



TALLINNA TEHNICAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Tootmisprotsessi efektiivsuse tõstmine Gas Valve Unit näitel

Increasing production efficiency based on GUV

MASINAEHITUS- JA ENERGIATEHNOLOOGIA PROTSESSIDE JUHTIMINE
ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Konstantin Poletajev

Üliõpilaskood: 178610EDJR

Juhendaja: Tatjana Baraškova,
Vanemlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS¹

Mina Konstantin Poletajev (sünnikuupäev:07.10.1987)

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

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

SISUKORD

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOEND	5
SISSEJUHATUS	6
1. FIRST IN SERVICE OÜ ÜLEVAADE	7
2. PROTSESSID FIS OÜ-S	8
3. DEMINGI TSÜKKEL	10
4. TOOTMISPROTSESSI EFEKTIIVSUSE TÕSTMINE GAS VALVE UNIT NÄITEL	11
4.1 Korrektsioon (ACT)	12
4.2 Plaan (Plan)	13
4.3 Teostus (DO)	14
4.4 Kontroll (Check)	24
KOKKUVÕTE	25
SUMMARY	26
KASUTATUD KIRJANDUS	27
LISAD	28

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOEND

<i>GVU</i>	Gas Valve Unit
<i>nt</i>	Näiteks
<i>FIS OÜ</i>	First in service OÜ

SISSEJUHATUS

Elame ajastul, mida nimetatakse sageli „neljandaks-viiendaks tööstusrevolutsiooniks“. See ajaperiood on ainulaadne selle poolest, et tööstuses võetakse kasutusele uusi tehnoloogiaid, nt tehisaru, asjade internetti, automatiseerimist ja pilveandmetöötlust, enneolematul kiirusel ja ulatuses. See revolutsioon muudab kaubatootmise viise, optimeerib tootmisprotsesse, loob uusi digitaalseid turge ja muudab ärimudeleid [1] [2][6].

Oluline on tõdeda, et selles revolutsioonis mängib võtmerolli tööstus, kuna paljude uute tehnoloogiate eesmärk on parendada tootmist, vähendada kulusid ja suurendada tõhusust. Näiteks tootmise automatiseerimine võimaldab vähendada inimteguri osatähtsust koosteprotsessides ning suurendada tootmise kiirust ja täpsust. Pilveandmetöötlus annab tööstusettevõtetele võimaluse salvestada ja töödelda suuri andmehulki, mis on vajalik tootmise seireks ja optimeerimiseks. Sellised tehnoloogiad nagu asjade internet võimaldavad koguda reaajas andmeid seadmete seisundi ja tootmisprotsesside kohta nende edasiseks analüüsimiseks ja optimeerimiseks [3] [4] [5].

Lisaks kiiresti muutuvale tööstusvaldkonnale on viimasel ajal toimunud olulised muutused ka maailma majanduses. Tarneahelates on ilmnunud häired ja mõnede varem probleemideta kättesaadavate ressursside hulk on vähenenud. See on loonud uued takistused tootmise õigeaegsele varustamisele vajalike komponentidega. Selle tulemusena on ettevõtted hakanud oma konkurentsivõime hoidmiseks turul end veelgi täiustama ja parendama.

Selle töö eesmärk on uurida ja optimeerida valitud metoodika PDCA raames tellimuste täitmise protsessi First in Service OÜ näidel.

1. FIRST IN SERVICE OÜ ÜLEVAADE

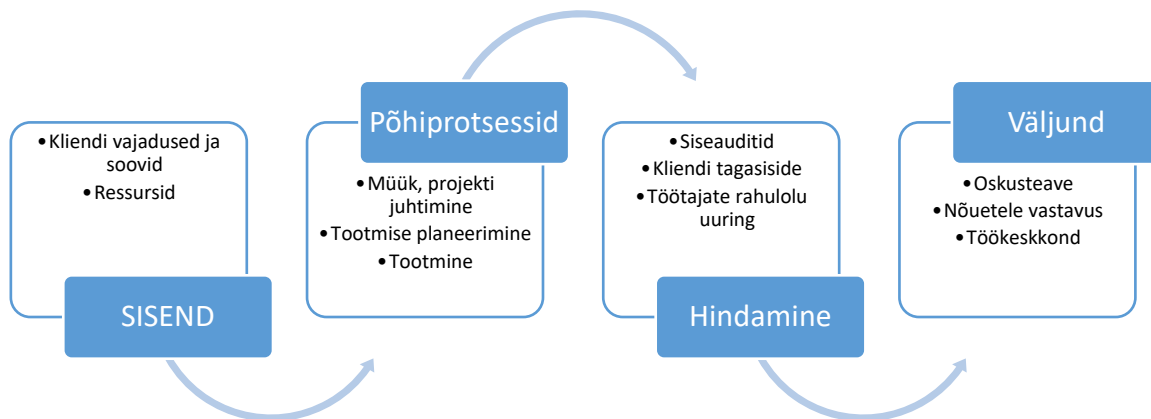
Standardid võimaldavad ettevõttel tagada toodete või teenuste kõrge kvaliteet, kaitsta keskkonda, kindlustada tööprotsesside ohutus ja tõhusus ning suurendada klientide usaldust ja äritegevuse stabiilsust [7].

Ettevõtted järgivad järgmisi Euroopa standardeid:

- ISO 9001:2015 – rahvusvaheline standard, milles on kehtestatud nõuded organisatsiooni kvaliteedijuhtimissüsteemile. See standard aitab ettevõtetel parandada toodete või teenuste kvaliteeti, hallata protsesse tõhusamalt ja suurendada klientide rahulolu;
- ISO 14001:2015 – rahvusvaheline standard, milles on kehtestatud nõuded organisatsiooni keskkonnajuhtimissüsteemile. See standard aitab organisatsioonidel hinnata ja juhtida oma tegevuse mõju keskkonnale, vähendada keskkonnariske ja parandada oma keskkonnakaitsealase tegevuse tulemuslikkust;
- ISO 1090-1 – standard, milles on kehtestatud nõuded keevitustöödele ning terasest ja alumiiniumist valmistatud keevistarindite kvaliteedile. See standard tagab toodetud tarindite vastavust teatud kvaliteedi- ja ohutusstandarditele;
- ISO 3824-2:2021 – standard, milles on kehtestatud katsemeetodid ja -vahendid keevisliidete kvaliteedi kontrollimiseks. See standard määrab keevisliidete kvaliteedikontrolli kindlaid meetodeid ning tagab keevisliidete tugevust ja ohutust.

2. PROTSESSID FIS OÜ-S

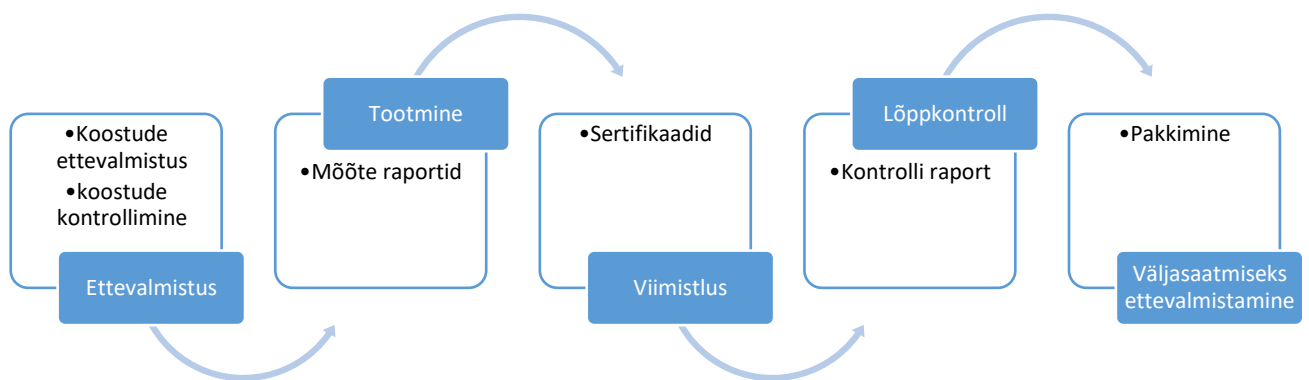
FIS OÜs on optimaalse tulemuse saavutamiseks kõik tootmisetapid ja -protsessid omavahel tihedalt seotud (Joonis 1). Alates planeerimisest kuni kvaliteedikontrollini on kõik tootmisprotsessi etapid järgnevate etappidega vastasmõjus. See on ettevõtte toodete tõhususe ja kvaliteedi tagamiseks oluline.



