



Markus Kalmet

KEEVITUSLAUA PROJEKTEERIMINE ALISETECHNIC OÜ NÄITEL

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Masinaehitus eriala

Tallinn 2022

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina Markus Kalmet,

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.

Juhendaja Ruubo Roots.

Kuupäev:

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Markus Kalmet

sünnikuupäev:

30.04.1997

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Keevituslaua projekteerimine Alisetechnic OÜ näitel

1. Reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle

Allkirjastatud digitaalselt kuupäev:

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. ETTEVÕTTE TUTVUSTUS.....	6
2. TÖÖ EESMÄRK.....	7
3. TURU ANALÜÜS	8
3.1. Ettevõtte GPPH keevituslaud	8
3.2. Demmeler	9
3.3. Siegmund	10
3.4. Hinnang turul pakutatavale keevituslaudadele	11
4. KEEVITUSLAUA PROJEKTEERIMINE	12
4.1. Keevituslaud	12
4.2. Keevituslaua raam	13
4.3. Materjali nimekiri	13
4.4. Jala alumine osa.....	15
4.5. Jala tõstemehhanism	15
4.6. Pöörlev alus	17
4.7. Kasutatud materjalid.....	18
4.8. Keevituse info.....	19
4.9. Tugevusarvutused.....	20
4.9.1 Trapetskeerme vastupidavus lõikele	20
4.9.2 Trapetskeerme lukustuse vastupidavus koormusele	22
4.9.3 Lauaraami tala läbipainde arvutus.....	23
5. MAJANDUSLIK OSA	25
5.1 Materjali kulu	25
5.2 Ostutoodete kulu.....	25
5.3 Toote omahinna kalkulatsioon.....	26
KOKKUVÕTE.....	28
SUMMARY	29
VIIDATUD ALLIKAD	30
LISAD	31
Lisa 1. ISO 2768-1	33
Lisa 2. Trapetskeerme elemendid.....	34
Lisa 3. Trapetskeerme kontroll.....	35
Lisa 4. Trapetskeerme info.....	36
Lisa 5. Koostu joonis.....	37

Lisa 6. Koostu lisavaade.....	38
Lisa 7. Laua raam	39
Lisa 8. Jala tõste mehhanism.....	40
Lisa 9. Pöörlev alus	41
Lisa 10. Keevis õmbluste joonis	42
Lisa 11. Jala alumine osa.....	43
Lisa 12. Jala detail 90x90x4.....	44
Lisa 13. Jala detail 100x100x4.....	45
Lisa 14. Jala tugiplaat.....	46
Lisa 15. Ratta kinnitus.....	47
Lisa 16. Laagripuki töötlus.....	48
Lisa 17. Lühike küljeplaat.....	49
Lisa 18. Pikk küljeplaat.....	50
Lisa 19. Laua plate	51
Lisa 20. Raami lühike detail.....	52
Lisa 21. Raami pikk detail.....	53
Lisa 22. Pöörleva plate riiuli detail 1	54
Lisa 23. Pöörleva plate riiuli detail 2	55
Lisa 24. Trapetskeermelati töötlus	56
Lisa 25. Völili töötlus.....	57
Lisa 26. Pöörleva aluse plate.....	58
Lisa 27. Pikk tugitala.....	59
Lisa 28. Lühike tugitala.....	60

SISSEJUHATUS

Lõputöö eesmärgiks on projekteerida ettevõtte Alise Technic OÜ (edaspidi lühendiga AT) jaoks uus keevituslaud.

Ettevõttel on vaja keevituslauda, mis oleks mobiilsem ja praktilisem kui hetkel olemas olevad keevituslauad.

Lõputöö koosneb ettevõtte tutvustusest, töö eesmärgist, turuanalüüsist, projekteerimisest ja majanduslikust osast.

Ettevõtte tutvustuses kirjeldatakse lühidalt ettevõtet, kus sai läbiviidud inseneripraktika ja kellele projekteeritakse keevituslaud.

Tööeesmärgi peatükis tuuakse välja olemasolevate keevituslaudade puudused ja ettevõtte poolt määratud nõuded uuele keevituslauale.

Turuanalüüsi peatükis vaadeldakse turul pakutavate sarnaste toodete hindu ja tehakse lühikirjeldus.

Projekteerimise peatükis analüüsitakse antud toote parameetreid. Projekteerimise alapeatükis tehakse tugevusanalüüs läbipainde vältimiseks ja trapetskeerme vastupidavuseks koormusele.

Majanduslikus osas arvutatakse projekteeritud koostu maksumus ja omahind.

Lõputöö viiakse läbi eesmärgiga projekteerida keevituslaud, mida oleks lihtne liigutada ja mis võimaldaks suuremate ning keerulisemate detailide valmistamist.

Laua omahind peaks jääma alla turul leitavate sarnaste toodete hinna.

1. ETTEVÕTTE TUTVUSTUS

Lõputöö viidi läbi ettevõttes AT. AT on väikese kollektiiviga ettevõte, hetkeseisuga 38 töötajat. Ettevõtte loodi 2000 aastal Eesti-Saksa ühissettevõtena. Ettevõttele on väljastatud ISO 9001 kvaliteedisertifikaat.

AT pakub allhankena tootmis- ja inseneriteenuseid metallpraktikaist komponentide ja koostude valmistamiseks, kasutades selleks laia valikut kaasaegseid töötlemistehnoloogiaid ja arvutiprogrammjuhtimisega seadmeid. Ettevõttel on aastatepikkune koostöökogemus erinevate tööstusharudes tegutsevate klientidega (masinachitus, transport, kommunikatsioon, elektrienergia tootmine, ehitus, mööblitööstus ja tööstusseadmed) Skandinaavias, Balti riikides ja Saksamaal. AT põhiklientide suurus varieerub väikeettevõtetest rahvusvaheliste suurkontsernideni. AT tegutseb Pärnus 4000 m² suurusel tootmispinnal.[1]

Ettevõtte 2020. aasta käive oli 2 782 015 €.

Ettevõtte mõned koostööpartnerid on:

- Incap OY, mis tegeleb peamiselt elektroonika tootmisega,
- Bronto Skylift Oy Ab, mis toodab erinevat kõrgustes töötamiseks mõeldud varustust,
- Extery OÜ, mis toodab erinevaid linnamööbli elemente.



Sele 1 Alisetechnik OÜ[1]

2. TÖÖ EESMÄRK

Töö eesmärk on projekteerida keevituslaud, mis vastaks ettenähtud parameetritele ja mille hind ei ületaks turul pakutavate laudade maksumust.

Keevitustööde juures on oluline, et töölaud oleks stabiilne ja keevitajale mugav kasutada. Stabiilne ja mugav töölaud tagab kiiremad ja kvaliteetsemad keevisõmblused.

Olemasolevad lauad on statsionaarsed ja nende kõrgust ei saa reguleerida. Ühte tüüpi laudadel on 16mm kinnitusavad tarvikute kinnitamiseks, kuid lauad on mõõtmetelt väikesed. Teised lauad on mõõtmetelt suuremad, kuid neil puuduvad tarvikute kinnitamiseks ettenähtud avad.

Uue keevituslaua projekteerimisel tuleb arvesse võtta, et see oleks valmistatav ettevõttes kohapeal ja et laua omahind ei ületaks turul leitavate sarnaste toodete hinda.

Laud peab olema kergesti liigutatav ja kuna tootmisruumide põrandad on ebatasased, siis peab olema laud igast nurgast eraldi looditav. Ettevõttes kasutatakse firma Siegmund [5] Ø16 mm avadele vastavaid tarvikuid keevisdetailide rakistamiseks, mis määrab lauaplate materjali paksuse ja avade suurused.

Uuele keevituslauale etteantud parameetrid:

- lauaplate materjali paksus 12mm
- kinnitusavad Ø 16 mm,
- kinnitusavade asetus 50x50 mm ruudustikus,
- tarvikuid võimalik kinnitada laua külgedele (2 rida avasid),
- kõrguse reguleerimise vahemik 750-900 mm,
- lauaplate alla tugiraam 50 mm paksune,
- lauaplate mõõtmed 1500x1000 mm,
- laua kandevõime 1t (sisaldab laua enda kaalu),
- lisada väike pöörlev alus silindriliste detaile keevitamise hõlbustamiseks,
- pöörlevale alusele jätta võimalus see vajadusel tulevikus motoriseerida.

3. TURU ANALÜÜS

Peatükis uuritakse projekteeritavale keevituslauale kõige sarnasemaid tooteid erinevatelt ettevõtetelt ning tuuakse välja nende peamised parameetrid ning maksumus. Täpsemad koondandmed on välja toodud (Tabel 1). Laudade maksumuse hulka ei ole arvestatud transpordi kulusid. Teiste samasugusete keevituslaudade olemasolul on võimalik kõiki laudu omavahel ühendada, saavutamaks suuremate mõõtmetega tööpind. Lisaks on kõigil keevituslaudadel lisatugevdus ribad.

Tabel 1 Keevituslaudade võrdlus

Laud:	GPPH	Demmeler	Siegmund	Projekteeritav
Mõõtmed (mm)	1500x1000	1500x1000	1500x1000	1500x1000
Külje kõrgus(mm)	200	150	100	150
Külje avade read (tk)	3	3	2	2
Avade ruudustik (mm)	100x100	50x50	50x50	50x50
Avade töötlus	Freesitud	Freesitud	Freesitud	Laserlõikus
Kõrguse reguleerimise vahemik (mm)	880-930		700-1000	700-950
Kandevõime(t)	2	2,4	2	1,2
Laua kaal(kg)	300		281	290
Laua hind (€)	1939	2147	2190	1200

3.1. Ettevõtte GPPH keevituslaud

GPPH on Poola päritolu ettevõtte. Nende peamiseks tegevusalaks on keevituslaudade ja rakistuselementide tootmine ja müümine. GPPH laua (vt Sele 2) maksumus on 1719 € ja iga rattaga jalg maksab lisaks 55 €, mis teeb laua kogumaksumuseks 1939 €. Laud on toodetud S355J2+N terasest. Toodetud vastavalt ISO 2768-1 standardile (vt lisa 1 [3]).



Sele 2 Ettevõtte GPPH keevituslaud standardjalgadega [3, lk 25]

3.2. Demmeler

Järgmisena sai vaadatud Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. K firma keevituslauda (vt Sele 3). Demmeler on Saksa päritolu ettevõtte, kes tegeleb erinevate masinaehitus tehnoloogiate arendamise ja tootmisega. Demmeler laua maksumus on 2147 €. Hind sisaldab nelja lauajalga, millel on piduritega rattad ja kõrguse reguleerimise võimalus kuni 30 mm. Ettevõtte pakub ka suurema kõrguse reguleerimis võimalusega jalgu 350 mm, kuid need on ilma ratasteta ja kõrgema hinnaga. Keevituslaua kaalu ja kõrgust ei leidunud ettevõtte kodulehel.



Sele 3 Ettevõtte Demmeler laua plaat [4]

3.3. Siegmund

Veel sai uuritud firma Bernd Siegmund GmbH keevituslauda „Profesional 750“ seeriast. Siegmund on Saksa päritolu ettevõte, mille peamiseks tegevusvaldkonnaks on keevituslauda süsteemide arendamine ja tootmine. Antud ettevõtte laua maksumus on 2190 €. Hind sisaldab nelja lauajalga, millel on piduritega rattad ning mis tagavad laua kõrguse reguleerimist vahemikus 700-1000 mm. Laud on toodetud S355J2+N terasest.



Sele 4 Ettevõtte Siegmund keevituslaud standardjalgadega [5]

3.4. Hinnang turul pakutatavale keevituslaudadele

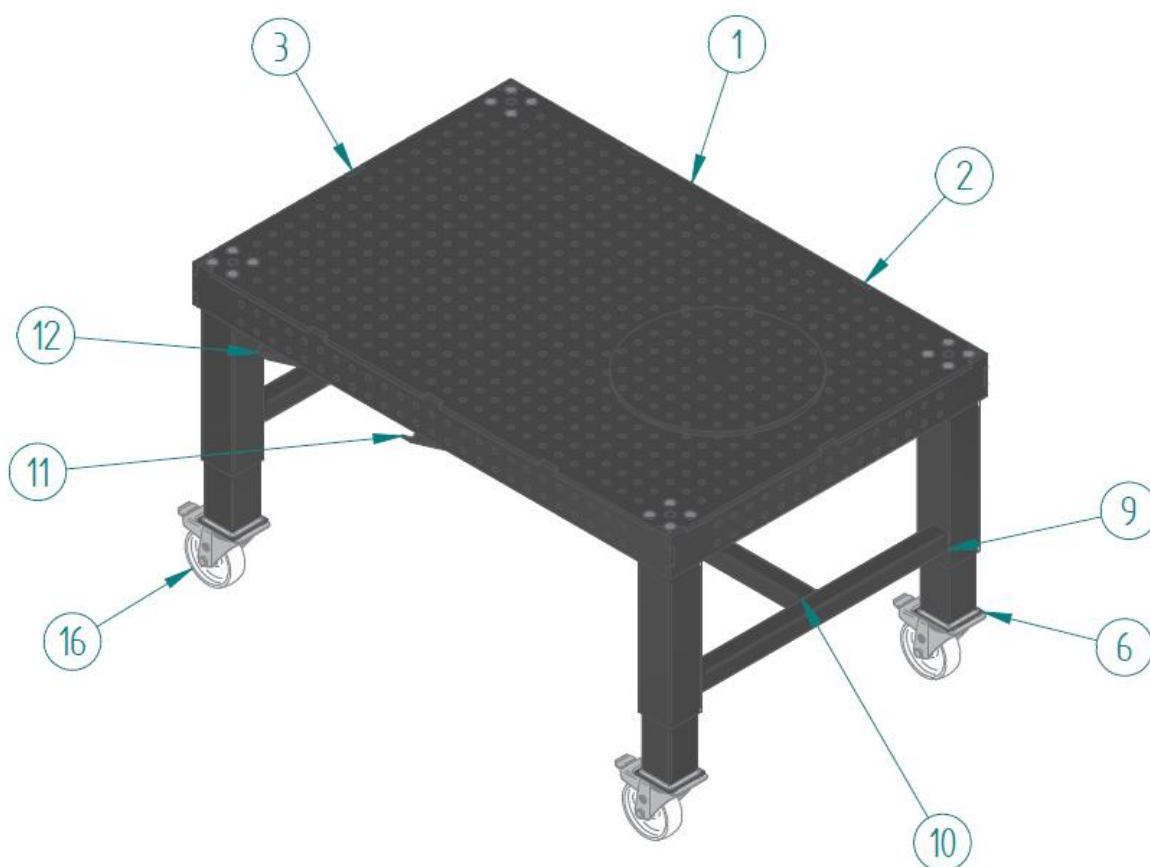
Turul pakutavad lauad on tunduvalt kallimad võrreldes ettevõttes kohapeal toodetava lauaga. Lisaks puudub turul pakutavatel laudadel pöörleva aluse funktsioon ja lauajalgade kõrguse reguleerimine on aeganõudvam ja tülikam kui projekteeritaval keevituslual. Samas on turul pakutavatel laudadel parem pinnatöötlus, mis tagab tarvikute sujuvama kasutamise ja parema pritsmekindluse.

4. KEEVITUSLAUA PROJEKTEERIMINE

Projekteerimise peatükis on väljatoodud koostu osad ning on kirjeldatud nende projekteerimise põhjuseid. Alamkoostud on lahti seletatud ja nende tööpõhimõtte väljatoodud. Detailid projekteeriti arvestusega, et nende valmistamisel on võimalik kasutada laserlõikust, painutust, stantsi ning trei- ja freespink.

4.1. Keevituslaud

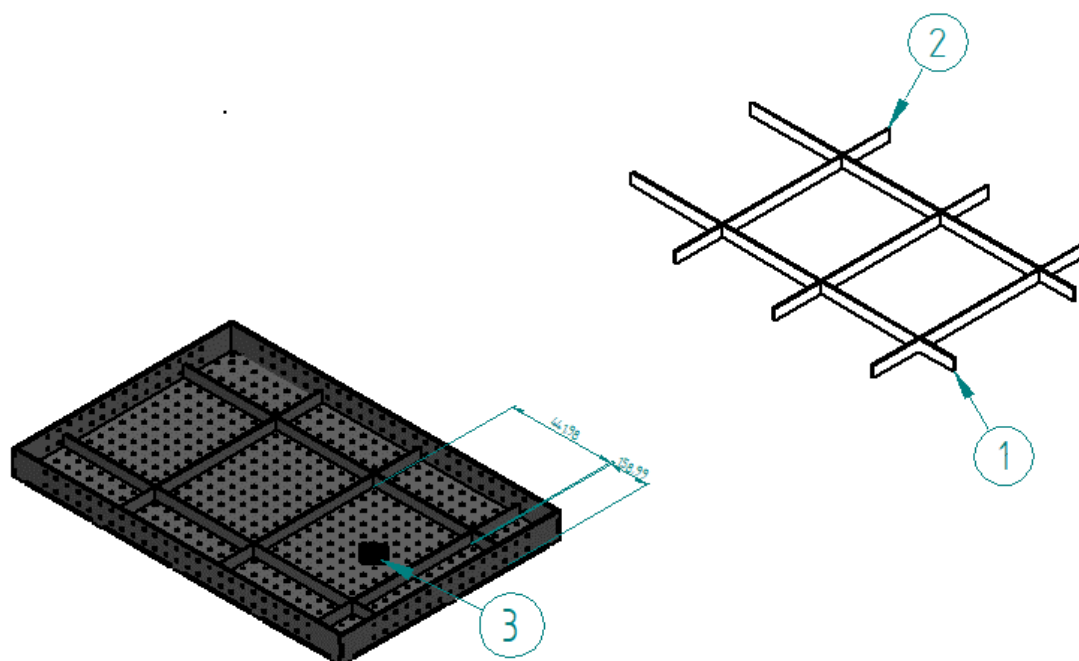
Keevituslaual on neli eraldi reguleeritava kõrgusega jalga (vt Sele 5 punkt 6), lukustuvad rattad (vt Sele 5 punkt 16) ja pöörlev alus (vt Sele 9), mida on võimalik vajadusel eemaldada ja asetada laua all riulisse (vt Sele 5 punktid 11-12), et mitte takistada suuremate detailide valmistamist.



