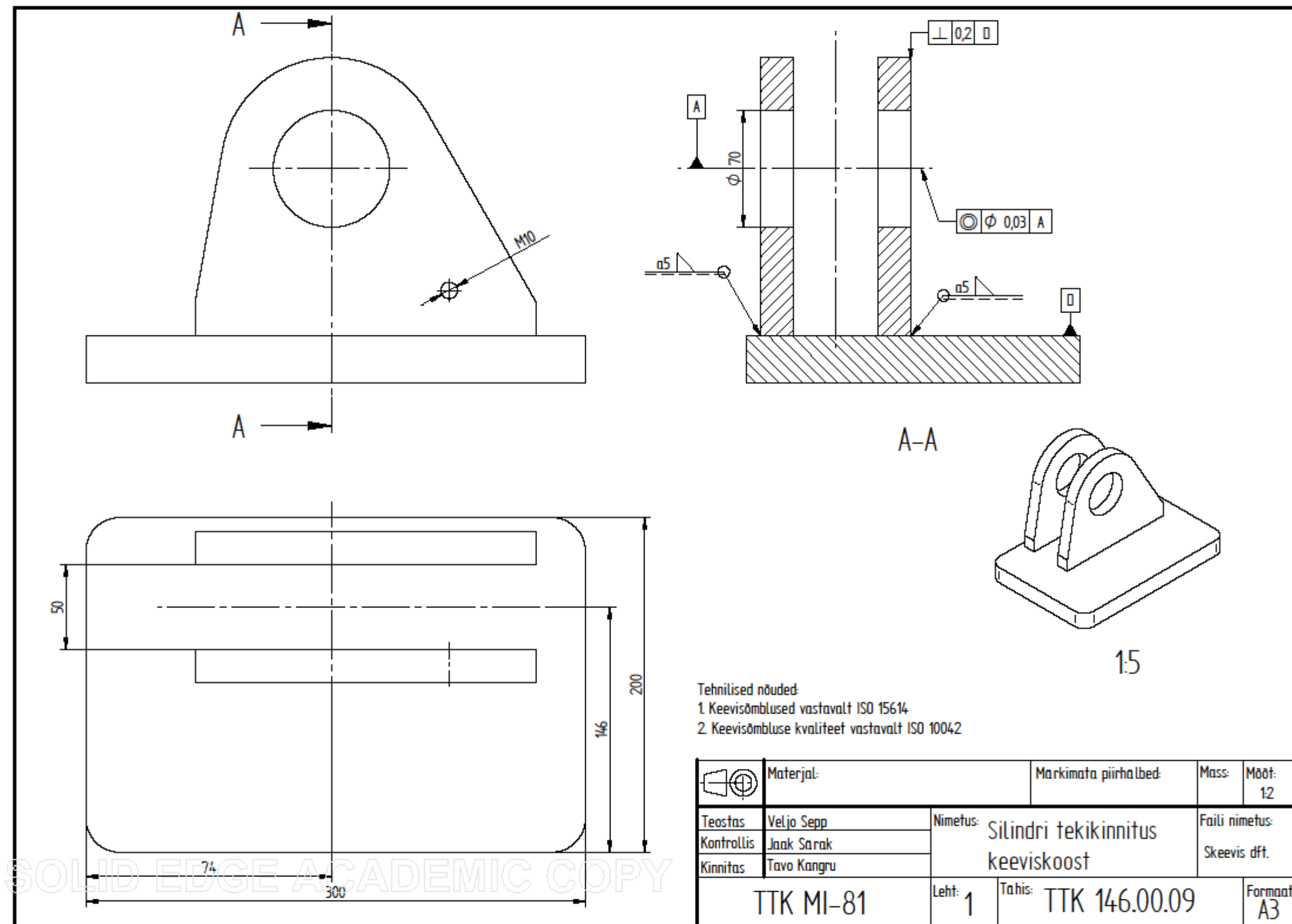
Lisa 9. Keeviskoostejoonis



Lisa 10. Konstruktsiooni tekikinnitus keevisjoonis



Lisa 11. Silindri tekikinnitus keevisjoonis



Lisa 12. Hüdraulika skeem