Joonis 1. Põhiprotsessid ettevõttes

Tootmisetappide vastasmõju aitab kaasa tõhususe suurendamisele, lisaks on see oluline osa ettevõtte arengust ja konkurentsivõimest turul. Tänu protsesside integreerimisele ja erinevate allüksuste töö sünkroniseerimisele saab FIS OÜ kiiremini reageerida turu muutustele ja kohaneda klientide uute nõudmistega.

Selline lähenemine tootmisele (Joonis 2) võimaldab ettevõttel nii parandada toodete kvaliteeti kui ka suurendada konkurentsivõimet. Püütakse tööprotsesse pidevalt täiustada, et püsida konkurentsivõimel ning rahuldada klientide parema teeninduse ja toodete kvaliteedi vajadusi.



Joonis 2. Tootmine

Tootmise planeerimine on ettevõtte eesmärkide saavutamise peamine ülesanne. Konkurentsi tingimustes on oluline, et kõik tootmisprotsessi etapid oleksid hoolikalt planeeritud ja sünkroniseeritud, ilma viivitusteta, et klient saaks oma tellimuse õigeaegselt kätte.

Protsess algab detailide vastuvõtuga, kus saabunud komponendid kontrollitakse jooniste ja tehnilistele nõuete vastavuse osas. Seejärel tehakse põhjalik suuruste ja muude parameetrite kontroll, et vältida defekte järgmistel etappidel.

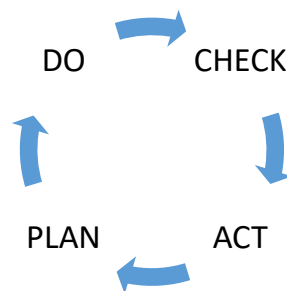
Tootmise etapis töödeldakse ja monteeritakse detaile. Siin on oluline kvaliteediaruannete süsteem, mis fikseerib defekte ja nende kõrvaldamiseks võetud meetmeid. Pärast seda läbivad detailid mehaanilist töötlemist, lihvimist, värvimist ja muid operatsioone range kvaliteedikontrolli all.

Lõppetapp on lõppkontroll, kus tehakse kõigi detailide ja valmistoote lõplik kontroll. Oluline on veenduda, et kõik tooted vastavad tellija nõuetele. Kontrolli tulemused fikseeritakse aruandes.

Seega tagavad kõigi tootmise etappide selge planeerimine ja sünkroniseerimine tellimuste täitmist lubatud tähtaegadel ja klientide rahulolu, mis on ettevõtte eduka tegevuse tagatis.

3. DEMINGI TSÜKKEL

Paljudes rahvusvahelistes ettevõtetes kasutatakse laialdaselt Demingi tsükli meetodit (Joonis 3), mis aitab pidevalt planeerida täiustusi erinevates valdkondades, nt kvaliteedi- ja riskijuhtimises, tootmises, personali koolituses jm. Selle meetodi pakkus välja William Edwards Deming 1950. aastatel. Demingi tsükli eesmärk on tagada probleemide lahendamise ja tootmise pideva täiustamise analüütiline alus. Selle meetodi süstemaatilise rakendamisega väldivad organisatsioonid vigu, õpivad vigadest ja rahuldavad klientide nõudmisi. Standardi ISO 9001 kohases protsessikeskses lähenemisviisis mängib PDCA tsükkel olulist rolli. See aitab hallata protsesse standardi nõuete kohaselt, vältida vigu ja suurendada klientide rahulolu [8].



Joonis 3. Demingi tsükkel

Meetod PDCA (Plan-Do-Check-Act) on FIS OÜ ettevõttes tootmisprotsesside optimeerimise oluline vahend. See meetod võimaldab ettevõtte tegevusi süstemaatiliselt planeerida, rakendada, kontrollida ja kohandada tootmise tõhususe ja kvaliteeti parendamiseks.

- Planeerimine (Plan) – selles etapis määratletakse eesmärgid ja töötatakse välja tegevuskavad nende saavutamiseks. Analüüsitakse praegune olukord, tuvastatakse probleemid ja määratakse nende lahendamiseks võetavad meetmed.
- Teostamine (Do) – selles etapis jätkatakse planeerimisetapis välja pakutud meetmete võtmist. Rakendatakse ettevõtetud toimingud ja juurutatakse muudatused ettevõtte protsessidesse.
- Kontrollimine (Check) – selles etapis hinnatakse tehtud toimingute tulemused. Analüüsitakse andmed, veendumaks, et püstitatud eesmärgid on täidetud, ja kontrollitakse muutused.
- Korrigeerimine (Act) – viimaks võetakse meetmed protsesside parendamiseks, lähtudes analüüsi tulemustest. Kui leitakse puudused või probleemid, korrigeeritakse ettevõtte tegevused, et vältida nende kordumist tulevikus.

4. TOOTMISPROTSESSI EFEKTIIVSUSE TÕSTMINE GAS VALVE UNIT NÄITEL



Joonis 4. Gas valve unit

Olukorras, kus FIS OÜ tootmine seisis silmitsi tõsiste viivituste ja ressursside ülekuluga, mõistsiti, et peaks kiiresti sekkuma. Sellistes olukordades, keskendudes aktuaalsete probleemide lahendamisele, tekib sageli oht kaotada silmist tootmise parendamise ja optimeerimise aluspõhimõtted.

Selle lõputöö raames on läbi viidud GVV tellimuse, mis koosneb kahest põhikoostusest (joonis 4), analüüs. Töö ülesanne on analüüsida nende koostudega seotud protsesse, et parendada tootmise tõhusust ja lühendada tootmisele kuluvat aega.

Esimene koost hõlmab torusüsteemi (Joonis 5, detail 2), mis on selle põhielement. See süsteem koosneb roostevabast terasest valmistatud erineva läbimõõduga torudest ja tarnijatelt ostetavatest erinevatest komponentidest. Torud ja komponendid on koostatud kindlas järjestuses ja konfiguratsioonis. Torude ühendamiseks kasutatakse kaitsegaasiga TIG-keevitust, et moodustada kvaliteetne keevisõmbluse põhi.

Esimesele koostule kulus 120 tundi. Tootmisprotsess hõlmas nelja põhietappi: keevitamist, koostamist, korrigeerimist pärast kontrolli ja rihtimist. Pärast paranduste

tegemist oli vaja uuesti rihtida, kuna mõõtmeid ja geomeetrilisi parameetreid ei olnud korralikult järgitud. See tsükkel jätkus seni, kuni kõik kliendi nõutud kontrolltoimingud, sealhulgas torude röntgenuuringud, olid edukalt läbitud ning täiendavaid parandusi ja keevitusi ei olnud enam vaja. Alles pärast seda etappi võis tootmistsükli lugeda lõpetatuks.

Teisele koostule kulus 260 tundi. See koost on tugevast terasest S355 valmistatud tarind, mille sees paikneb torude süsteem. See koost hõlmab erinevaid komponente, nt korpus, raam, kinnitusvahendid ja muud osad, ning on keevitatud meetodil MIG/MAG.

Tellimuse laekumisel selgus, et korpuse valmistamine etteantud suuruse ja kujuga ellipsoidipooltest ei ole võimalik. Selle asemel otsustati tellijaga kooskõlastada asendamine olemasolevate pooltega. See lahendus põhjustas aga koosteetapis mitmeid raskusi, mis olid tingitud nende poolsfääride tellija joonistel esitatud suuruse ja kuju ning tegelike omaduste erinevustega. Kõik mõõdud olid pärit sfääri teljest ja läbilõikest, kuid sfäärilise kuju tõttu puudusid lähtepunktid, mille tõttu oli ettevõtte sunnitud kõik punktid määrama projektsioonide abil.

Otsustati kasutada meetodit PDCA (Plan-Do-Check-Act), mis hõlmab süstemaatilist lähenemist protsesside juhtimisele ja parendamisele. Selle abil viidi läbi tootmisahela põhjaliku analüüsi, tuvastati kitsaskohad ja probleemsed valdkonnad ning seejärel töötati välja ja juurutati konkreetseid optimeerimismeetmed.