Sele 5 Keevituslaud

4.2. Keevituslaua raam

Keevituslaua tugiraam (vt Sele6) koosneb viiest ristküliku kujulise läbilõikega talast, mõõtmetega 12x50 mm. Raam asetseb selliselt, et see ei segaks tarvikute kinnitamist lauaavadesse.



Sele 6 Raam

4.3. Materjali nimekiri

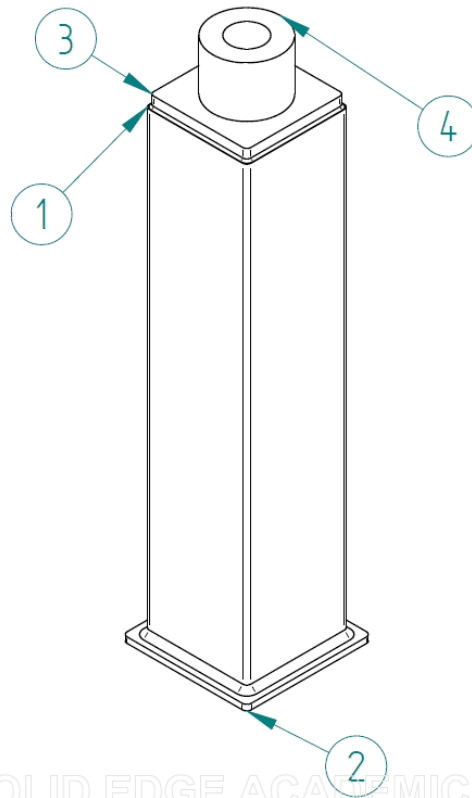
BOM-tabelis (Bill of materials-Materjali nimekiri) (vt Tabel2) on välja toodud keevituslaua koostu valmistamiseks vajaminevad detailid. Ostutooted on pärit tracepart [6] veebikataloogist.

Tabel 2 Keevituslaua BOM

NR	Faili nimi	Autor	Kogus
1	Plate	Markus	1
2	Külg_pikk	Markus	2
3	Külg_lüh	Markus	2
4	Raam	Markus	1
5	Jalg_100	Markus	4
6	jalg 90	Markus	4
7	Laager ucf 204	TraceParts S.A	4
8	Trapets	Markus	4
9	Tugi_lüh	Markus	2
10	Tugi_pikk	Markus	1
11	Riul1	Markus	1
12	Riul2	Markus	1
13	Laager ucf 205	TraceParts S.A	1
14	Polt_din_933-m12x25-10_9-a	TraceParts S.A	4
15	Polt_din_7991-m14x25-8_8	TraceParts S.A	16
16	Ratas	Markus	4
17	Üplate	Markus	1
18	Võll	Markus	1

4.4. Jala alumine osa

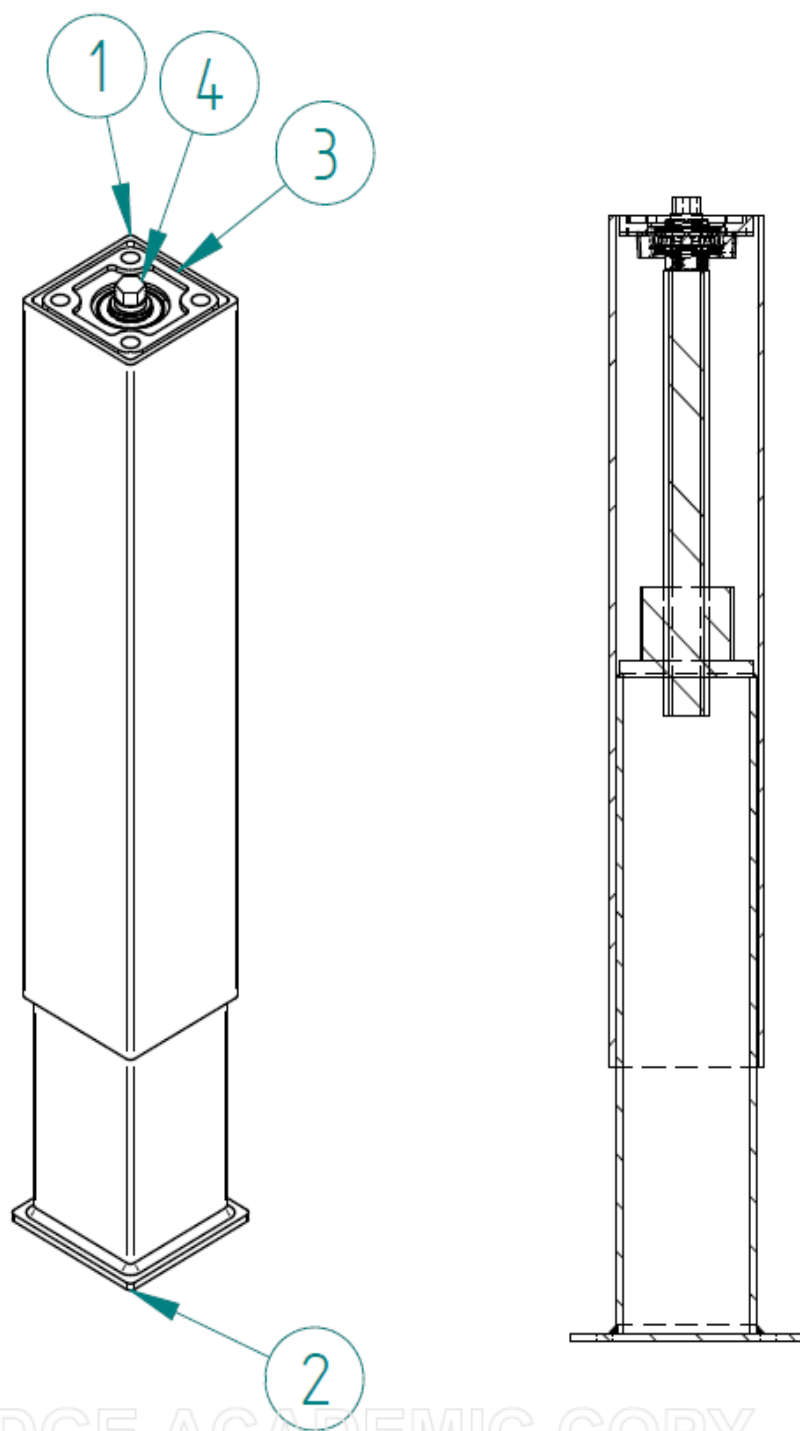
Jala alumine osa on valmistatud 90x90x4 terasest nelikantprofiilist (vt Sele 7 punkt 1), kahest terasplaadist (vt Sele 7 punktid 2-3) ja trapetskeermega mutrist (vt Sele 7 punkt 4).



Sele 7 Jala alumine osa

4.5. Jala tõstemehhanism

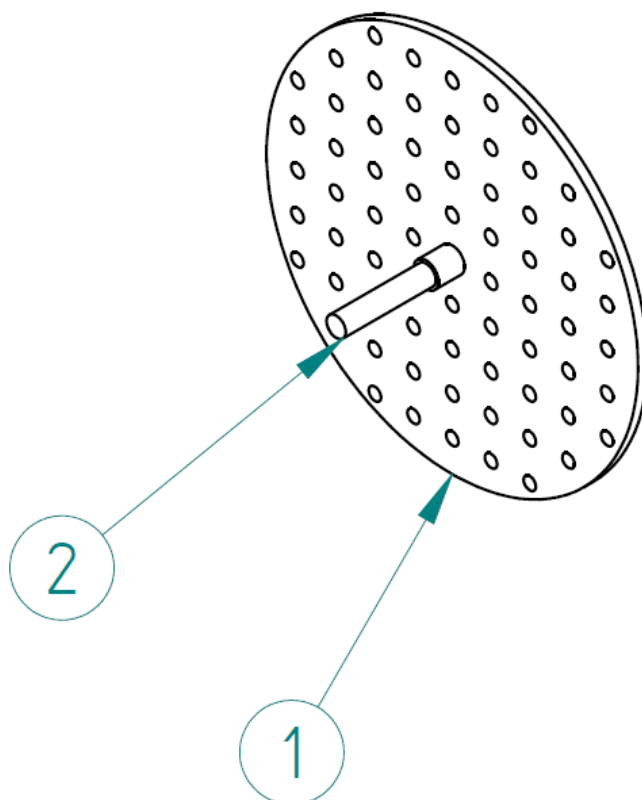
Jalaraam koosneb kahest osast: alumisest (vt Sele 7) ja ülemisest, mis on valmistatud 100x100x4 terasest nelikantprofiilist (vt Sele 8 punkt 1). Sisemine süsteem koosneb laagripukist (vt Sele 8 punkt 3) ja töödeldud otsaga trapetskeermelatist (vt Sele 8 punkt 4). Trapetskeere sai valitud, sest see kannatab suuri koormuseid ja on iselukustuv. Trapetskeermets on töödeldud vastavalt 17 padrunvõtme mõõtmetele.



Sele 8 Jala tõstemehhanism

4.6. Pöörlev alus

Plate külge on keevitatud võll (vt Sele 9 punkt 1), mis toetub laagripukile (vt Sele 6 punkt 3), mis asetseb lauaplate alumisel küljel. Vajadusel on alus eemaldatav ja seda on võimalik asetada laua küljes asuvasse riiulisse (vt Sele 5 punktid 8-9). Plate on projekteeritud nii, et hiljem oleks võimalus võlli külge kinnitada mootor, mis pööraks alust automaatselt.



Sele 9 Pöörlev alus

4.7. Kasutatud materjalid

Materjali valik sai tehtud peamiselt kolme parameetri järgi:

- Materjalile vajalikud nõuded, mis on kõige olulisemad ja mida ei olnud võimalik muuta.
- Materjalid, mis olid kohapeal võtta. Enamus lehtmaterjali oli ettevõttel juba laos olemas ja vastasid eelnevalt paika pandud materjali nõuetele.
- Materjalide tarne. Juurde ostetud materjalid said valitud paremate tarnetingimuste põhjal. Osa materjali, mida plaaniti algselt kasutada, tuli ümber muuta, sest tarneajad olid liiga pikad või osutus materjali hind liiga suureks.

Laua valmistamisel kasutatakse kahte eri tüüpi S355 terast (vt Tabelid 3-4).

Tabel 3 Terase S335J2H keemiline koostis ja mehaanilised omadused [6]

S335J2H						
Koostis:	C Max. (%)	Si Max. (%)	Mn Max. (%)	P Max. (%)	S Max. (%)	N Max. (%)
	0.22	0.55	1.6	0.03	0.03	-
Omadused:	Voolavuspiir (Mpa)	Tõmbetugevus (Mpa)	Pikenemine(%)	Purustustöö (J) -20°C	Tihedus(g/mc ³)	
	355	470-630	22	27	7,8-7,9	

Tabel 4 Terase S355MC keemiline koostis ja mehaanilised omadused [6]

S355MC						
Koostis:	C Max. (%)	Si Max. (%)	Mn Max. (%)	P Max. (%)	S Max. (%)	N Max. (%)
	0.12	0.5	1.5	0.025	0.02	-
Omadused:	Voolavuspiir (Mpa)	Tõmbetugevus (Mpa)	Pikenemine(%)	Purustustöö (J) 20°C	Tihedus(g/mc ³)	
	355	430-550	19	27	7,8-7,9	

4.8. Keevituse info

Keevitamisel on kasutatud Esab (vt Sele 10) firma keevitusaparaat Origo Mig C340 PRO 4WD V/A, koos ELGACORE DWA50 1,2mm (vt Tabel 5) traadiga, mille voolavuspiir on 540 Mpa ja tõmbetugevus 600 Mpa. Kaitsegaasiks kasutatakse gaasisegu, mis sisaldab 80% argooni ja 20% CO₂-te. Keevitajal on kutsetunnistuse tase 5, mis vastab 9606-1 standardile. Suurem osa keevisõmblusi on põkkõmblused, kõrgusega 3 mm ja väiksematel detailidel 2 mm (vt Lisa 10). Lisaks on kasutatud pilu keevisõmblust lauaplate ja raami omavaheliseks ühendamiseks, mis hiljem lihvitakse siledaks. Keevitusae on kokku 4 tundi ja 27 minutit.

Tabel 5 Keevitraadi keemiline koostis

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Tavaline sisaldus(%)	0.06	0.5	1.4	0.015	0.007	-	-
Max sisaldus(%)	0.18	0.9	1.75	0.03	0.03	0.2	0.5



Sele 10 Keevitusaparaat ESAB Origo Mig [8]

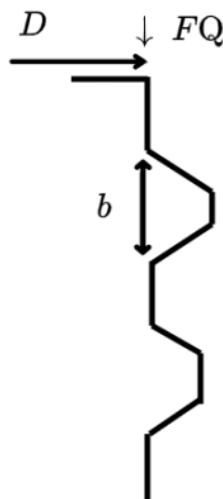
4.9. Tugevusarvutused

Antud peatükis arvutatakse läbi kahe olulise konstruktsiooni osa vastupidavus koormusele, et näha, kas nad peavad ettenähtud raskustele vastu. Valitud on kaks detaili, mis peavad taluma kõige suuremat koormust ja on seega konstruktsiooni kõige nõrgemad lülid.

4.9.1 Trapetskeermes vastupidavus löikele

Üks detail, mis peab taluma suurt koormust on trapetskeere, mis asub keevituslaua jala sees (vt Sele 4 punkt 4). Antud detailil tekib oht, et liiga suure koormuse all võib sisekeere hakata lõikama väliskeeret. Järgnevas arvutuses on välja toodud sisekeermes vastupidavus löikele.

Laua ettenähtud kandevõime on 1t koos laua enda kaaluga. Seega ühele jalale mõjub koormus 250 (kg). Trapetskeermes mõõtmed on Tr30x6 (vt Sele 6). Antud mõõtmetega keere sai valitud selle suure läbimõõdu tõttu, et see peale töötlust sobiks oma läbimõõdult laagripukile.



Sele 11 Trapetskeere Tr30x6 eskiis

Arvutuse algandmed (vt Sele 12) D (mm) on keerme siseläbimõõt. FQ (N) on keermele mõjuv jõud. σ_T (Mpa) on keermelati materjali voolavuspiir.

$$\begin{aligned}\sigma_T &= 660 \text{ Mpa} & p &= 6 \text{ mm} \\ FQ &= 2451,663 \text{ N} & D &= 23 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sele 12 Algandmed

Mõõde b on leitav valemiga (1) (vt Lisa 2. [8]):

$$b = 2 \cdot 0,366p, \quad (1)$$

kus b - keerme osa, kus on lõike oht, mm;

p – keermesamm, mm.

Vastavalt valemile (1) leitakse mõõde b :

$$b = 2 \cdot 0,366 \cdot 6 = 4,392 \text{ mm}.$$

Kõige suurema koormusest võtab vastu esimene keere, millele mõjub jõud f (N) kordajaga 0,34 kogu koormusest, mis leitakse valemiga (2) [9, lk 83]:

$$F = 0,34 \cdot FQ, \quad (2)$$

Vastavalt valemile (2) leitakse esimesele keermele mõjuv jõud:

$$F = 0,34 \cdot 2451,663 \text{ N} = 833,565 \text{ N}.$$

Keerme siseläbimõõdu ristlõikepindala on leitav valemiga (3) :

$$A = b \cdot \pi \cdot D, \quad (3)$$

Vastavalt valemile (3) leitakse ristlõikepindala:

$$A = 4,392 \cdot 3,14 \cdot 23 = 317,19 \text{ mm}^2.$$

Materjalile mõjuv lõikejõud τ (Mpa) arvutatakse valemiga (4) [10, lk 29]:

$$\tau = \frac{F}{A} \leq [\tau], \quad (4)$$

Vastavalt valemile (4) leitakse materjalile mõjuv lõikejõud:

$$\tau = \frac{833,565}{317,19} = 2,63 \text{ Mpa}.$$

Materjali vastupidavus lõikele $[\tau]$ (Mpa) arvutatakse valemiga (5) [10, lk 29]:

$$[\tau] = 0,588 * \delta T, \quad (5)$$

Vastavalt valemile (5) leitakse vastupidavus lõikele:

$$[\tau] = 0,58 * 660 = 382,8 \text{ Mpa}.$$

Vastavalt valemile (4) võrreldakse materjalile mõjuvat lõikejõudu ja materjali vastupidavust lõikele:

$$2,63 \text{ Mpa} \leq 382,8 \text{ Mpa}. \quad (4)$$

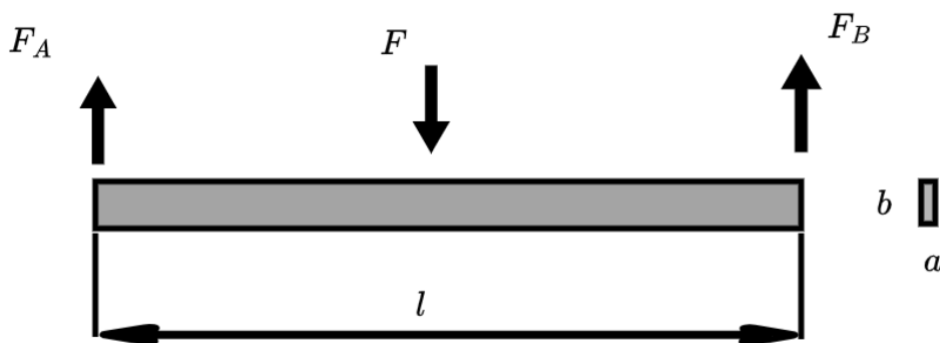
Antud arvutuste põhjal selgub, et valitud keere peab vastu ettenähtud koormusele.

4.9.2 Trapetskeerme lukustuse vastupidavus koormusele

Trapetskeere lukustub paika kuni seda keerata või kuni sellele rakendub piisavalt suur jõud koormuse poolt. Tagamaks, et trapetskeere koormuse all ise keerlema ei hakka, kontrolliti seda internetist leitava kalkulaatori (vt Lisa 3[12]) abil ja kinnitati tabelis (vt Lisa 4[13]) olevate andmete põhjal kalkulaatori andmete õigsust. Keerme lukustuse andmed on saadud katsetuste teel, sellepärast ei ole võimalik neid arvutuslikul kujul välja tuua. Kalkulaator määras keerme lukustuse ohutusteguriks 89,27 ja tabelis oli välja toodud, et keere kannatab koormust 30 (KN), enne kui keerme lukustus järgi annab.

4.9.3 Lauaraami tala läbipainde arvutus

Lauaplate, küljed ja laua tugiraam võtavad vastu suure koormuse, millest kõige nõrgemad lülid on lauaraami kandetalad (vt Sele 6). Sellepärast tuleb välja arvutada tala vastupidavus paindele. Arvutused tehakse pikemale talale (vt Sele 13), sest sellele talale mõjuval jõul on suurem jõuõlg, kui lühemal talal. Tala mõõtmed on vastavalt $l(\text{m}) * a(\text{mm}) * b(\text{mm})$ mõõtmetega $1 * 12 * 50$.



Sele 13 Pikk raami tala

Talale mõjub jõud F 10 000 (N) tala keskele. Kuna tala on mõlemast otsast kinnitatud, siis mõjub see võrdselt mõlema otsa kinnituse kohale, poole väiksema jõuga kogu jõust.

Otsade kinnituskohdadele mõjuv jõud F_A (N) ja F_B (N) arvutatakse valemiga (6):

$$F_A = F_B = \frac{F}{2}, \quad (6)$$

Vastavalt valemile (6) leitakse otsade kinnituskohdadele mõjuv jõud.

$$F_A = F_B = 5000 \text{ N}.$$

Paindemoment ühele küljele M (N*mm) arvutatakse valemiga (7):

$$M = F_A * \frac{l}{2}, \quad (7)$$

Vastavalt valemile (7) leitakse paindemoment:

$$5000 * 0,5 = 2500 \text{ N} * \text{m}.$$

Tugevusmoment W (mm³) arvutatakse valemiga (8):

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (8)$$

Vastavalt valemile (8) leitakse tugevusmoment:

$$\frac{12 \cdot 50^2}{6} = 5000 \text{ mm}^3.$$

Paindepinge σ (Mpa) arvutatakse valemiga (9):

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (9)$$

Vastavalt valemile (9) leitakse paindepinge:

$$\sigma = \frac{2500 \cdot 10^3}{5000} 500 \text{ Mpa}.$$

Tala materjali voolavuspiir on 355 (Mpa) ja võttes arvesse, et neid on kaks tükki, siis jagame talale mõjuva pinge kahega. Nii saame tulemuse, et ühele talale mõjub pinge 250 (Mpa). Taladele mõjuvat pinget vähendavad lauaplate ja küljed.

5. MAJANDUSLIK OSA

Lõputöös arvutatakse välja toote omahind. Tasuvus ettevõttele jääb välja arvutamata, kuna tootel puudub otsene kasutegur. Omahinna kalkuleerimisel võetakse arvesse tööjõukulu, materjali kulu ja ostutoodete hind.

5.1 Materjali kulu

Selles peatükis on välja toodud, mis materjale läheb vaja toote valmistamisel ja palju need maksavad. Andmed on välja toodud koondtabelites (vt Tabelid 6-7).

Tabel 6 Toruprofiili ja võlli materjali info

Nr.	Detail	Kogus(tk)	Materjali	Pikkus(m)	Laius(mm)	Kõrgus(m)	Paksus	materjali kulu (m)	materjali kulu (kg)	(kg/m)
1	Tugi L.	2	To-Nk	0.776	50	50	3	1.552	6.6736	4.3
2	Tugi P.	1	To-Nk	1.376	50	50	3	1.376	5.9168	4.3
3	Jalg 90	4	To-Nk	0.405	90	90	4	1.62	17.01	10.5
4	Jalg 100	4	To-Nk	0.525	100	100	4	2.1	24.57	11.7
5	võll	1	ÜP-TE-015	0.15	d=32			0.1024	0.802	

Tabel 7 Lehtmetalli materjali info

Nr.	Detail	Kogus(tk)	Materjali	Pikkus(m)	Laius(mm)	Paksus (m)	materj	materjali kulu (kg)
6	Plate	1	Lm-Te	1500	1000	12	1.500	140.994
7	Külge L.	2	Lm-Te	1000	115	12	0.23	21.619
8	Raam P.	2	Lm-Te	1476	50	12	0.148	13.874
9	Raam L.	3	Lm-Te	976	50	12	0.146	13.761
10	Riiul1	1	Lm-Te	615.5	94.33	5	0.058	2.274
11	Riiul2	1	Lm-Te	615.5	94.33	5	0.058	2.274
12	Üplate	1	Lm-Te	480	480	12	0.230	21.657
13	jalg 90 pla	4	Lm-Te	86	86	10	0.030	2.317
14	Ratta kinn	4	Lm-Te	110	110	5	0.048	1.896
15	Külge P.	2	Lm-Te	1500	115	12	0.345	32.429

5.2 Ostutoodete kulu

Selles peatükis on välja toodud, mis detaile on vaja toote valmistamiseks osta ja mis on nende maksumus. Andmed on välja toodud koondtabelis (vt Tabel 8).

Tabel 8 Ostutoodete info

Nr.	Detail	Kogus(tk)	Materjali tüüp	Mõõtmed	€
1	Laager uc f 204	4	-	-	18.24
2	Laager uc f 205	1	-	-	13.5
4	Ratas piduriga	4	-	-	152
5	Trapetskeermelatt	2	Tr30x6	1m	80
6	Trapetsmutter	4	Tr30x6	60mmx45mm	80
7	Polt	4	M12-1.75	0.25 mm	2
8	Polt	16	m14	0.25mm	16
				Kokku:	361.74

5.3 Toote omahinna kalkulatsioon

Toote omahinna arvutamisel on arvesse võetud toodetavate detailide ja ostutoodete hind ning töökuulu vastavalt vajaminevatele operatsioonidele (vt Tabel 9).

Tabel 9 Toote omahind

Nr.	Detail	Kogus(tk)	Maksumus(€)
1	Tugi L.	2	10,68
2	Tugi P.	1	9,47
3	Jalg 90	4	27,22
4	Jalg 100	4	39,31
5	võll	1	1,28
5	Plate	1	225,59
6	Külg L.	2	34,59
7	Raam P.	2	22,20
8	Raam L.	3	22,02
9	Riiul1	1	3,64
10	Riiul2	1	3,64
11	Üplate	1	34,65
12	jalg 90 plate	4	3,71
13	Ratta kinnitus	4	3,03
14	Külg P.	2	51,89
Ostutooted			
Nr.	Detail	Kogus(tk)	€
1	Laager uc f 204	4	18,24
2	Laager uc f 205	1	13,5
4	Ratas pidur	4	152
5	Trapets latt	2	80
6	Trapets mutter	4	80
7	Polt	4	2
8	Polt	16	16
9	Pritsmekaitse	1	100
Palgakulu			
Nr.	Tegevus	Aeg(h)	Maksumus(€)
1	Keevitamine	4,5	178,38
2	Treimine	0,5	28,78
3	Laserlõikus	1,5	95,13
4	Projekteerimine	-	200
5	Tootmiskulud	-	146,36
Kokku(€):		1627,01	

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärk oli projekteerida ettevõtte Alise Technic OÜ jaoks uus keevituslaud, mis võimaldaks toota suuremaid ja keerulisema kujuga detaile ning oleks ühtlasi ka kergesti liigutatav. Selleks, et vajadusel suuremaid detaile keevitada, otsustati, et valmistatakse kaks samasugust lauda, mis vajadusel ühendatakse omavahel.

Lühidalt kirjeldati, millega ettevõtte tegeleb ja tehti ülevaade ettevõtte mastaabist ja ajaloost. Veel toodi esile ettevõtte asukoht ja mõned ettevõtte partnerid.

Ettevõtte olemasolevad keevituslauad sai üle kontrollitud ning vastavalt saadud tulemustele sai määratud projekteeritud laua parameetriteks. Lisaks määrasid mitmed parameetreid keevituslaual kasutama hakatavad tarvikud. Keevituslauda on võimalik ettevõttes kohapeal valmistada ilma, et tuleks tööriistu või tarvikuid juurde osta.

Võrreldi erinevaid turul pakutavaid laudu, mis olid parameetritel sarnased projekteeritud lauale ning tehti ülevaatlik analüüs. Selgus, et turul pakutavad lauad on suurema maksumusega ja nendel puuduvad osad funktsioonid, mis lauale projekteeriti. Turul pakutavatel laudadel oli see-eest parem pinnatöötlus ja pritsmekindlus.

Lõputöö tulemusena projekteeriti keevituslaud vastavalt ettemääratud parameetritele. Tehti vajalikud tugevusarvutused, veendumaks, et laud on piisavalt vastupidav töö eesmärkide täitmisel. Arvutati trapetskeerme vastupidavust koormusele ja kontrolliti, et laua tugitaladel ei tekiks läbipainet.

Arvutati välja projekteeritava laua omahind, mis tuli odavam, kui sellele sarnased lauad, mida turul pakutakse. Omahind koosneb materjali kulust, ostutoodete hinnast ja palgakulust.

SUMMARY

The aim of the Final Thesis was to plan and design a new welding table for the company Alise Technic OÜ. The table had to be easily movable and enable the welding of bigger details. To do so, a decision was made, that two identical tables will be manufactured, that can be connected together if needed.

Company's main fields of activity was talked about briefly and the company's history and scale were highlighted. Also some of the company's main associates were brought out.

Some parameters were added to the new welding table design by examining already existing welding tables. Some parameters came from the fittings, that will be used on the table. The welding table can be manufactured on site, without any extra costs.

Different welding tables from different companies, with similar attributes were examined. Those tables were more expensive, than the designed one also those tables did not have some of the functions that were necessary. Although those tables did have better surface finish and spatter resistance.

In the process of making the Final Thesis the welding table was planned out and the design was made according to the set parameters. Force calculations were made to ensure that the table would be sturdy enough for the process at hand. Strength of the trapezoidal thread was calculated and the durability of the support beams was checked.

Self-cost was calculated and it turned out to be lower than the market price. Self-cost was composed of material price, price of the purchased products and the salary

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] “Alise Technic OÜ.” [Võrgumaterjal]. Available: <https://alisetechinc.eu/et/> (Kasutatud 28. märts, 2022).
- [2] kumarkk1969, “Iso 2768-tolerances drawings,” 10:33:11 UTC. (Kasutatud 21. aprill, 2022) [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.slideshare.net/kumarkk1969/iso-2768tolerances-drawings>
- [3] “GPPH_LASTAFELS_PROMO_0.pdf.”[Võrgumaterjal]. Available: https://www.vamatec.be/sites/default/files/vamatec/download/thumbnaill/GPPH_LASTAFELS_PROMO_0.pdf (Kasutatud 21. aprill, 2022).
- [4] “Detailview.” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.demmeler.com/products-shop/original-3d-clamping-systems/3d-welding-tables/detailview?tx_dxproduktkatalog_pk%5Baction%5D=show&tx_dxproduktkatalog_pk%5Bartikel%5D=598&tx_dxproduktkatalog_pk%5Bcontroller%5D=Artikel&tx_dxproduktkatalog_pk%5Blist%5D=1&cHash=4ea202e6c5f5a287e3256d4a55bbeca9 (Kasutatud 21. aprill, 2022).
- [5] “Bernd Siegmund GmbH - Schweisstisch - Schweißstisch - S4 Schweisstische und Spanntische-Schnellspannsysteme.” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.siegmund.com/en-us> (Kasutatud 02. aprill, 2022).
- [6] “Free 3D models, CAD files and 2D drawings - TraceParts.” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.traceparts.com/en> (Kasutatud 11. mai, 2022).
- [7] M. Steel, “S355J2H EN 10210 Carbon Steel Seamless Pipes and Tubes, EN10210 S355J2H Seamless Pipe, S355J2H EN 10210 Pipes and Tubing Dealer,” *Marc Steel*. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.marcsteelindia.com/s355j2h-en-10210-seamless-pipe-tube-manufacturer-supplier/> (Kasutatud 27. aprill, 2022).
- [8] “Origo Mig C280 PRO/C340 PRO.” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.esab.co.uk/gb/en/products/arc-welding-equipment/mig-equipment-cv/industrial-equipment/origo-mig-c280-pro-c340-pro.cfm> (Kasutatud 21. aprill, 2022).
- [9] “External ISO Metric Trapezoidal Screw Threads Table Chart Sizes TR320 - TR1120.” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.engineersedge.com/hardware/iso-metric-trapezoidal-threads2.htm> (Kasutatud 27. aprill, 2022).
- [10] М. И. Фролов, *ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА Детали машин*. Москва: Высшая школа, 1990.
- [11] V. Lemmergus, *Tugevusõpetus*. Tallinn: Eesti NSV Põllumajandusministeeriumi Informatsiooni ja Juurutamise Valitsus, 1980.
- [12] “Lead screw thread, Power screw, ACME thread.” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.tribology-abc.com/calculators/e3_7.htm (Kasutatud 25. aprill, 2022).
- [13] “Screw Jacks (trapezoidal screws) / Makishinko Japan.” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.makishinko.com/page/products_jacks_st.html (Kasutatud 25. aprill, 2022).