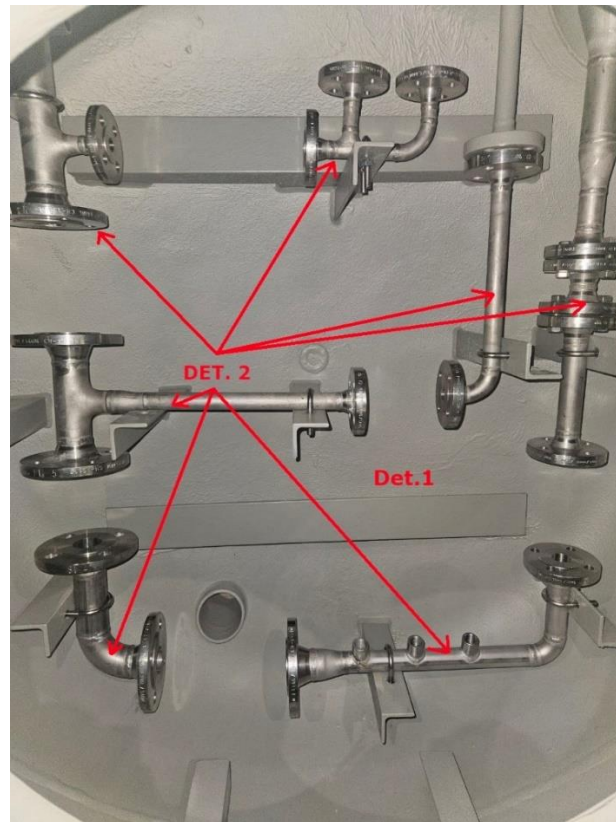
4.1 Korrektsioon (ACT)

Koostamis- ja keevitustööde tegeliku kestuse analüüs on tellimuse täitmisel lähtepunkt järgnevate etappide määramisel. Analüüsi käigus pöörati tähelepanu erinevatele aspektidele, nt protsessi igale etapile kulunud ajale, tehtud töö kvaliteedile, vastavusele lähtenõuetele ja kliendi ootustele.

Tuvastati põhitegurid, mis põhjustasid ülemäärase ajakulu (Lisa 2). See hõlmas tööprotsesside, ressursside kasutamise, tootmise korraldamise, projektijuhtimise, samuti võimalike välistegurite analüüsi. Andmete uurimine võimaldas tuvastada tellimuse täitmise protsessi konkreetseid elemendid, mida saab parendada või optimeerida. Tähelepanu pöörati kitsaskohtade, ülearuste toimingute, tarbetute kontrollide või ressursside ebatõhusa kasutamise tuvastamisele.

Kavandatavate parenduste juurutamise planeerimine ja kontrollimine hõlmab vastutavate isikute nimetamist, ülesannete ja ressursside jaotamist, ajakavade kehtestamist ning edenemise seire- ja kontrollisüsteemi väljatöötamist.

4.2 Plaan (Plan)

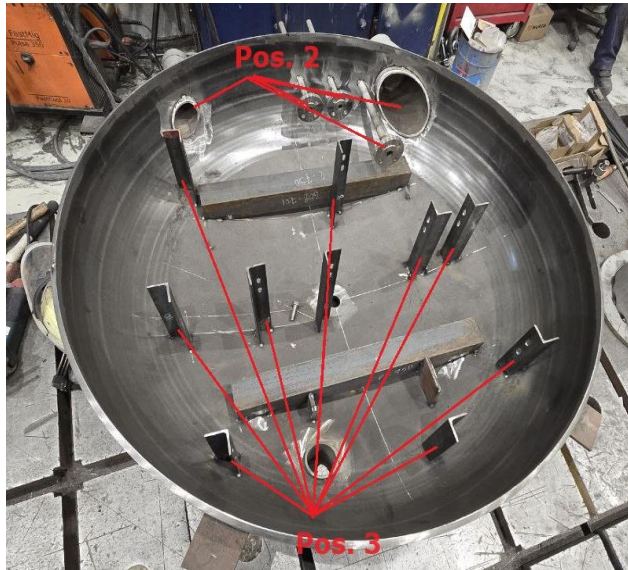


Joonis 5. Torud korpuse sees

Järjestikune koostamine oli algselt ebatõhus tehnika. Kinnitusvahendid korpuses ei taganud torustikule piisavat tuge ega võimaldanud tagada kõikide mõõtmete vastavust lubatud kõrvalekalletele. Torustiku elementide muutmisel oli peaaegu alati vaja kogu torukoost täielikult demonteerida, mis tingis kauakestva kontrolliprotsessi. Tehti kontrollkoostud kinnitamaks, et tooted jäävad lubatud väärtuste piiridesse.

Selle tootmisprotsessi optimeerimise peamised ülesanded olid järgmised:

- Teha kõik avad mehaanilise töötlemise etapis.
- Jätta koordinaadid koosteetapi jaoks.
- Koostada torud (joonis 5, detail 2) sõltumata korpusest (joonis 5, detail 1).
- Tagada korpuses paiknevate osade asukohtade mugavam otsing.



Joonis 6. Sisekoost. Ellipsi tagakülg

Korpuse määramata raadiusega ellipsoidikuju tõttu kulus märkimisväärne aeg osade (joonis 6, pos 3) täpse asukoha määramisele korpuses. Pärast aukude mehaanilist loomist (joonis 6, pos 2) ei säilitatud reeperpunkte, millest oleks võinud hiljem lähtuda. Samuti ei olnud teada ühegi tehtud augu (joonis 6, pos 2) täpseid koordinaate.

Analüüside põhjal on välja töötatud korrigeerimiskava, kus on esitatud konkreetset etapid ja meetmed tuvastatud probleemide kõrvaldamiseks ning tellimuse täitmise protsessi optimeerimiseks. See hõlmab muudatusi tootmistehnoloogias ja personali koolituses ning muudatusi töökorralduses ja juhtimisprotsessides.

Korrigeerimiskava teostamise edukuse üks põhiaspektidest on personalitoe tagamine. See hõlmab töötajate koolitamist tööks vajalike uute meetodite ja tehnoloogiatega, töötajate motiveerimist ja kaasamist muutuste elluviimise protsessi ning tõhusaks tööks vajalike ressursside ja tingimuste tagamist.

4.3 Teostus (DO)

Selle tellimuse probleemiks oli tootmisprotsessi mitteoptimaalne korraldus. Vastuseks pakuti välja toote ettevalmistamise, koostamise ja keevitamise uus tehnoloogia.



Joonis 7. Ellipsi esikülg

Selle lähenemisviisi teostamisel tehti mehaanilise töötlemise protsessi käigus korpuse esiseina äärikule auk (joonis 7, pos 1), säilitades samas ringil telgkoordinaadid. Säilitati telgede koordinaadid ka tagaseinal (joonis 8), mis hõlbustas oluliselt korpuse koostamist, kõrvaldades vajadust otsida pärast mehaanilist töötlemist õiged koordinaadid.



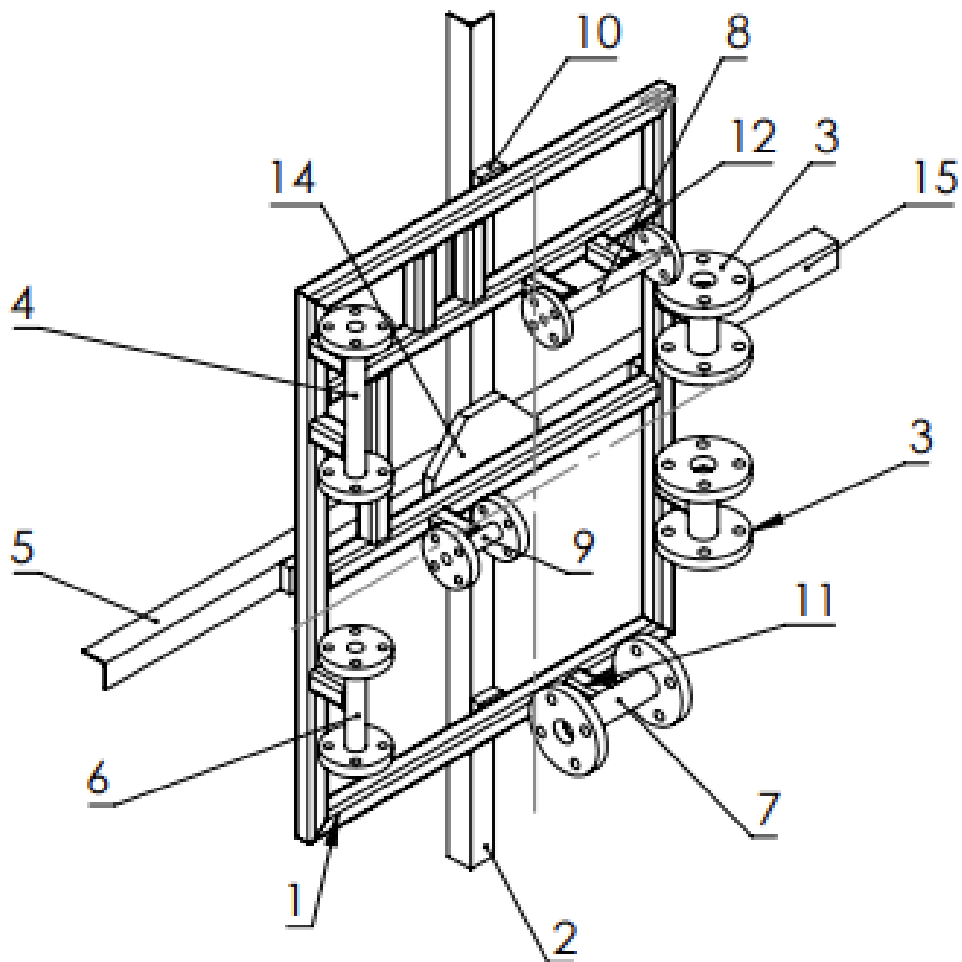
Joonis 8. Ellipsi telje koordinaadid

See vähendas oluliselt käsitsi tehtavat tööd, mis aitas täiendavalt kaasa protsessi tõhususe parendamisele ja lõpptoote kvaliteedi tõstmisele.



Joonis 9. Koostu lõppkontroll

Üks põhiülesannetest oli tootmisprotsessi muutmise malli kontseptsiooni väljatöötamine. See mall pidi vastama kõigile planeerimisetapis esitatud nõuetele, sealhulgas järjestikuste koostamise asendamist komponentide paralleelse koostamisega, torude kinnitusvahendite koordinaatide määramisele ja torustiku positioneerimisele mehaanilise töötlemise etapis jäetud koordinaatide järgi.



Joonis 10. Torude koosterakis

Mall on raam (Joonis 9), iga torukoostul on alt kinnitamise profiil. Ellipsilõige ja raamitasand, samuti nende teljed, on projekteerimise reeperpunktid. Idee seisnes selles, et piki telgi paigutatud raami oleks võimalik paigutada poolkerasse ning raam osutaks kinnitusvahendite paigalduskohtadele ja annaks ette torukoostu kõrguse õiged koordinaadid. Komponentide numbrid ja nende paigalduskoordinaadid on märgitud raamile (Joonis 11).



Joonis 11. Detailide asend

Raam tuli projekteerida peegelsümmeetrilisena (Lisa 1) nii, et kõik komponendid oleks pärast malli paigaldamist korpuse sees õigesti paigutatud. Kinnitusvahendite kõrgus arvutati nii, et äärikud ei puutuks vastu raami. Valmistamise käigus tehti projektis mõned muudatused. Kuna ettevõttel ei olnud kogu torustiku ühendamise komponente, valmistati kontrollimiseks ajutised vahetükid (Joonis 10, pos 3,4,6,7,8,9). Neid otsustati kasutada mallis, mis kiirendas oluliselt koostamise ettevalmistamist, vähendades elementide otsimisele ja jaotamisele kuluvat aega ning vigade tõenäosust.



Joonis 12. Rakis

Isegi juhul, kui pärast kontrollimist oli vaja teha parandusi, tagas see mall (Joonis 12) nõuetele vastavad mõõdud. See võimaldas kinnitusvahendite paigaldamise ka järgmiste tellimuste korral ilma koostatud torustikuta.



Joonis 13. Korpuse aluse rakis

Toote korpuse aluse valmistamiseks otsustati valmistada mall (Joonis 13, det. 4) – kuna ellipsi raadiuse väärtus ei olnud teada, võttis õige kuju väljalõikamine väga kaua aega (Joonis 14). See lahendus pidi lihtsustama tootmisprotsessi ja säästma järgmisele tellimusele kuluvat aega.



Joonis 14. Korpuse alus

Järgmise etapina pärast keevitamist kontrolliti kõiki mõõtmeid ja tehti survekatse vastavalt tellija nõudmistele, et veenduda, et tooted vastavad nõutud kvaliteedile. Kõikidel etappidel kasutati kontrollide jaoks kalibreeritud mõõteseadmeid.



Joonis 15. Kalibreeritud mõõdulint

Kõik mõõtmed kontrolliti kalibreeritud mõõdulindiga (Joonis 15). Kõike saadud mõõtmeid võrreldi hoolikalt kehtestatud lubatud väärtustega ja need jäid lubatud piiridesse, kinnitades komplektide vastavust kehtestatud standarditele. Mõõtmistulemused kanti

protokoll, kuhu lisati ka kalibreeritud tööriista sertifikaadid, mis kinnitavad selle täpsust ja usaldusväärsust.



Joonis 16. Kalibreeritud keevisõmbuse mõõdik

Keevisõmbuste kontrollimiseks kutsutakse inspektor, kes kontrollib keevitusõmbusi visuaalselt ja teeb kontrolli põhjal meile raporti. Kuid sisekontlliks kasutame kalibreeritud keevise mõõdikut (Joonis 16). Valikuliselt kontrolliti keevitusõmbusi ja kõik olid lubatud piirides.



Joonis 17. Kalibreeritud manomeeter

Viimasel etapil tehakse mõlemale koostule (joonis 19, joonis 20) survekatse kalibreeritud manomeetriga (joonis 17), et veenduda kõigi keevitusõmbuste hermeetilisuses ning et

õmblused taluvad tellija poolt määratud survet.

Kuna kliendil ei olnud juhiseid, tehti esimene survekatse GVU-le pärast värvimist (joonis 18). Kuna värvikiht ei olnud ühtlaselt kantud, põhjustas see esmakordselt ajaviivitusi keermeühenduste lekete kõrvaldamisel. Tihendid ei olnud tihedalt korpuse küljes.



Joonis 18. Esimese tellimuse survekatse

Selles olukorras muudeti tehnoloogiat ja tehti katse enne värvimist (joonis 19), mis soodustas kiiremat ja mugavamat testi läbiviimist.



Joonis 19. GVU survekatse



Joonis 20. Torude survekatse

4.4 Kontroll (Check)

Pärast GUV keevituse ja testimise lõpetamist kogutakse andmeid iga etapi jaoks kulunud aja, keevitusõmbluste kvaliteedi, defektide arvu ja muude parameetrite kohta. Neid andmeid analüüsitakse, et teha kindlaks, kas need vastavad kehtestatud kvaliteedi- ja ajastandarditele, ning tuvastatakse piirkonnad, kus esines viivitusi või lubatud kvaliteedikõrvalekallete ületamist.

KOKKUVÕTE

Läbiviidud analüüsi ja saavutatud tulemuste põhjal võib kindlalt väita, et rakendatud metoodika on osutunud mitte ainult tõhusaks, vaid ka oluliselt parandanud ettevõtte First in Service OÜ tootmisprotsesse. PDCA (Plan-Do-Check-Act) meetodi kasutuselevõtt võimaldas süstemaatiliselt planeerida, teostada, kontrollida ja korrigeerida tootmise etappe, mis omakorda viis kõigi oluliste protsesside optimeerimiseni.

Juba esimese tellimuse puhul saavutati kõik seatud eesmärgid, mis kinnitab valitud lähenemisviisi õigsust. Tellimus täideti määratud aja jooksul, järgides kõiki tehnilisi nõudeid ja kvaliteedistandardeid, mis võimaldas vältida tarbetut aja- ja ressursikadu. See tõestab, et ettevõtte ei raiska aega asjatult, vaid kasutab seda tõhusalt parimate tulemuste saavutamiseks.

Lisaks paranes tootlikkus ja töö kvaliteet iga järgmise tellimusega. Kolmanda tellimuse näitel võib näha, et optimeeritud protsessid võimaldasid saavutada veelgi kõrgemaid tulemusi. Tellimuse täitmise aeg lühenes, toodete kvaliteet paranes ja tootmiskulud vähenesid. See tõendab, et PDCA meetod mitte ainult ei õigustanud ennast, vaid aitab kaasa pidevale tootmisnäitajate parandamisele.

Seega võib kindlalt öelda, et tehtud töö oli edukas. PDCA meetodi rakendamine võimaldas ettevõttel First in Service OÜ mitte ainult saavutada seatud eesmärgid, vaid ka ületada ootused, mis kinnitab valitud lähenemisviisi õigsust ja otstarbekust. Need saavutused näitavad, et ettevõtte liigub õiges suunas, kasutades oma ressursse tõhusalt ja püüeldes pidevalt oma tootmisprotsesside parandamise poole.

SUMMARY

The Fourth-Fifth Industrial Revolution, characterized by rapid adoption of technologies like artificial intelligence, the Internet of Things, automation, and cloud computing, is transforming manufacturing, optimizing production processes, creating new digital markets, and altering business models. The industrial sector plays a key role in improving production, reducing costs, and increasing efficiency. Recent global economic changes, including supply chain disruptions and resource availability issues, have driven companies to enhance their competitiveness. This work aims to optimize the order fulfillment process using the PDCA (Plan-Do-Check-Act) methodology.