LISAD

Lisa 1. ISO 2768-1

Lisa 2. Trapetskeerme elemendid

Lisa 3. Trapetskeerme kontroll

Lisa 4. Trapetskeerme info

Lisa 5. Koostu joonis

Lisa 6. Koostu lisavaade

Lisa 7. Laua raam

Lisa 8. Jala tõste mehhanism

Lisa 9. Pöörlev alus

Lisa 10. Keevitus õmbluste joonis

Lisa 11. Jala alumine osa

Lisa 12. Jala detail 90x90x4

Lisa 13. Jala detail 100x100x4

Lisa 14. Jala tugiplaat

Lisa 15. Ratta kinnitus

Lisa 16. Laagripuki töötlus

Lisa 17. Lühike küljeplaat

Lisa 18. Pikk küljeplaat

Lisa 19. Laua plate

Lisa 20. Raami lühike detail

Lisa 21. Raami pikk detail

Lisa 22. Pöörleva plate riiuli detail 1

Lisa 23. Pöörleva plate riiuli detail 2

Lisa 24. Trapetskeermelati töötlus

Lisa 25. Võlli töötlus

Lisa 26. Pöörleva aluse plate

Lisa 27. Pikk tugitala

Lisa 28. Lühike tugitala

Lisa 1. ISO 2768-1

General Tolerances According to DIN ISO 2768-1

Permissible deviation limits for linear measures

Nominal Size range in mm	Tolerance Class			
	f (fine) tolerance in mm	m (medium) tolerance in mm	c (coarse) tolerance in mm	v (very coarse) tolerance in mm
0.5 up to 3	±0.05	±0.10	±0.15	n/a
> 3 up to 6	±0.05	±0.10	±0.20	±0.50
> 6 up to 30	±0.10	±0.20	±0.50	±1.00
> 30 up to 120	±0.15	±0.30	±0.80	±1.50
> 120 up to 400	±0.20	±0.50	±1.20	±2.50
> 400 up to 1000	±0.30	±0.80	±2.00	±4.00
> 1000 up to 2000	±0.50	±1.20	±3.00	±6.00
> 2000 up to 4000	n/a	±2.00	±4.00	±8.00

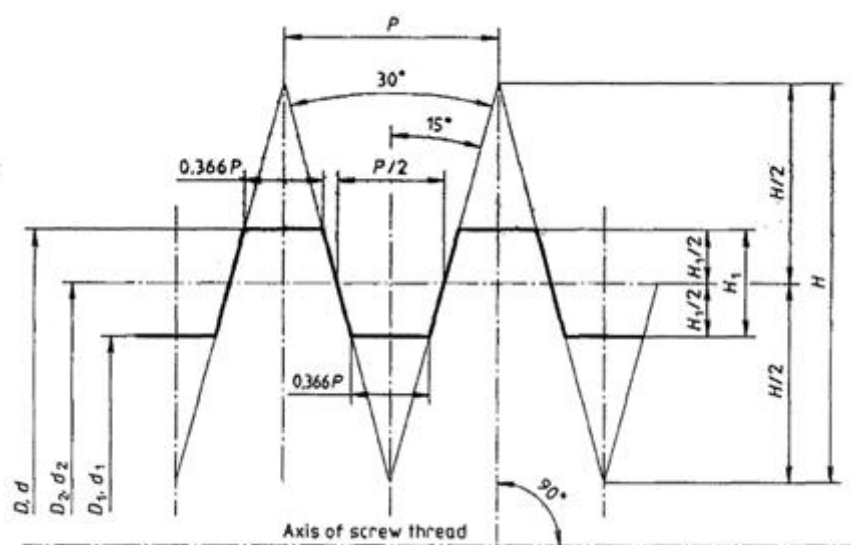
Permissible deviation limits for external radii and chamfer heights

Nominal Size range in mm	Tolerance Class			
	f (fine) tolerance in mm	m (medium) tolerance in mm	c (coarse) tolerance in mm	v (very coarse) tolerance in mm
0.5 up to 3	±0.20		±0.40	
> 3 up to 6	±0.50		±1.00	
> 6	±1.00		±2.00	

Permissible deviation limits for angular measures

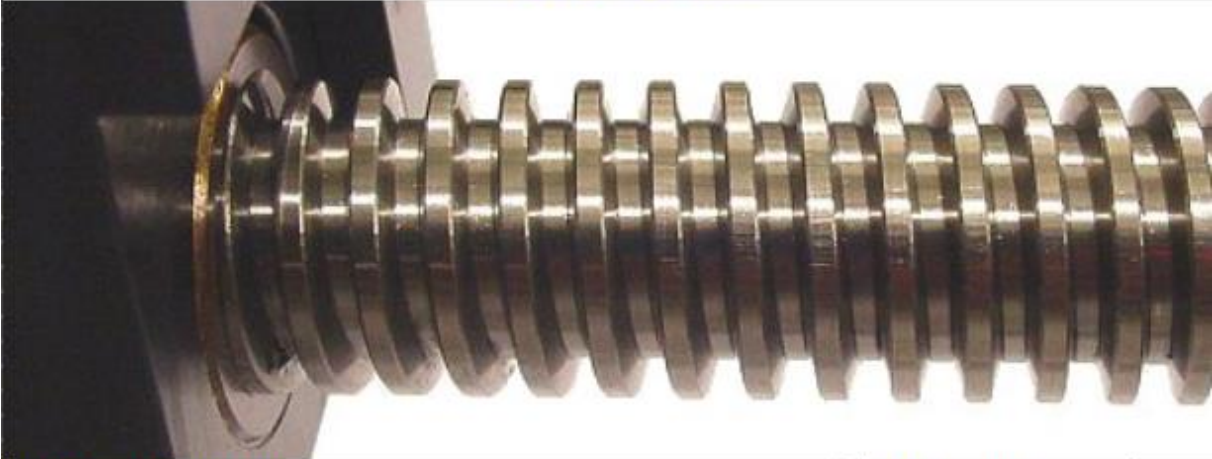
Nominal Size range in mm	Tolerance Class			
	f (fine) tolerance in mm	m (medium) tolerance in mm	c (coarse) tolerance in mm	v (very coarse) tolerance in mm
0.5 up to 10	±1°		±1°30'	±3°
> 10 up to 50	±0°30'		±1°	±2°
> 50 up to 120	±0°20'		±30'	±1°
> 120 up to 400	±0°10'		±15'	±30'
> 400	±0°5'		±10'	±20'

Lisa 2. Trapetskeerme elemendid



Lisa 3. Trapetskeerme kontroll

POWER SCREW

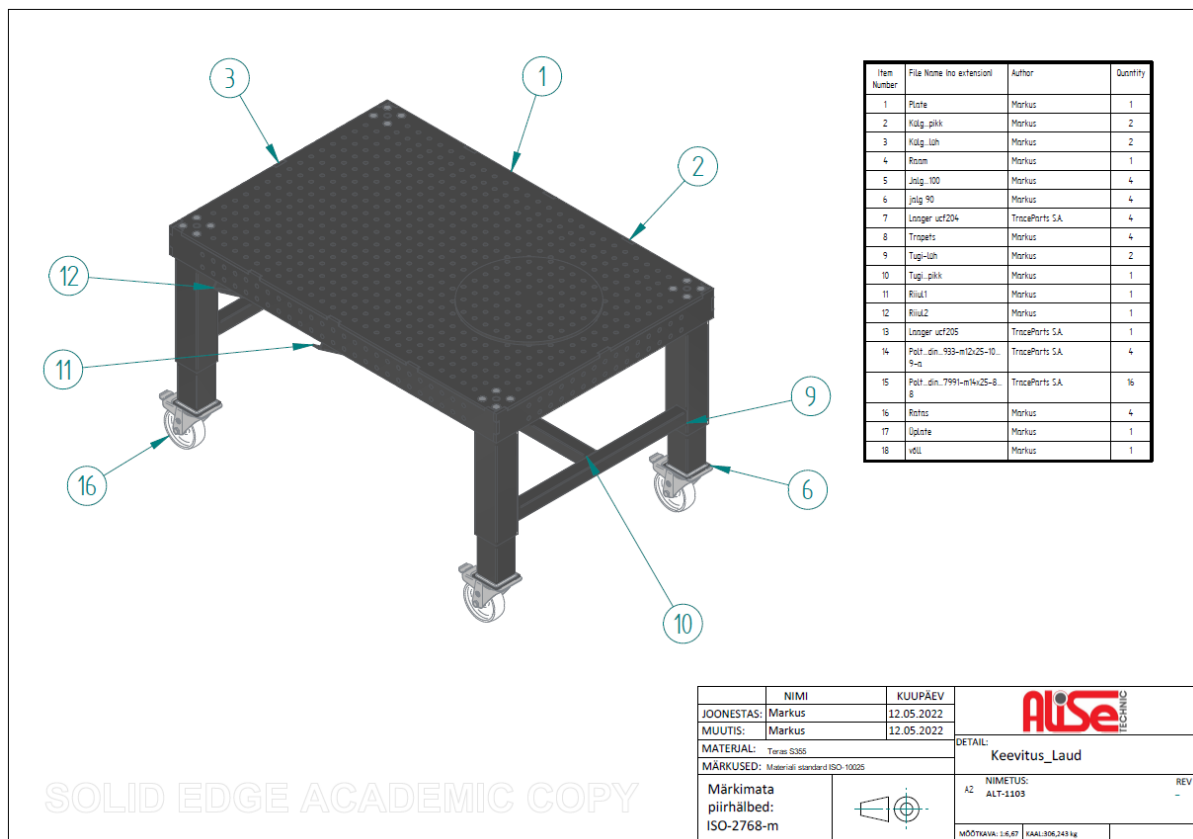


Trapezoidal thread	i (Tr30 x P6) ▾	
Number of thread starts	1 ▾	
Yield strength screw	660	MPa
Axial load	2.5	10^3 N
Stroke length	300	10^{-3} m
Nut length	44	10^{-3} m
Specific wear rate	5	10^{-15} m ² /N
Ratio of wear depth / 0.5P	0.1	
Coefficient of friction	0.1	
Solve Reset Print		
pitch P	6	10^{-3} m
pitch diameter $d_2=d-0.5P$	27	10^{-3} m
root diameter $d_3=d-2h_3$	23	10^{-3} m
thread height $H_1=0.5P$	3	10^{-3} m
tensile stress area $A_t = \pi/4 d_3^3$	415.5	10^{-6} m ²
tensile stress $\sigma_t = F/A_t$	6	MPa
torsional stress $\tau = T/W_p$; $W_p = \pi/16 d_3^3$	2.5	MPa
equivalent stress $\sigma_e = (\sigma_m^2 + 3\tau^2)^{1/2}$	7.4	MPa
safety factor $S_v = R_{p0.2} / \sigma_e$	89.27	>1
thread support area A_1	1866.1	10^{-6} m ²

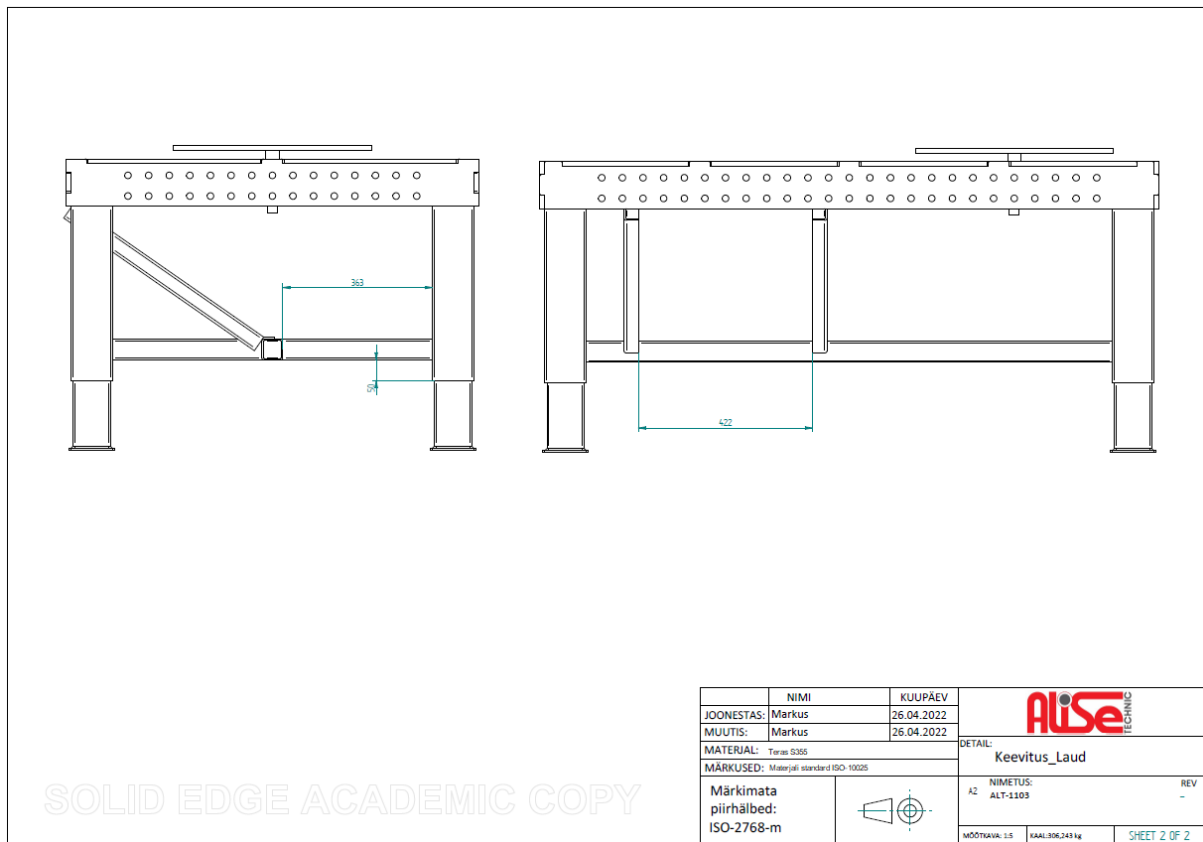
Lisa 4. Trapetskeerme info

Specification/Model			025	050	075	100
Nominal capacity (kN)			25	50	75	100
Screw shaft diameter (mm)			30	40	50	55
Screw shaft root diameter (mm)			23.5	31.5	39.5	42.5
Screw pitch (mm)			6	8	10	12
Reduction ratio	H		7.67	7.67	7.67	7.67
	L		23	23	23	23
Traveling distance per one input shaft rotation	H (mm/rev)		0.78	1.04	1.30	1.56
	L (mm/rev)		0.26	0.35	0.43	0.52
Efficiency (%)	H	(30rpm)	21	21	21	23
		(600rpm)	25	25	25	27
	L	(30rpm)	14	13	13	15
		(600rpm)	18	18	19	21
Standard stroke (mm)			Stroke of 50 to 500 (50 mm intervals), 500 to 1000 (100 mm intervals)			
Screw torque (N·m)			85	230	425	635
Input no load torque (N·m)			0.5	0.8	1.2	1.8
Input starting torque	H (N·m)		10.4	23.2	46.4	62.0
	L (N·m)		25.0	13.6	27.2	34.9
Reversing load (kN)			25	50	75	100
Load at rest (kN)			30	50	75	100
Weight (kg)			20	25	35	55