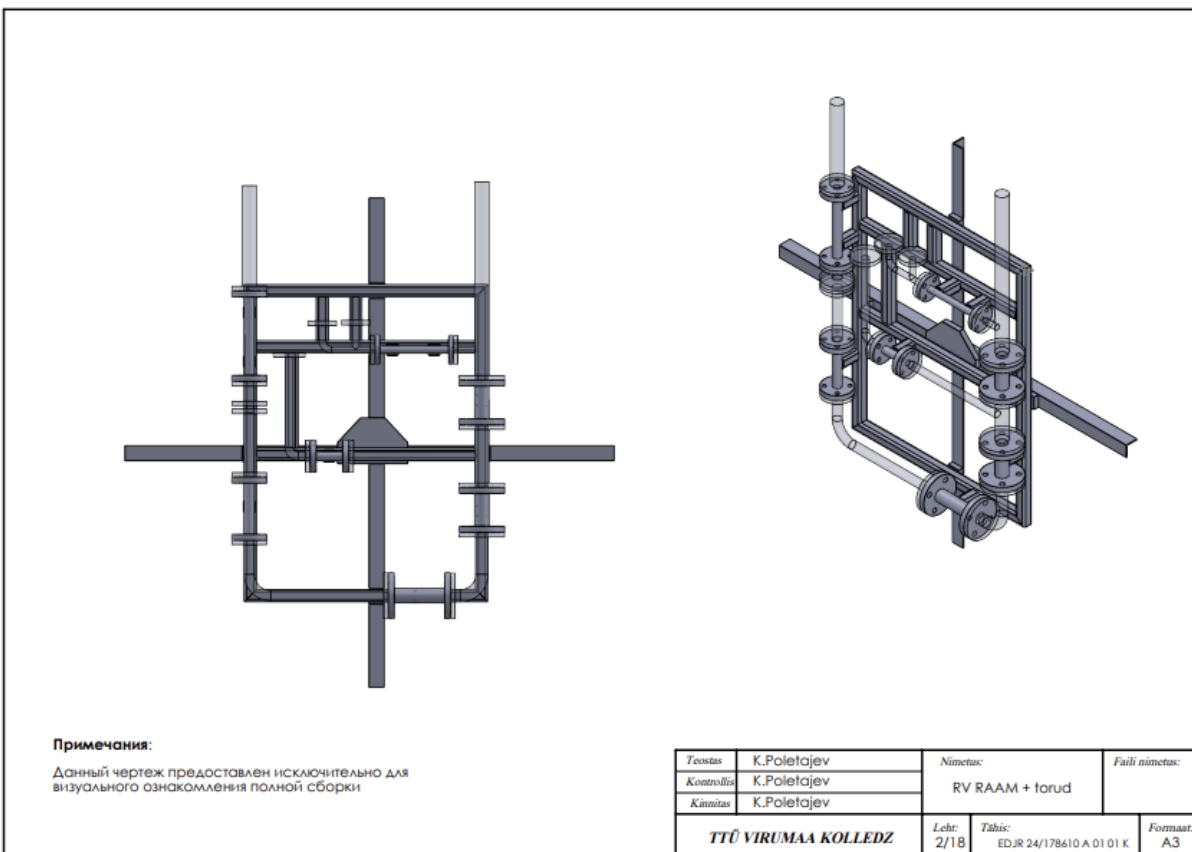
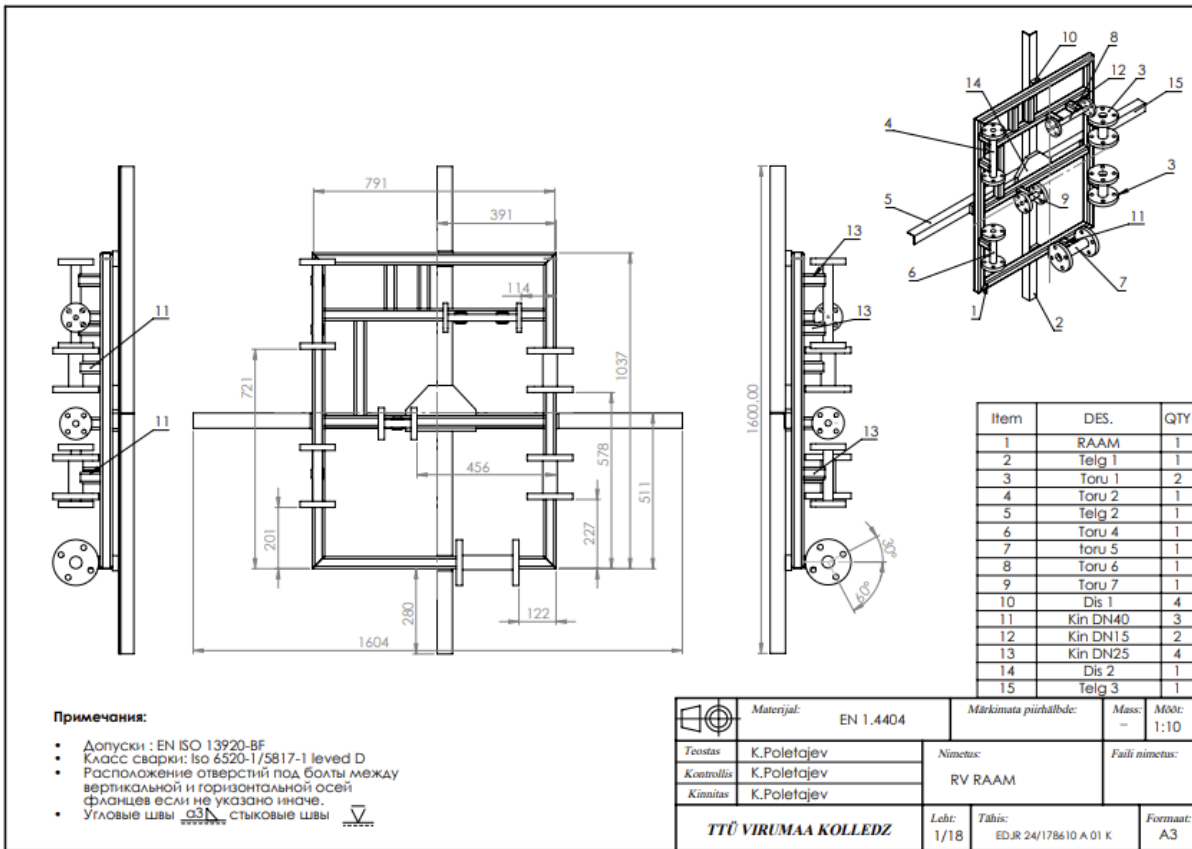
The PDCA methodology has proven effective, significantly improving production processes at First in Service OÜ. It allowed for systematic planning, execution, monitoring, and adjustment of production stages, leading to optimized processes. Initial objectives were met with the first order, confirming the approach's correctness. Subsequent orders showed improved productivity, quality, and reduced costs. These results demonstrate the PDCA method's effectiveness and continuous improvement capabilities, indicating that the company is on the right track, efficiently using resources and striving for ongoing production process enhancements.