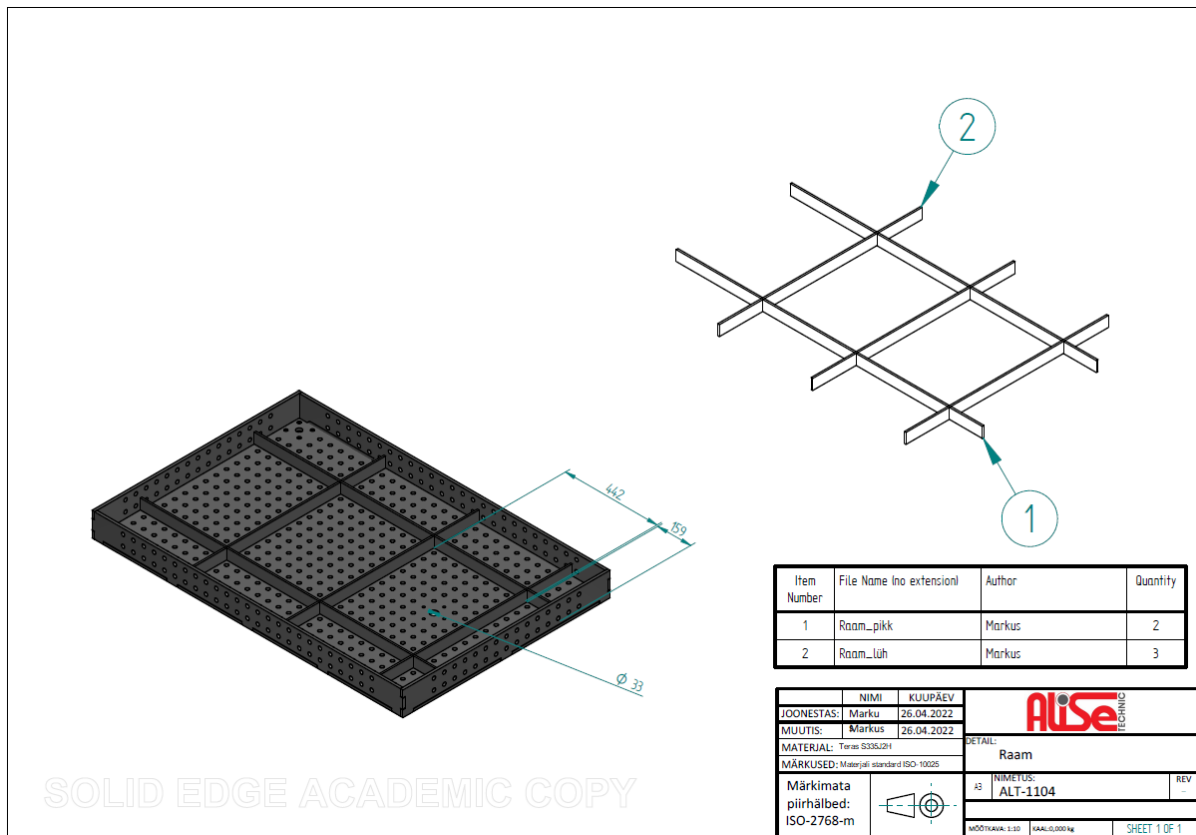
Lisa 5. Koostu joonis



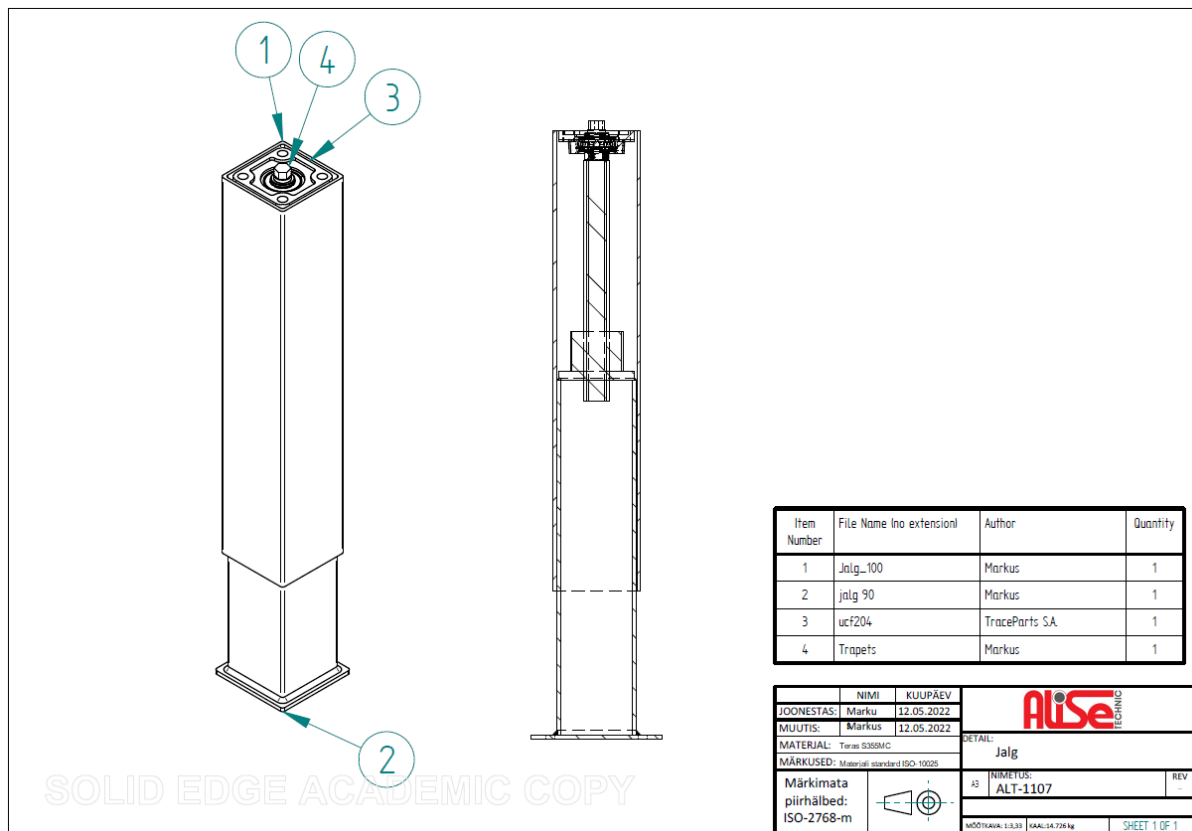
Lisa 6. Koostu lisavaade



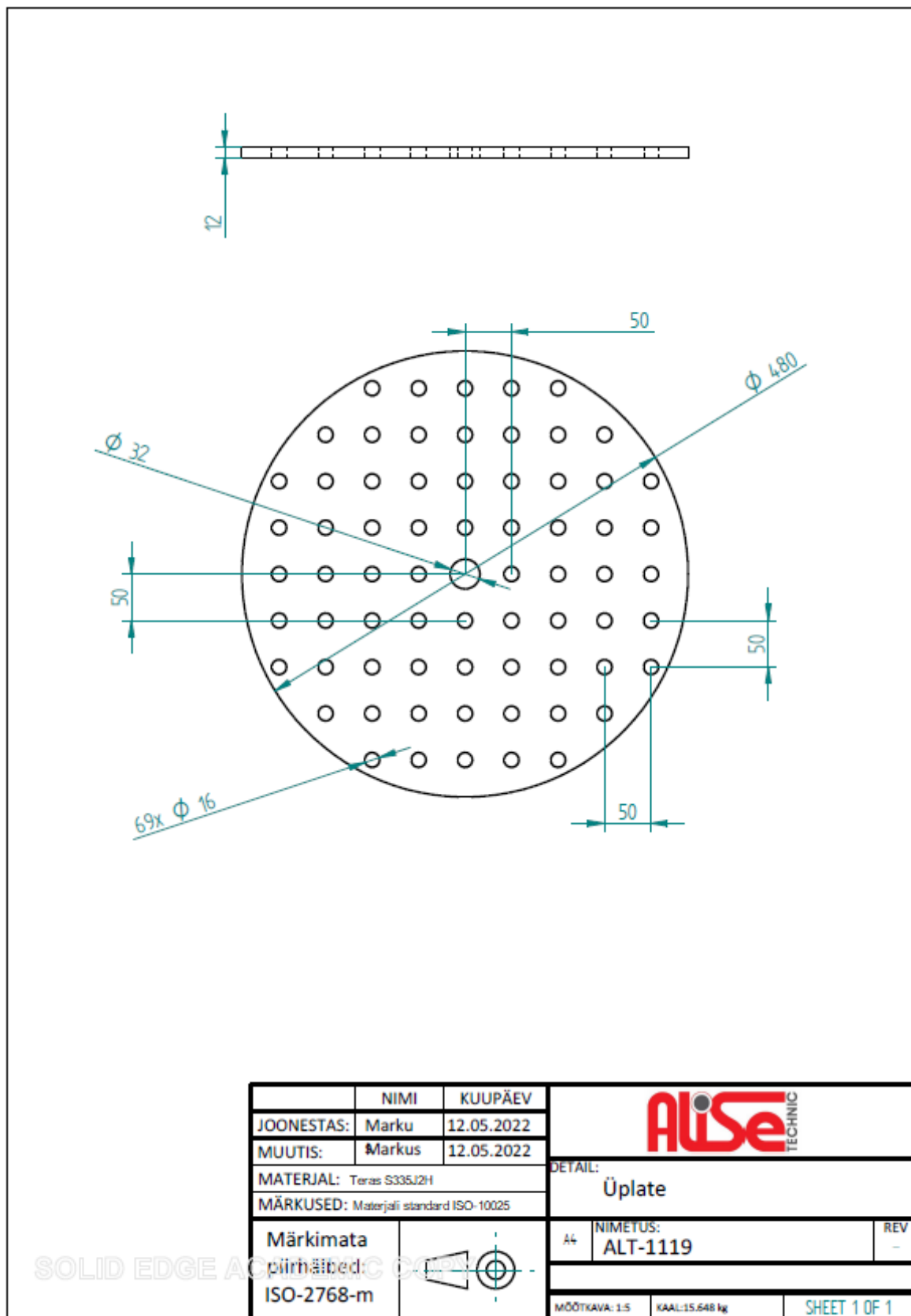
Lisa 7. Laua raam



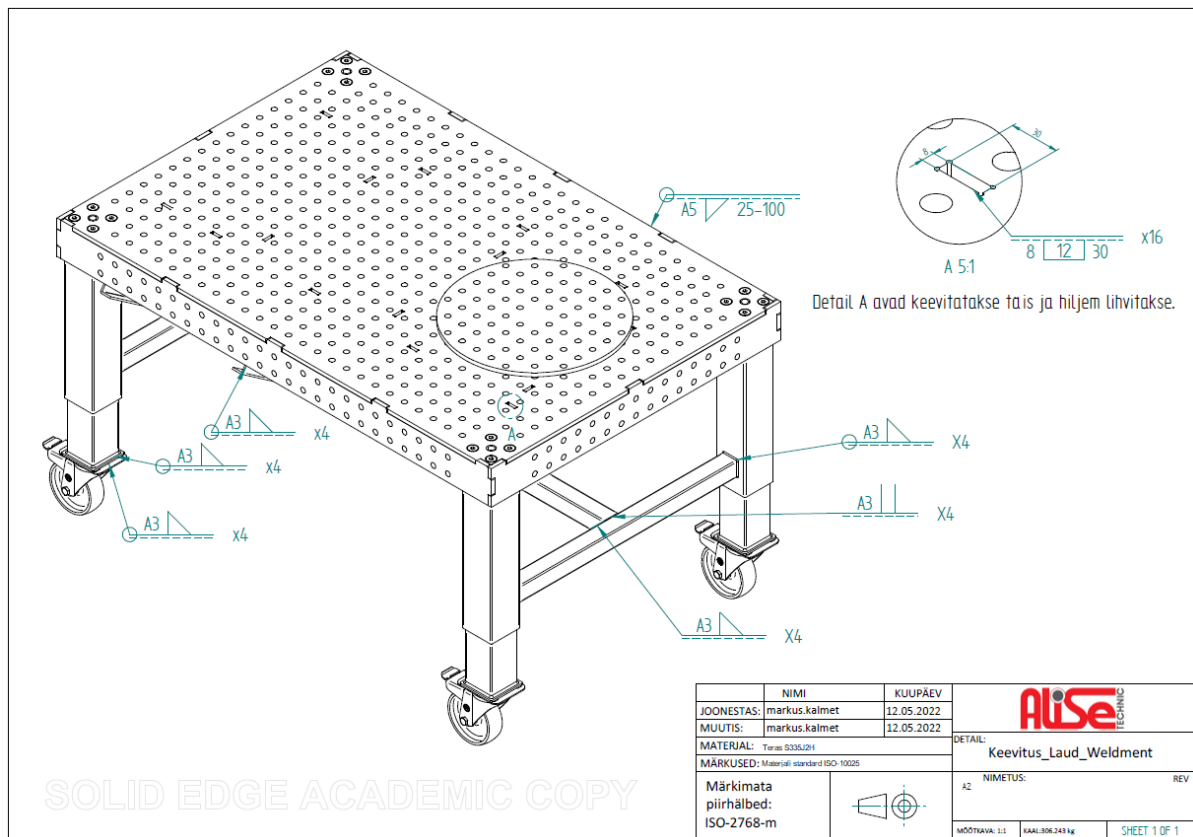
Lisa 8. Jala tõste mehhanism



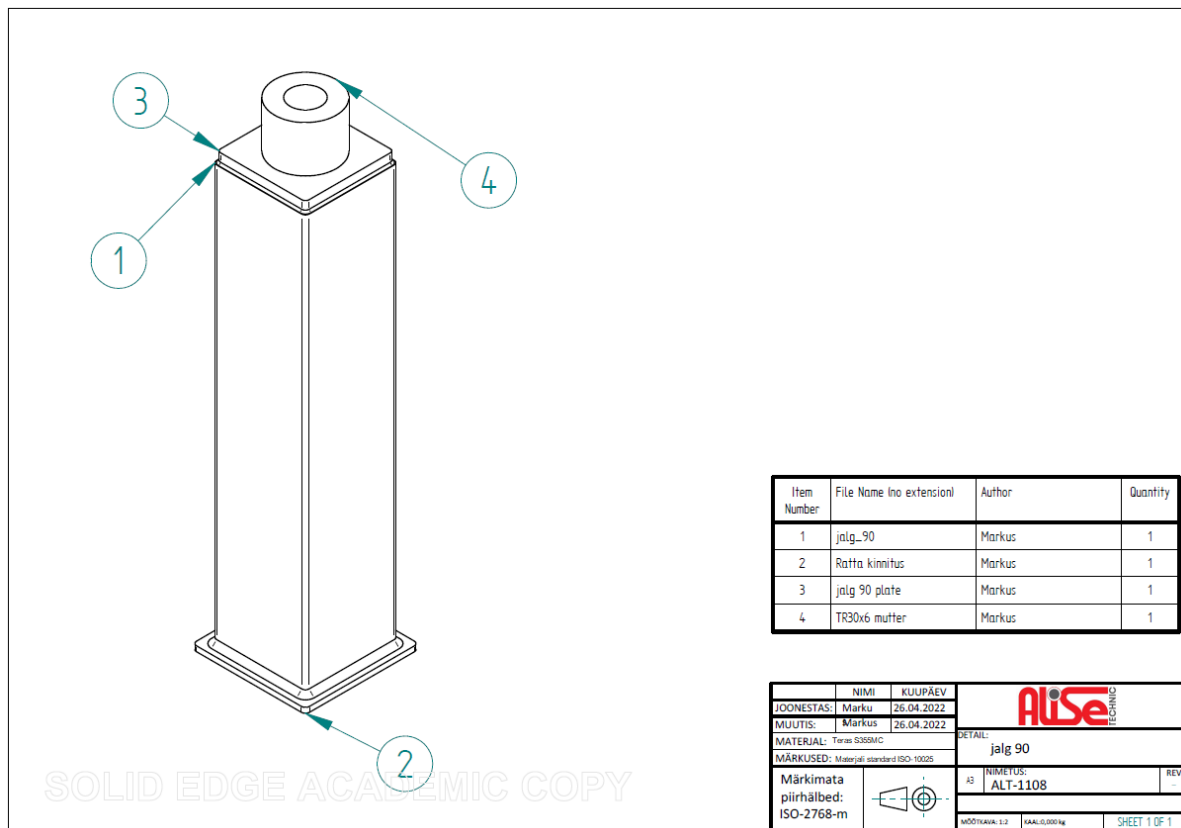
Lisa 9. Pöörlev alus



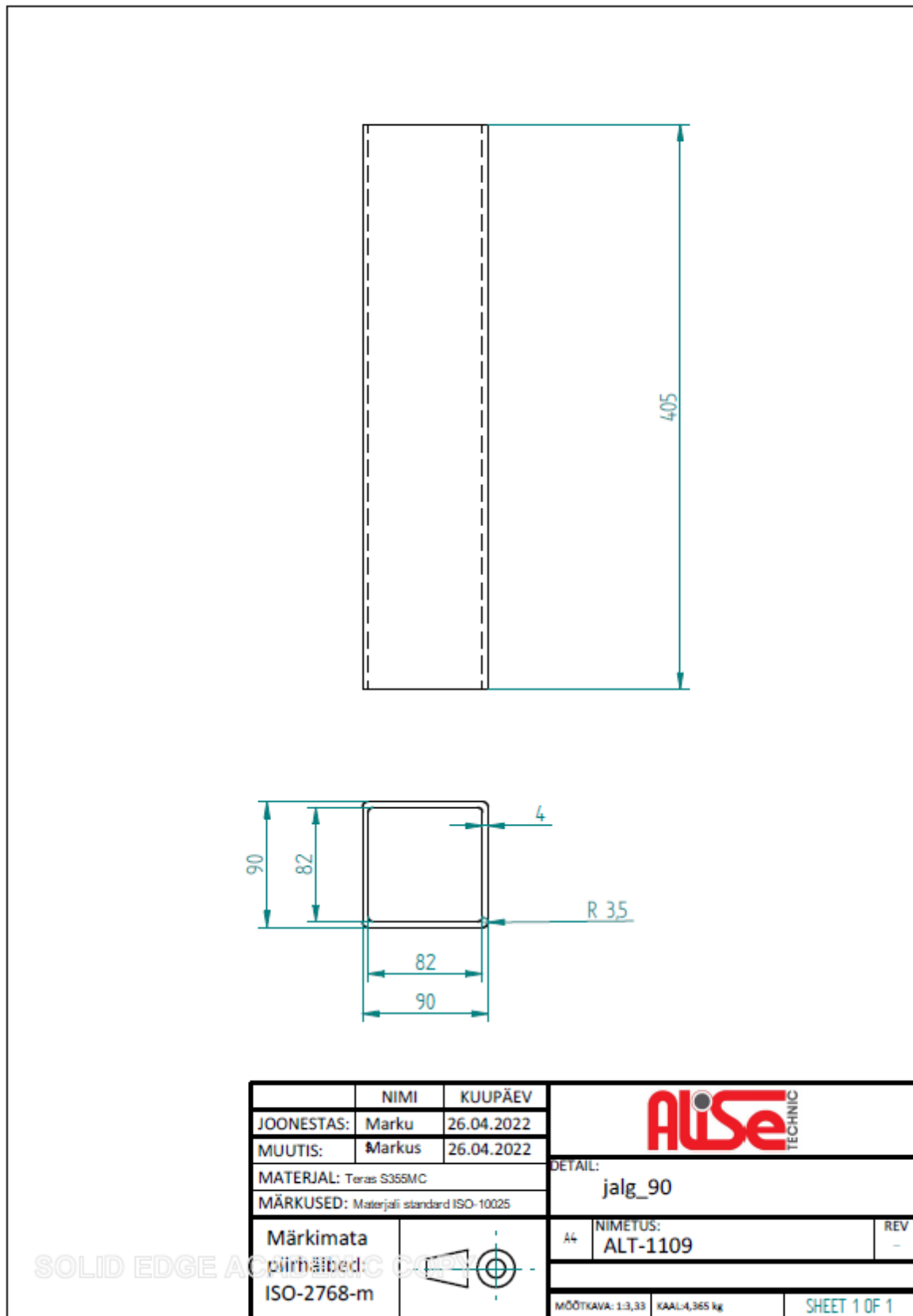
Lisa 10. Keevis õmbluste joonis



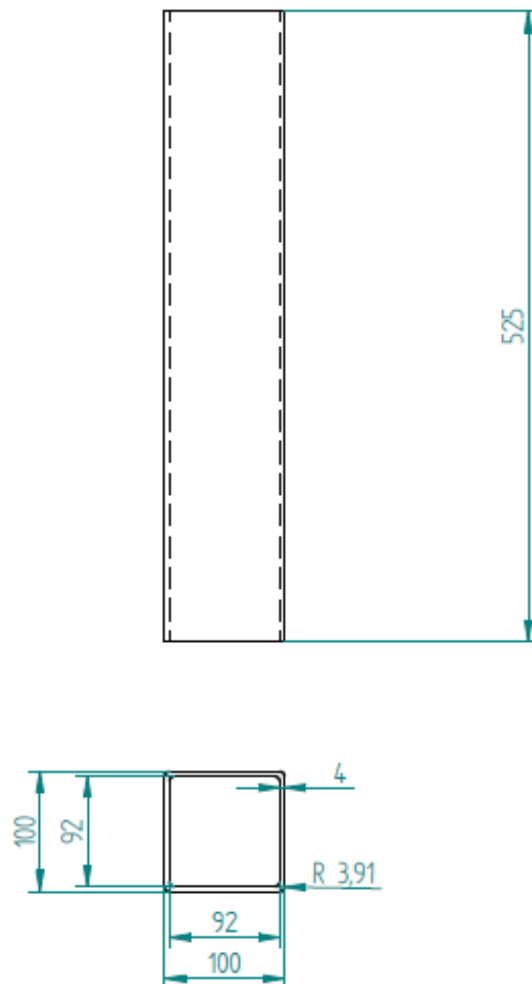