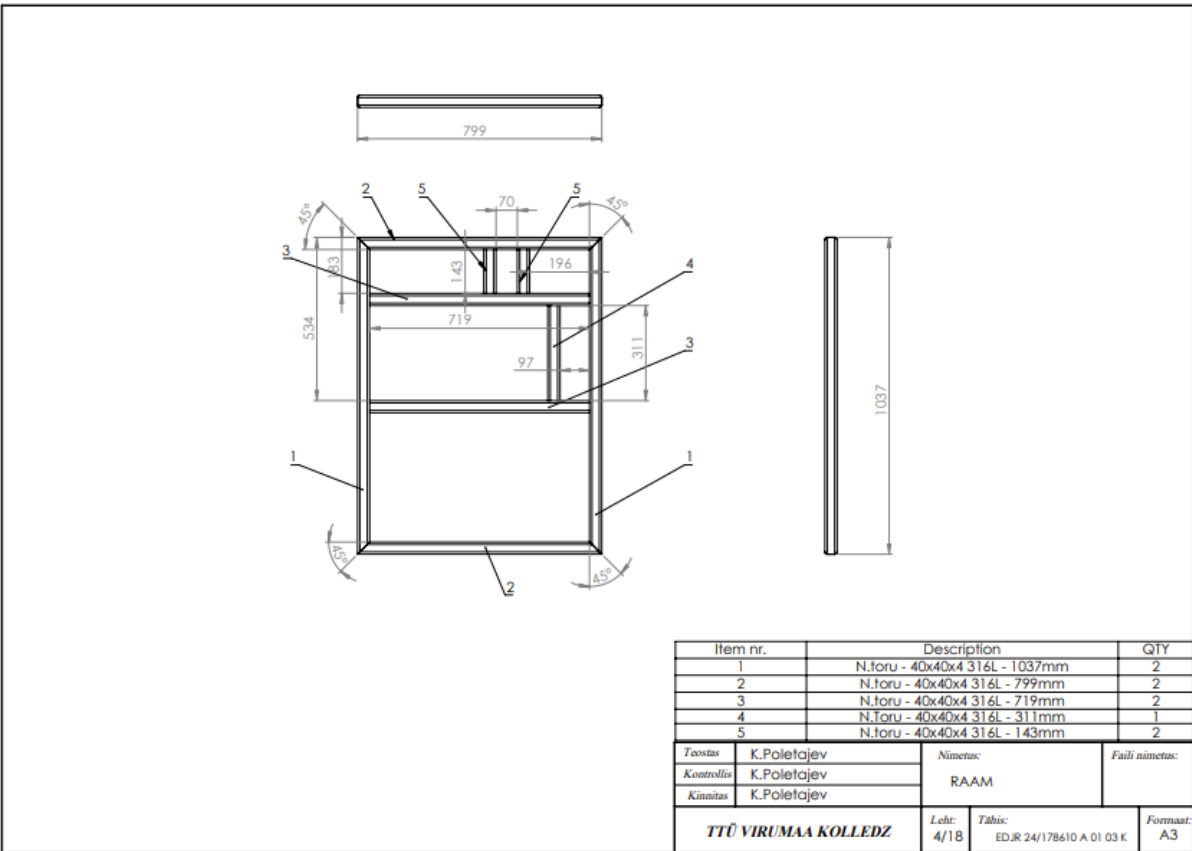
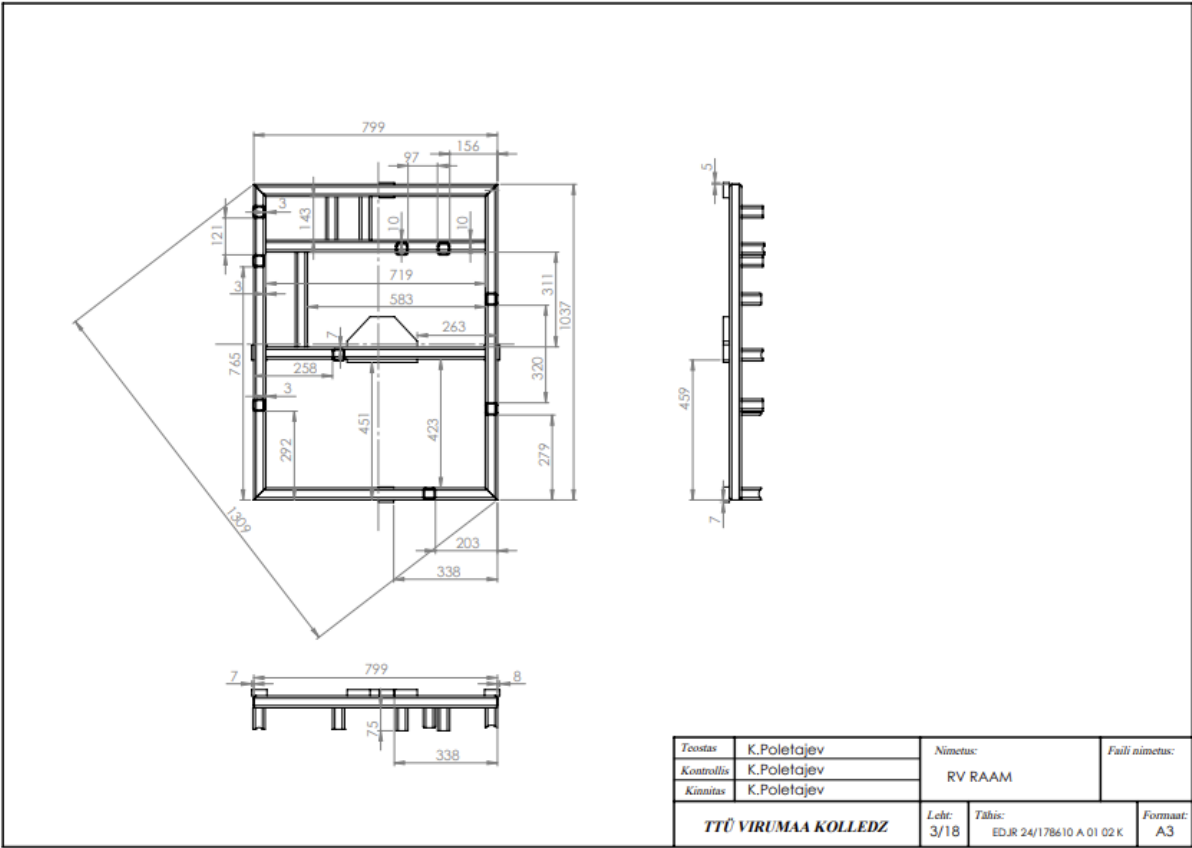
KASUTATUD KIRJANDUS