Lisa 11. Jala alumine osa



Lisa 12. Jala detail 90x90x4

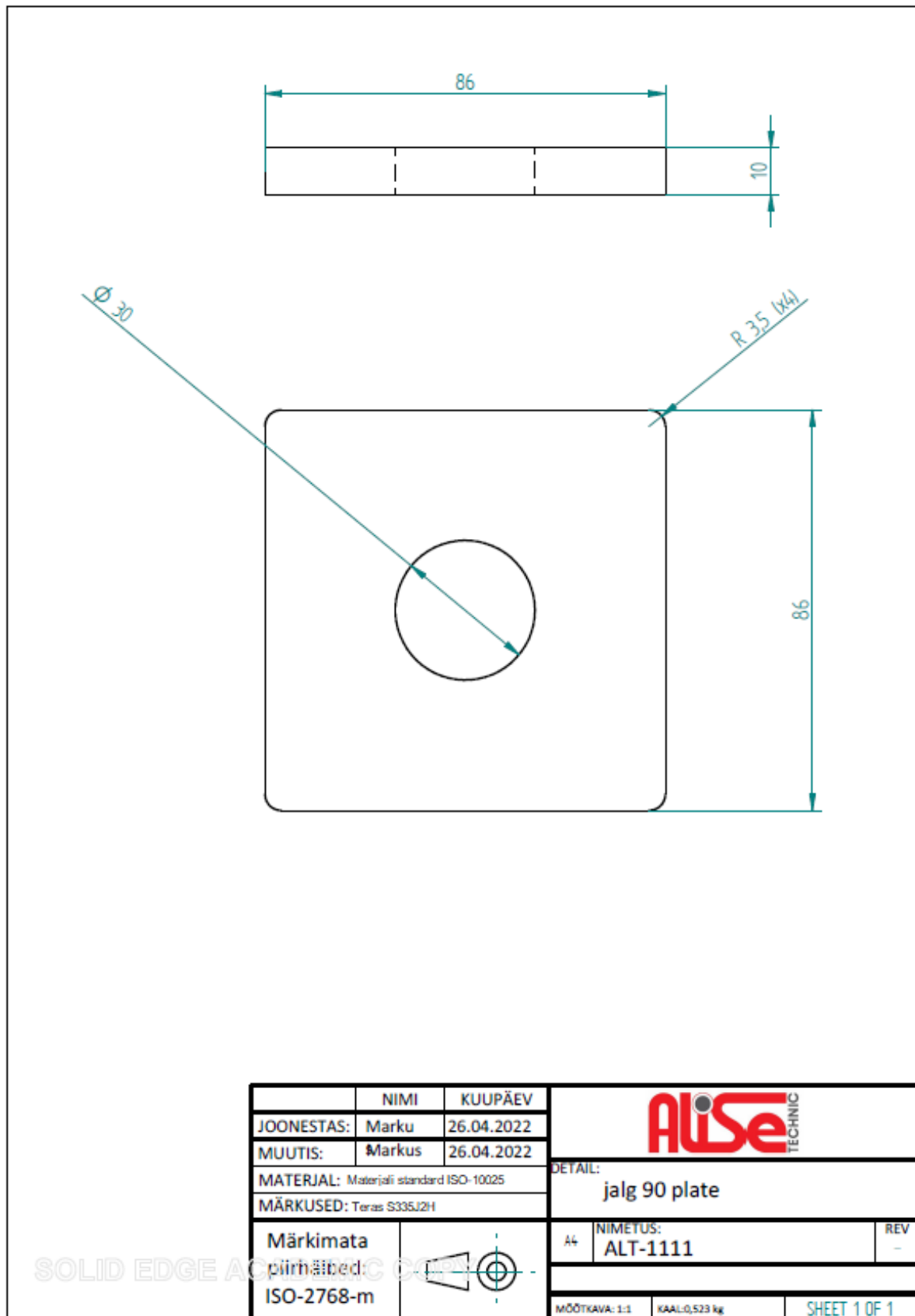


Lisa 13. Jala detail 100x100x4

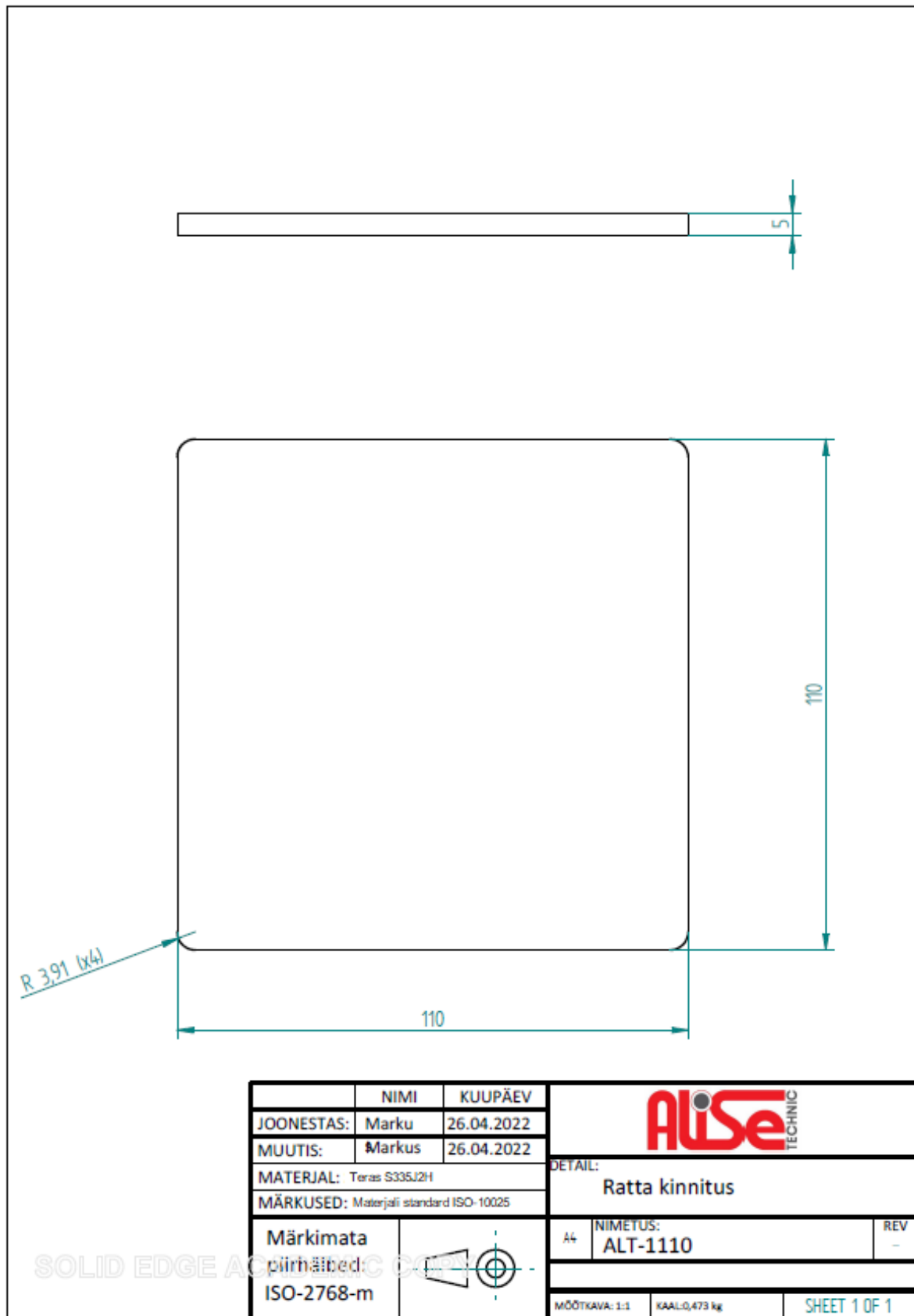


	NIMI	KUUPÄEV		
JOONESTAS:	Marku	26.04.2022		
MUUTIS:	Markus	26.04.2022	DETAIL:	
MATERJAL: Teras S355MC			Jalg_100	
MÄRKUSED: Materjali standard ISO-10025				
Märkimata piirhõbed:		A4 NIMETUS:		REV
ISO-2768-m		ALT-1112		-
		MÕÖTKAVA: 1:5	KAAL: 6,317 kg	SHEET 1 OF 1

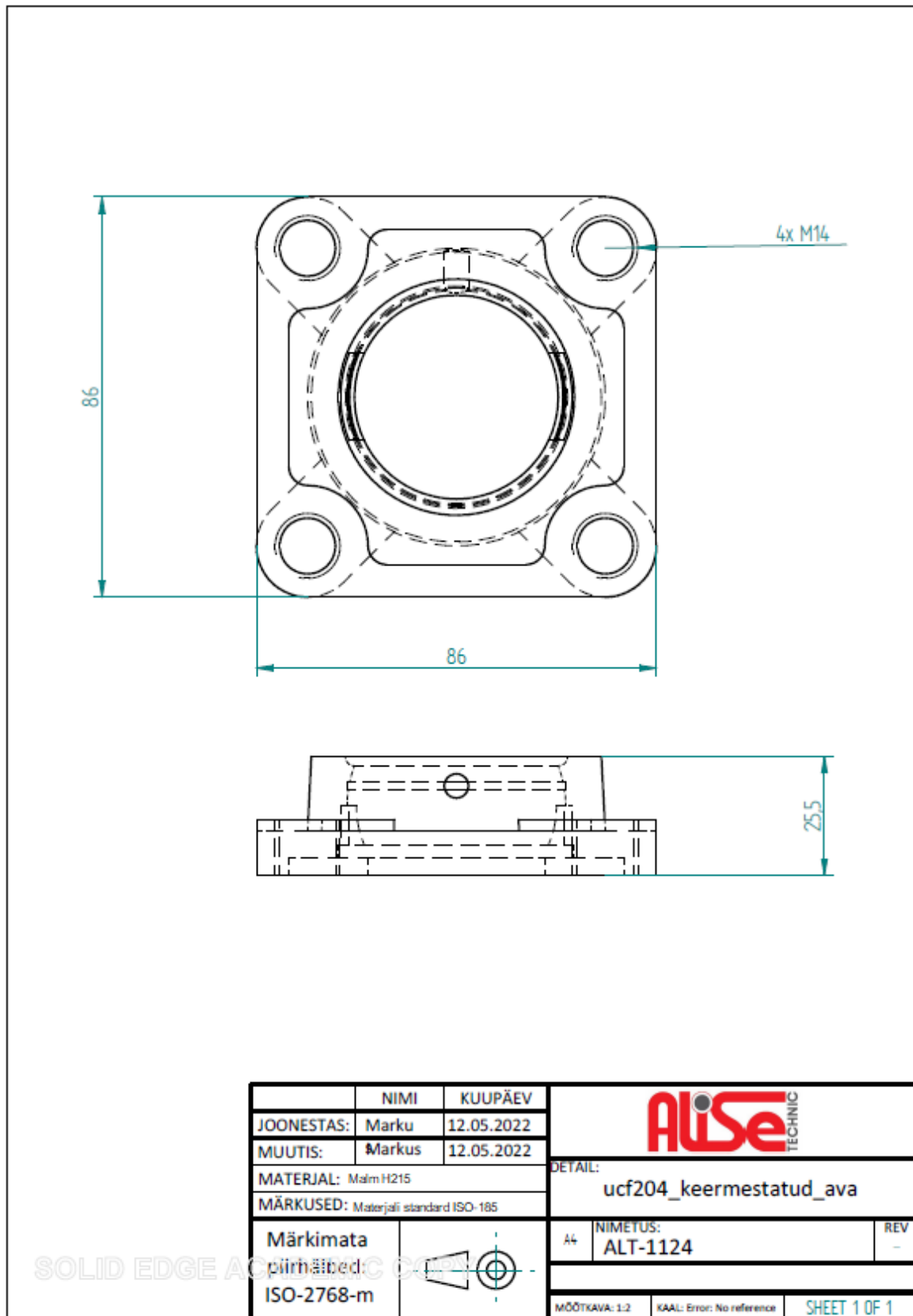
Lisa 14. Jala tugiplaat



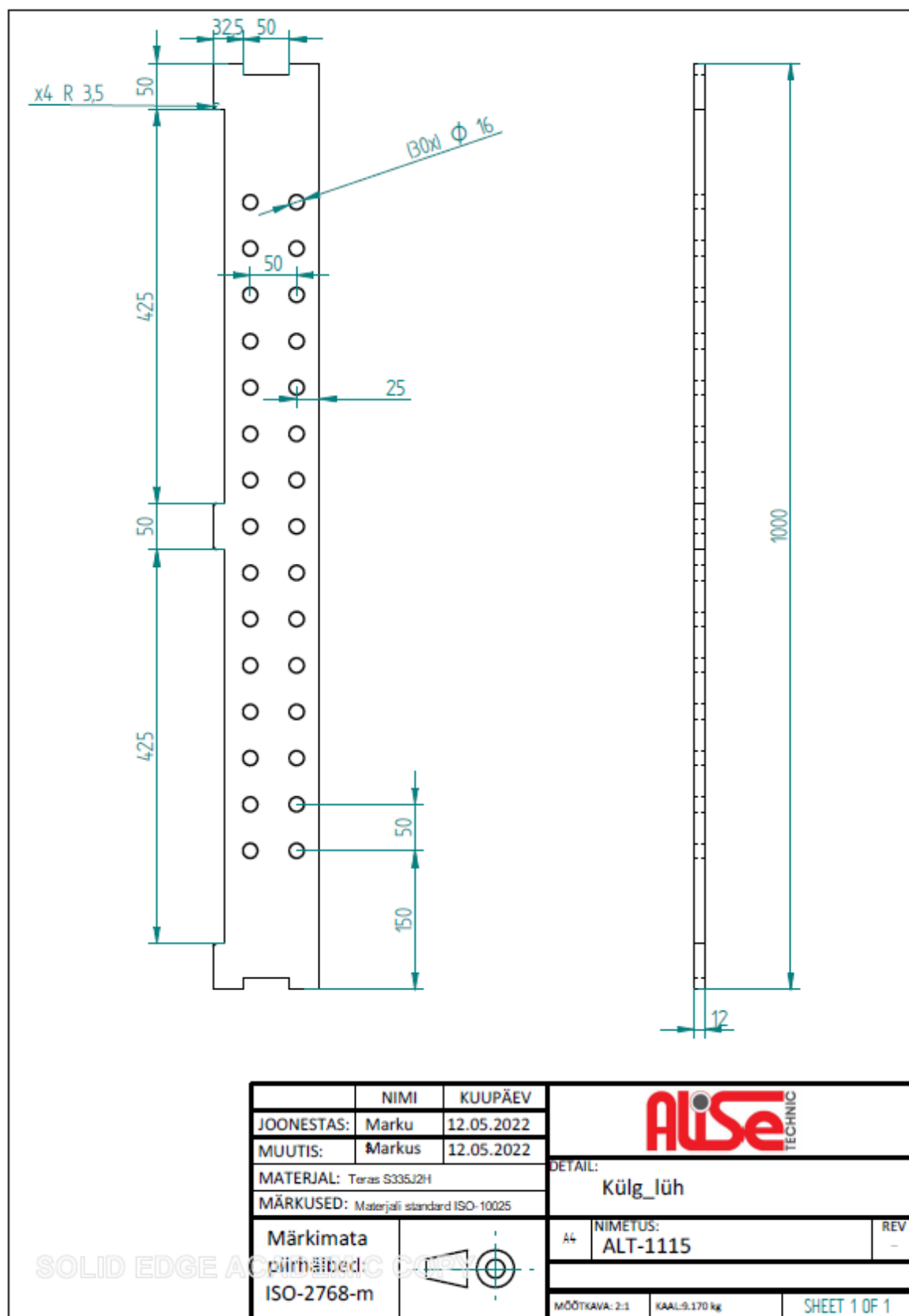
Lisa 15. Ratta kinnitus



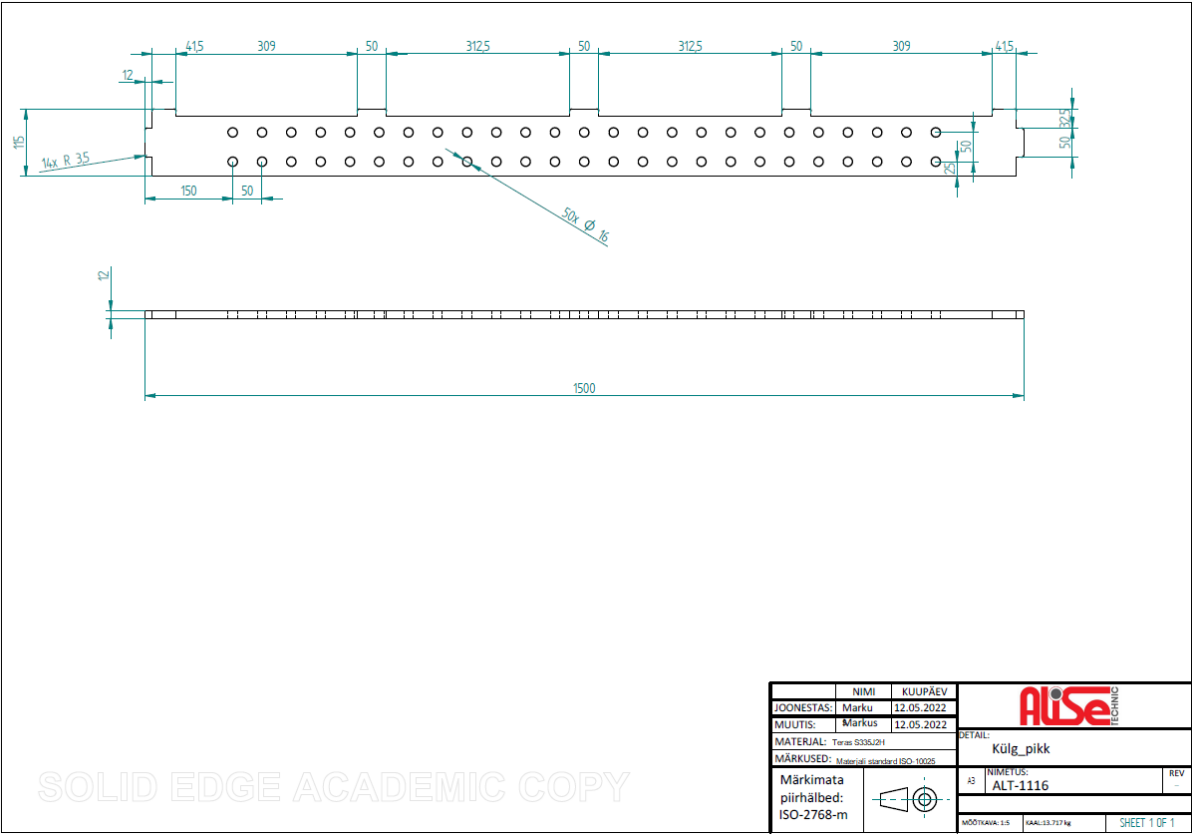
Lisa 16. Laagripuki töötlus



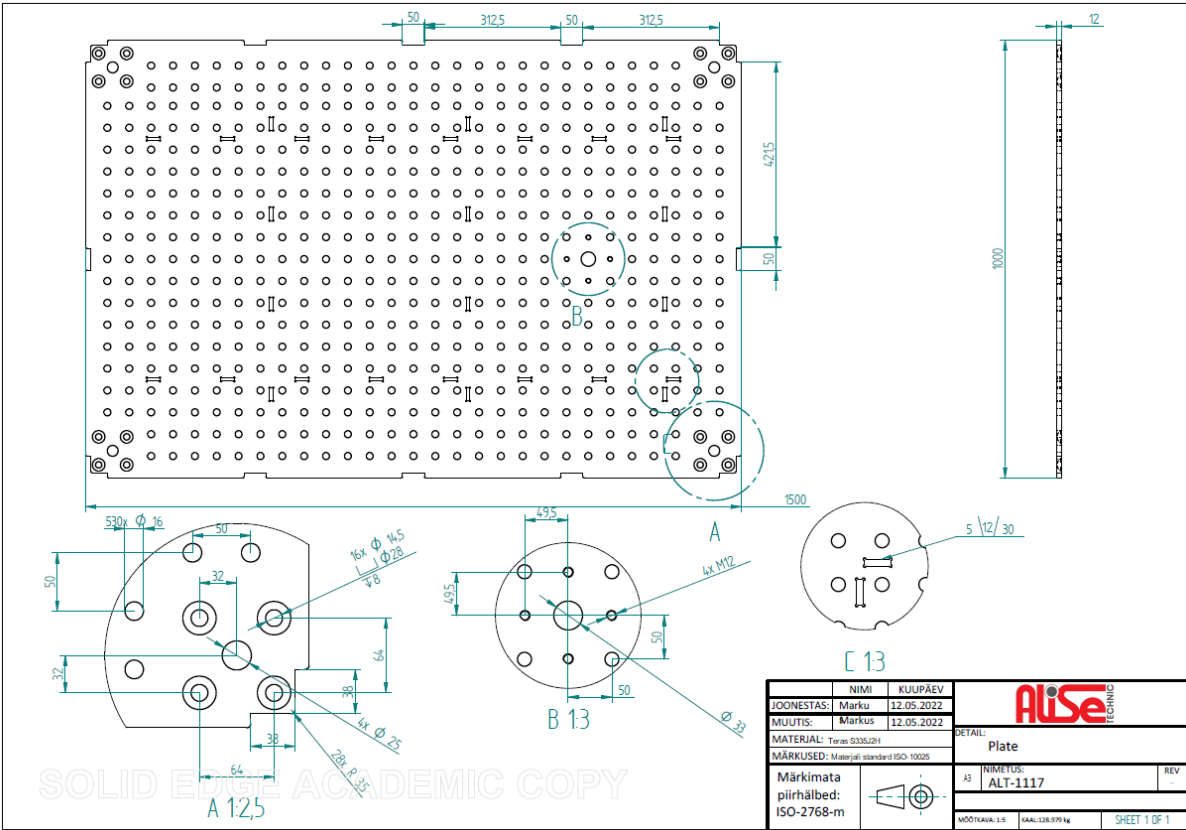
Lisa 17. Lühike küljeplaat



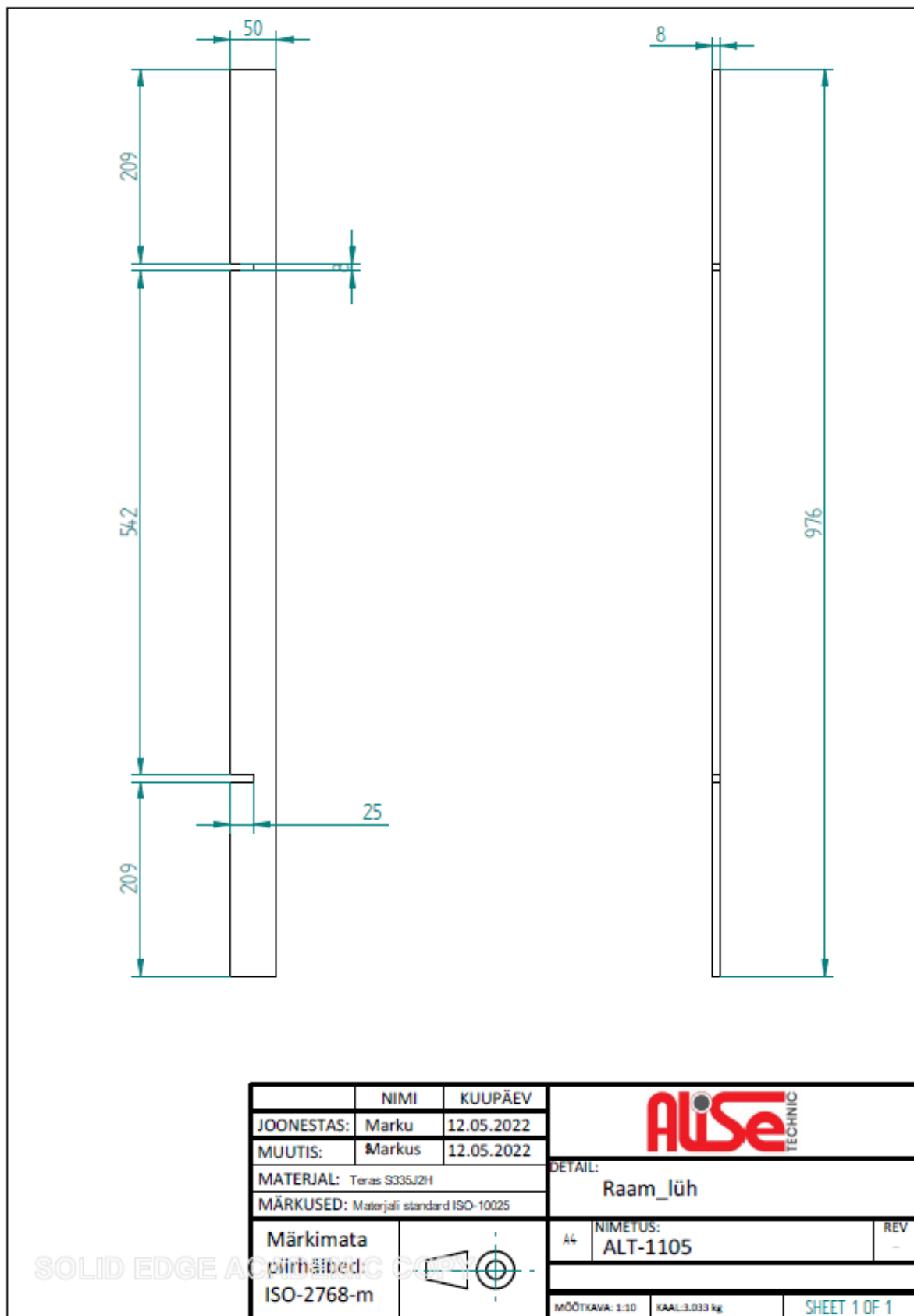
Lisa 18. Pikk küljeplaat



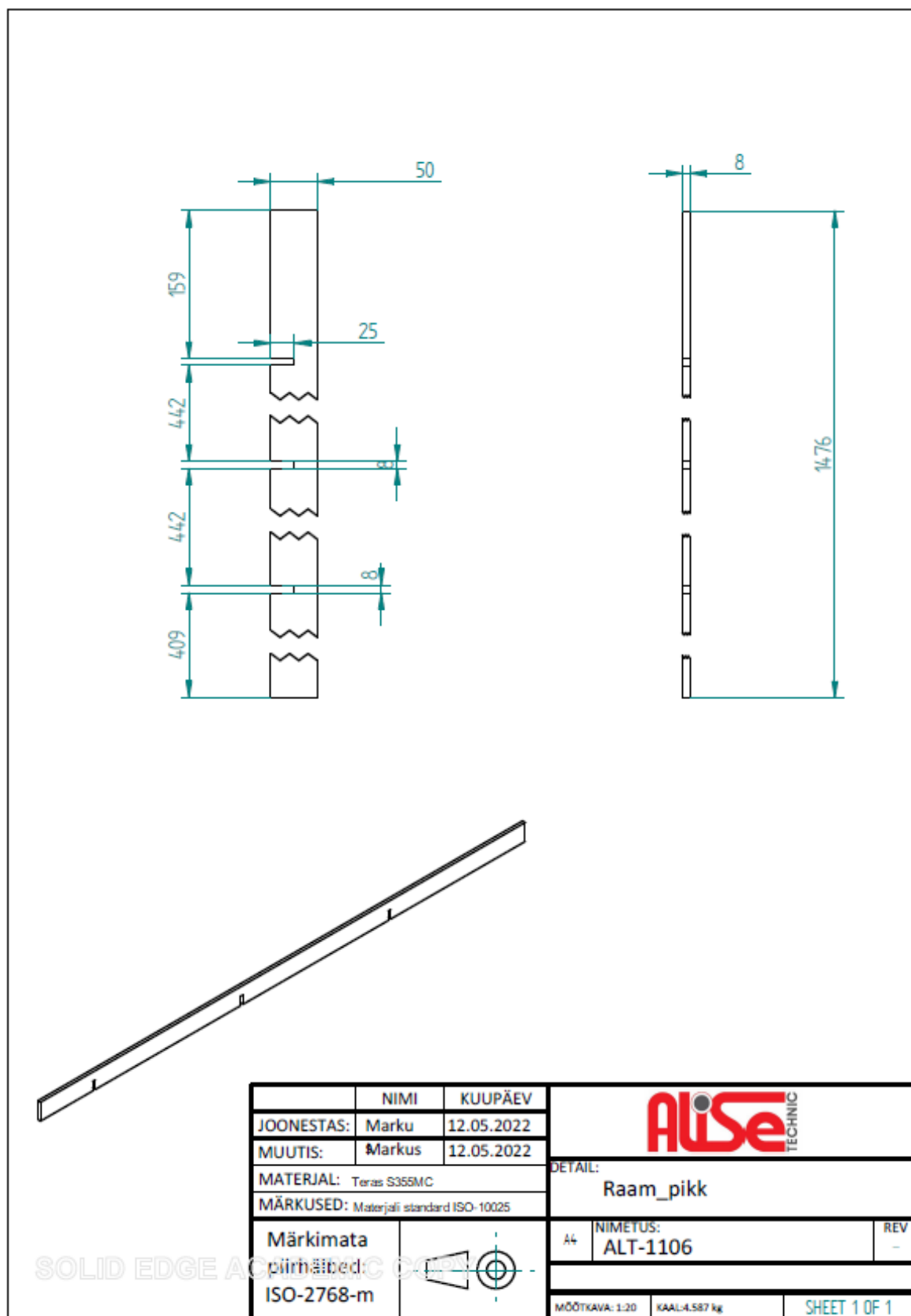
Lisa 19. Laua plate



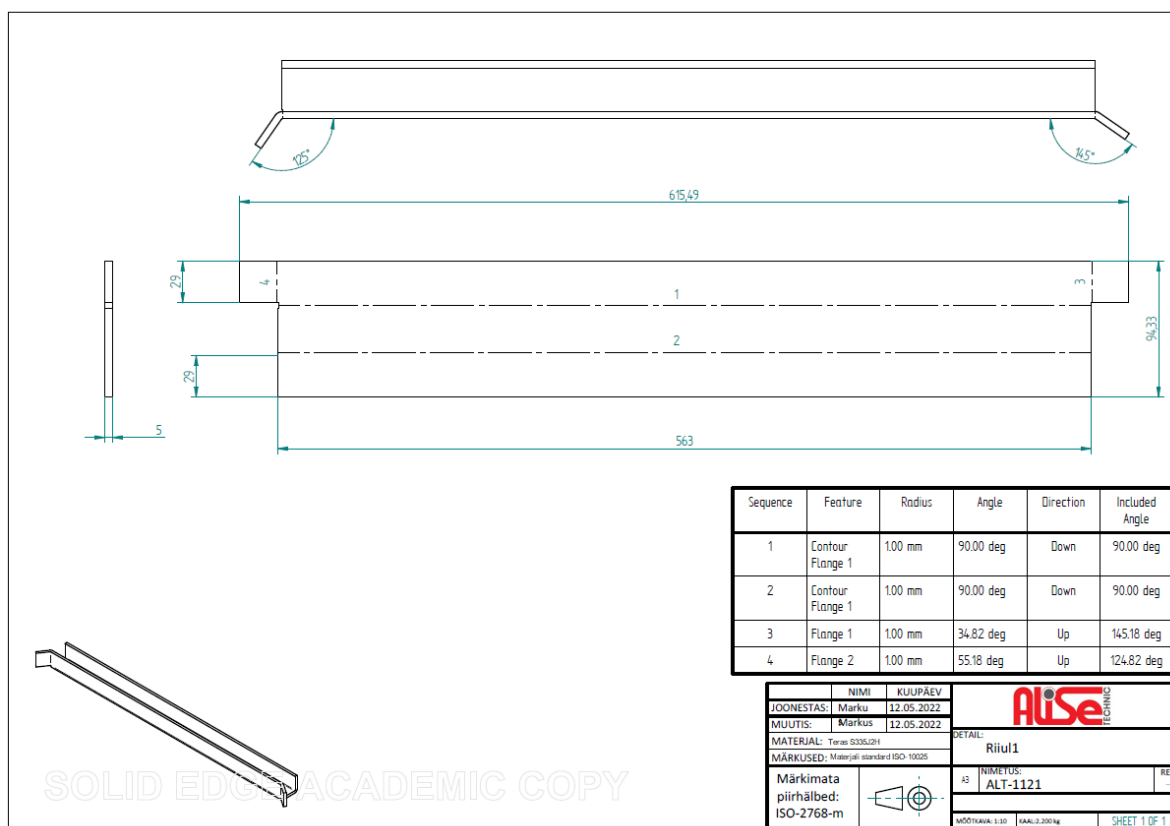
Lisa 20. Raami lühike detail



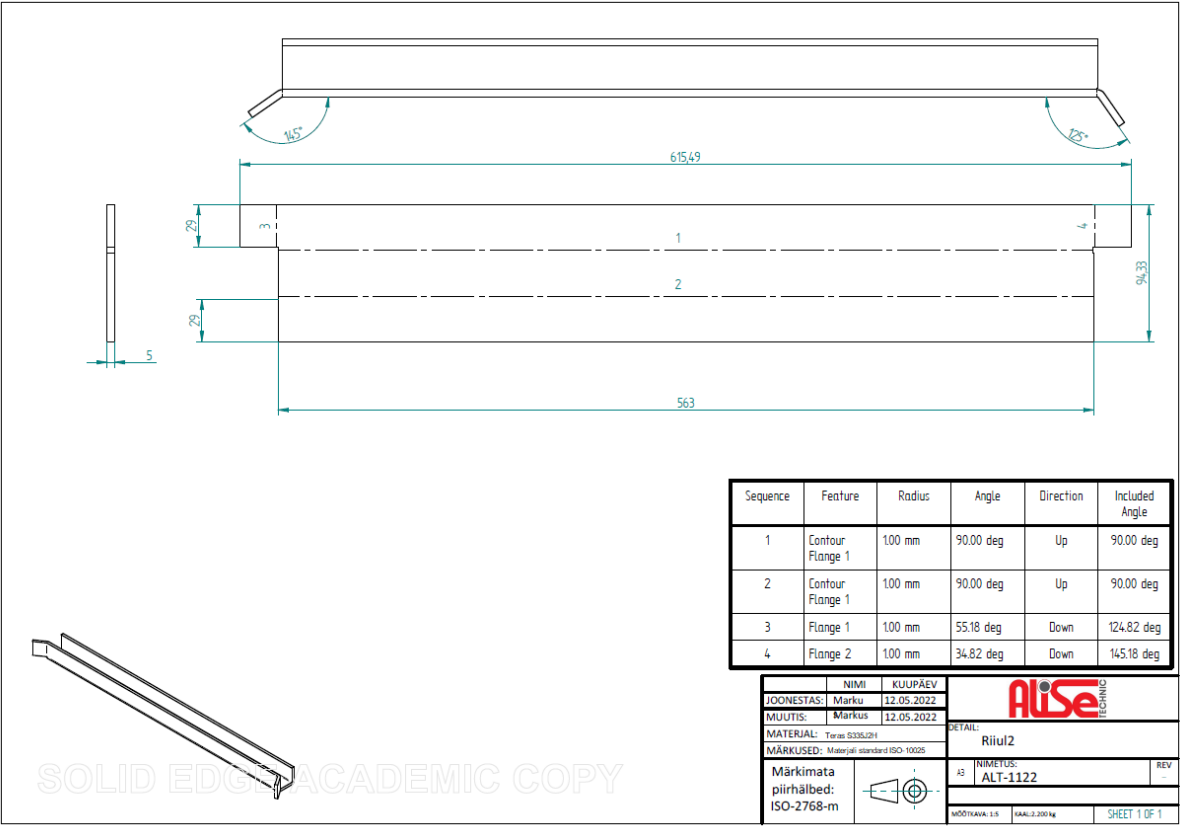
Lisa 21. Raami pikk detail



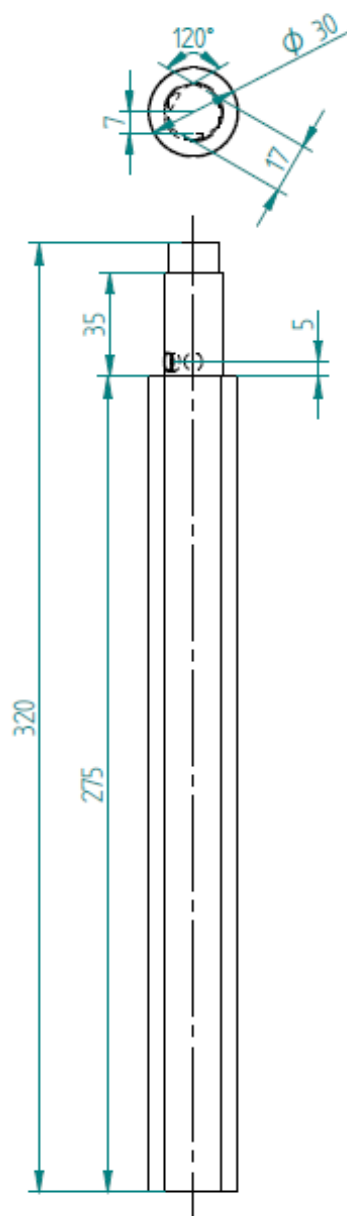
Lisa 22. Pöörleva plate riuli detail 1