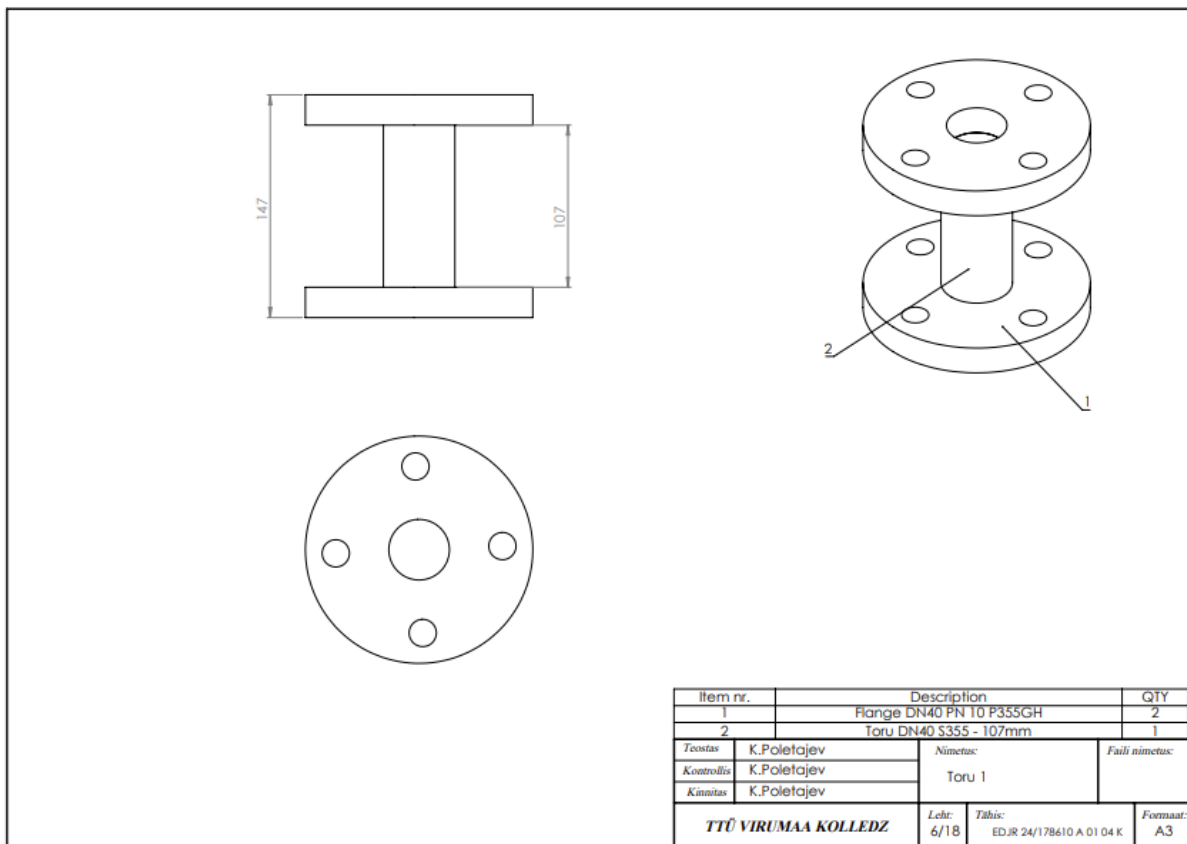
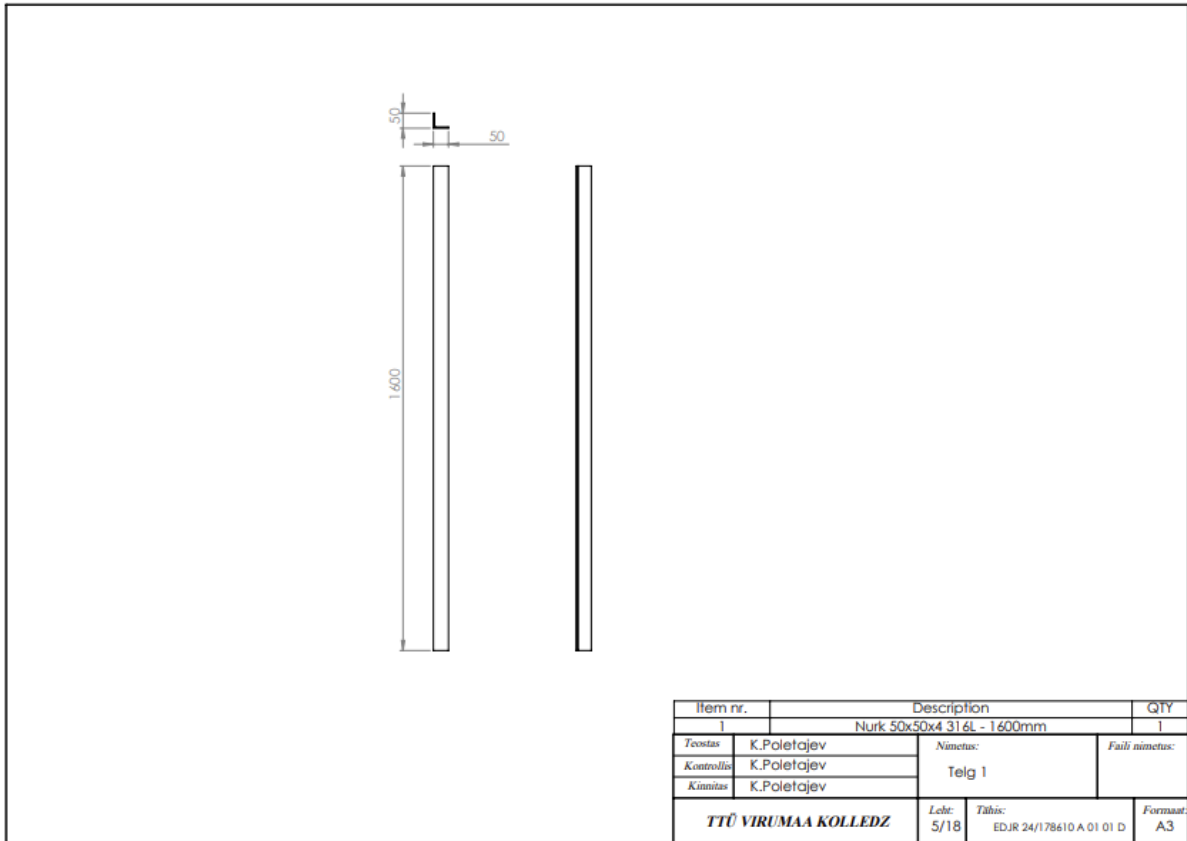
1. Agostini, L., & Filippini, R. (2019). Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. *European Journal of Innovation Management*.
2. Ante, G., Facchini, F., Mossa, G., & Digiesi, S. (2018). Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems. *IFAC-Papers OnLine*, 51(11), 13-18.
3. Belfiore, G., Falcone, D., & Silvestri, L. (2018) Assembly line balancing techniques: Literature review of deterministic and stochastic methodologies. *17th International Conference on Modeling and Applied Simulation, MAS 2018*. 185–190.
4. Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Antomarioni, S. (2019). Lean principles for organizing items in an automated storage and retrieval system: an association rule mining–based approach. *Management and Production Engineering Review*, 10(1), 29-36.
5. Brewerton, P. M., & Millward, L. J. (2001). Organizational research methods: A guide for students and researchers. *SAGE Publications Ltd*.
6. Buer, S. V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924-2940.
7. International Organization for Standardization. (n.d.). Standards. [WWW] <https://www.iso.org/standards.html>
8. Orsini, J., Cahill, D. D., & Deming, W. E. (2012). The essential Deming: Leadership principles from the father of quality. McGraw-Hill Education

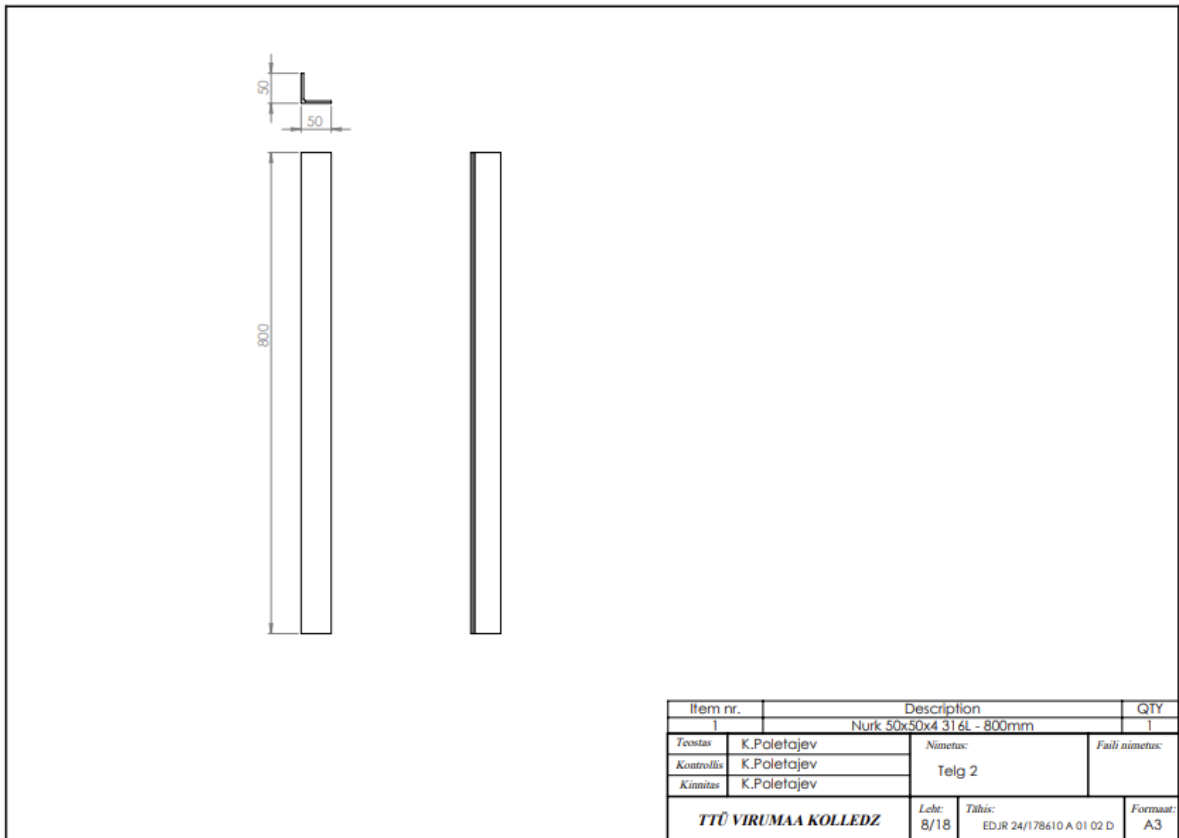
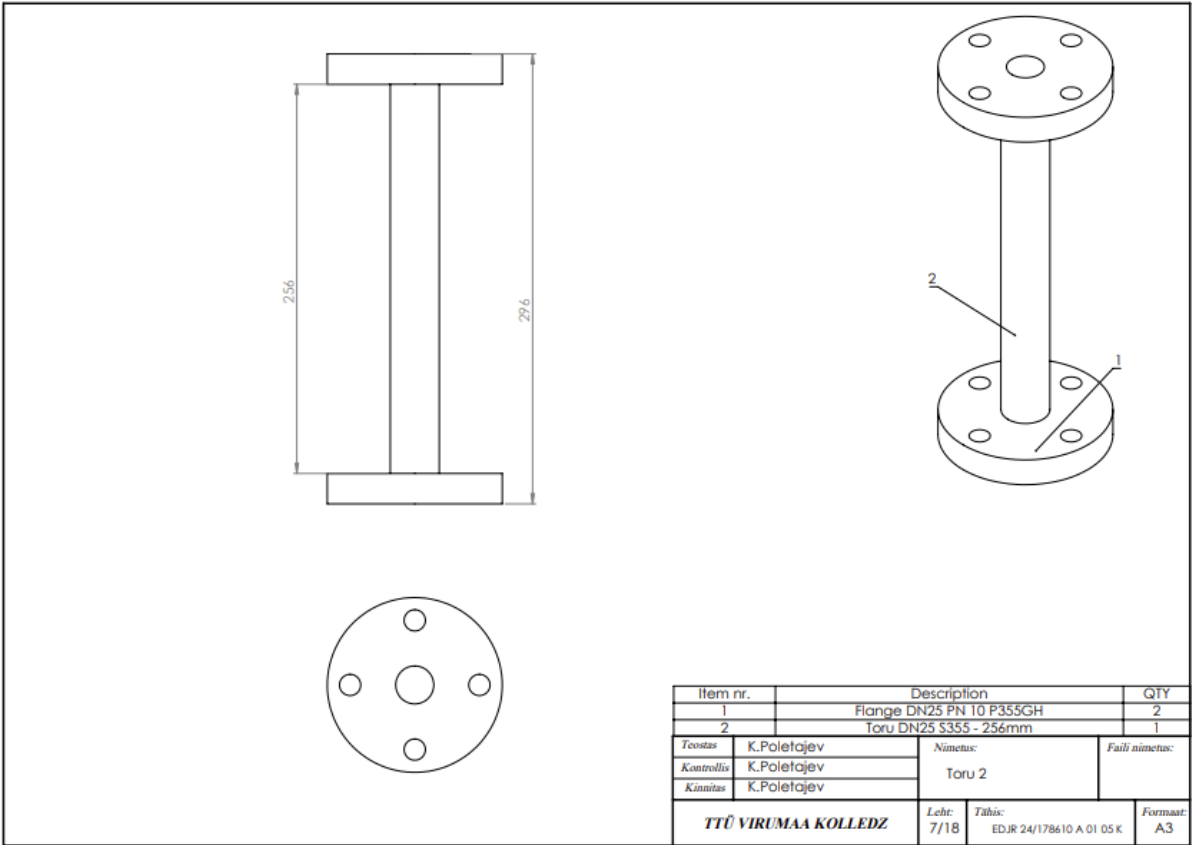
LISAD