Lisa 23. Pöörleva plate riuli detail 2



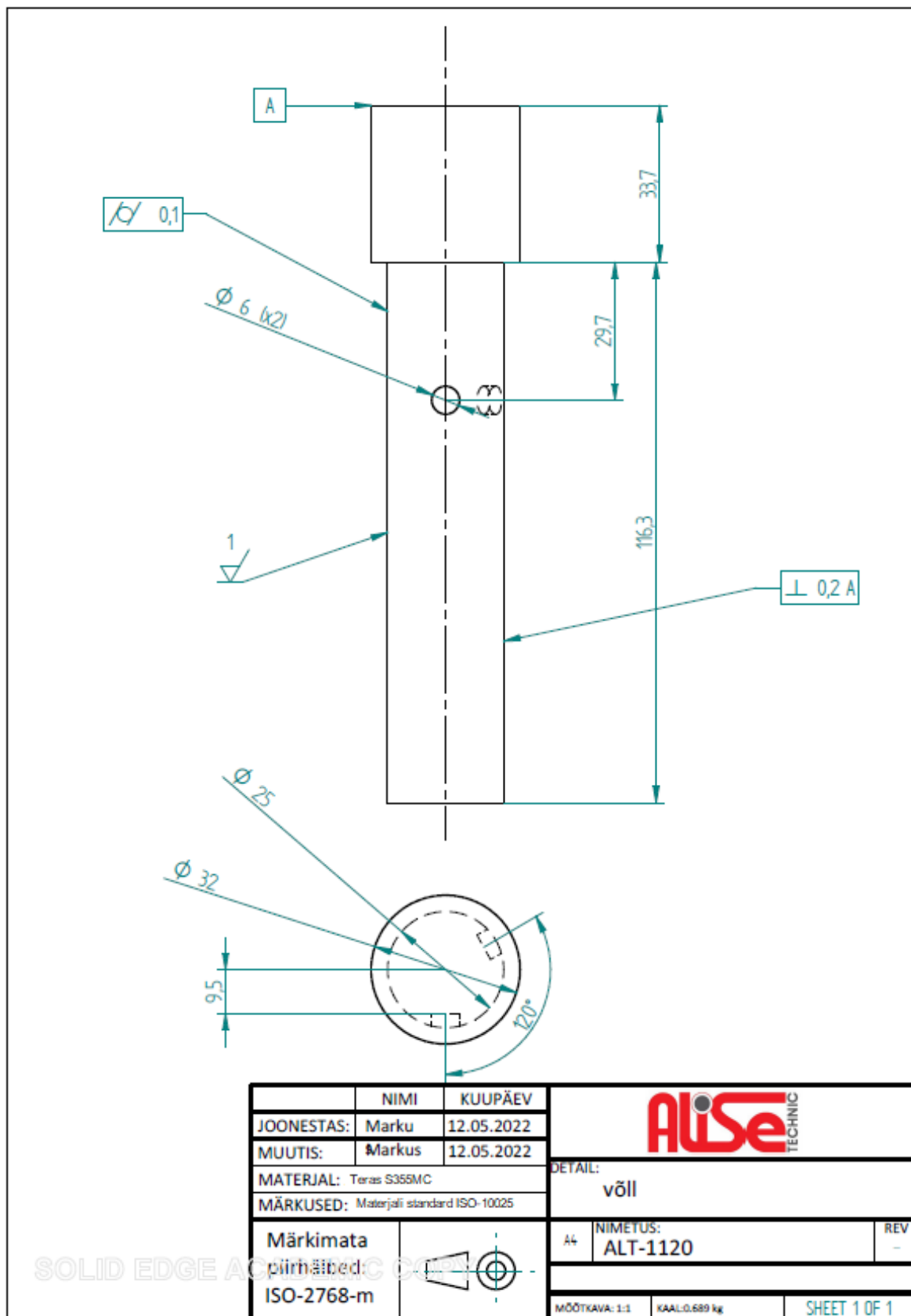
Lisa 24. Trapetskeermelati töötlus



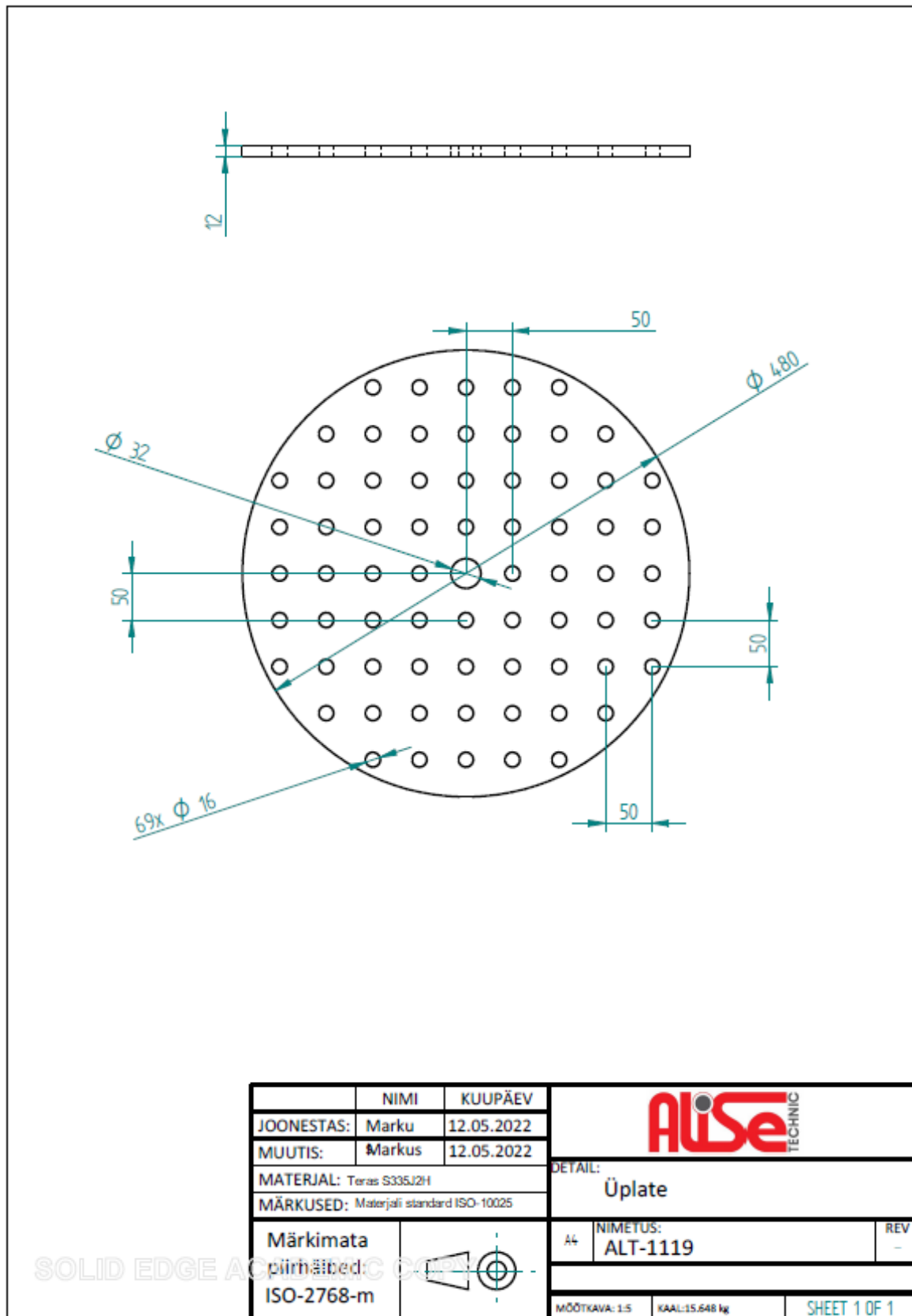
	NIMI	KUUPÄEV			
JOONESTAS:	Marku	12.05.2022			
MUUTIS:	Markus	12.05.2022	DETAIL:		
MATERJAL: Teras S335J2H			Trapets		
MÄRKUSED: Materjali standard ISO-10025					
Märkimata piirhälbed:		A4		NIMETUS:	REV
ISO-2768-m				ALT-1123	-
		MÕÖTKAVA: 2:1		KAAL: 1,627 kg	SHEET 1 OF 1

SOLID EDGE ACAD 2022

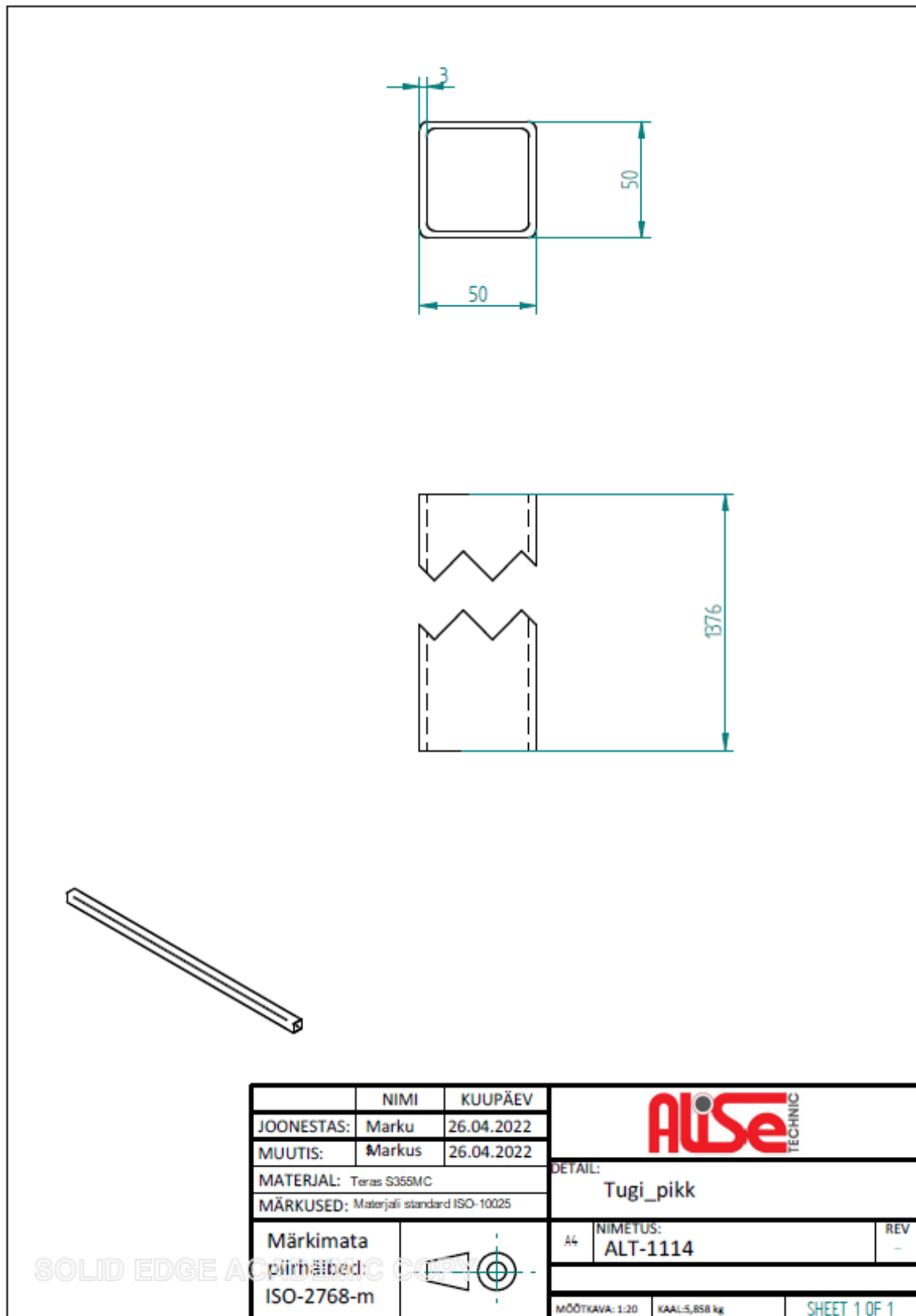
Lisa 25. Võlli töötlus



Lisa 26. Pöörleva aluse plate



Lisa 27. Pikk tugitala



Lisa 28. Lühike tugitala