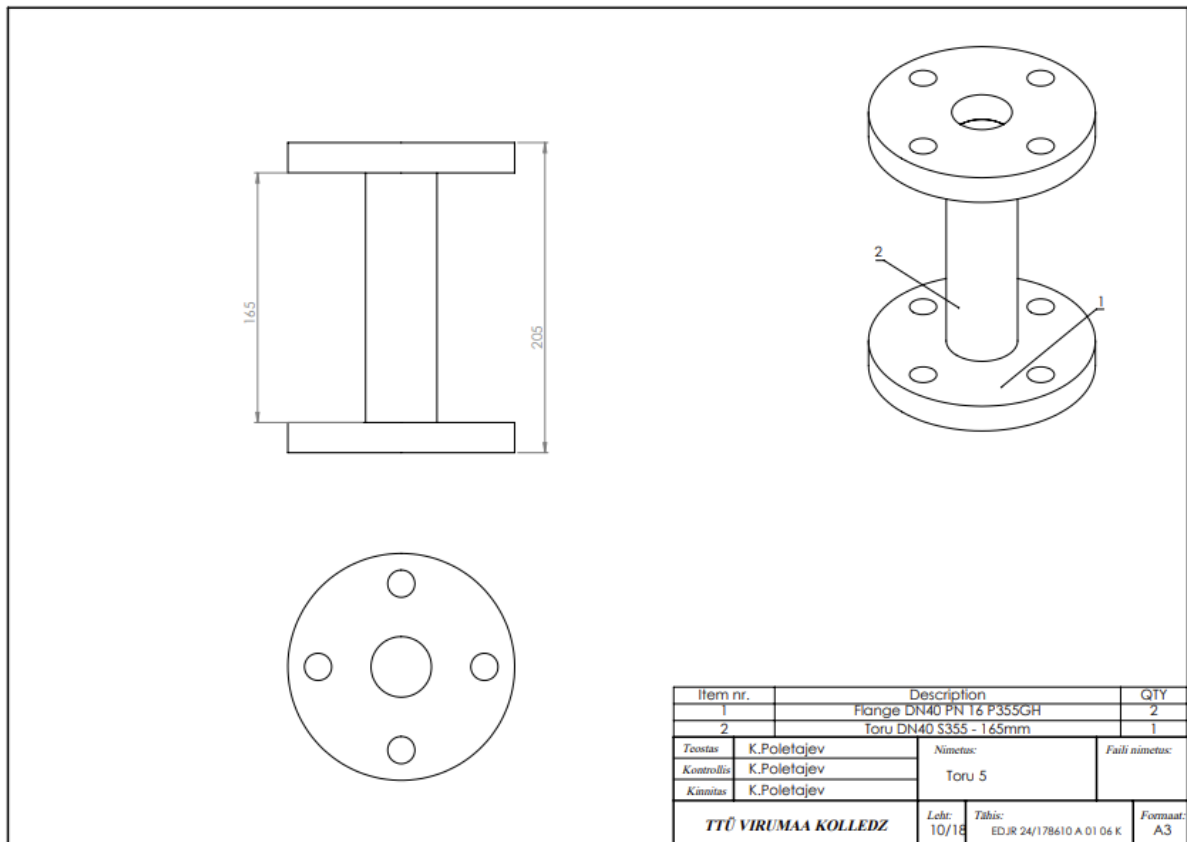
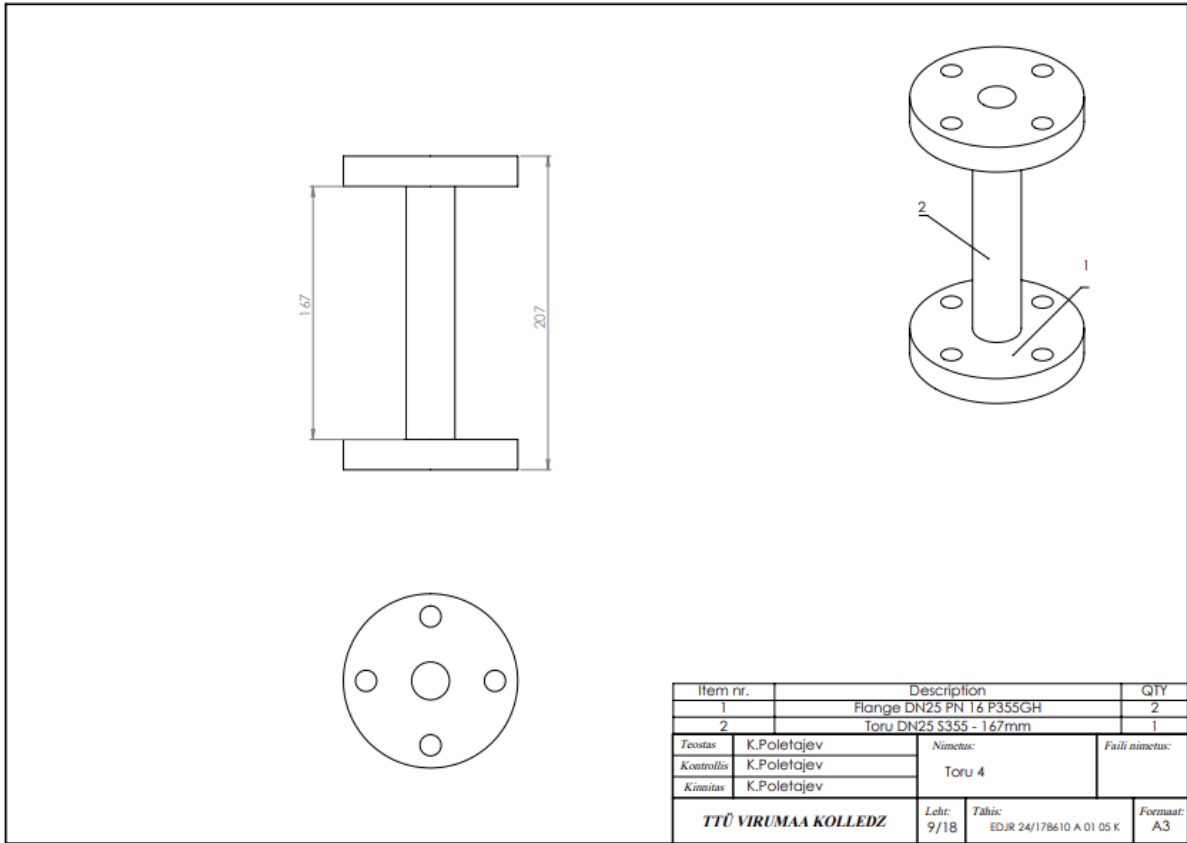
LISA 1. RV RAAM

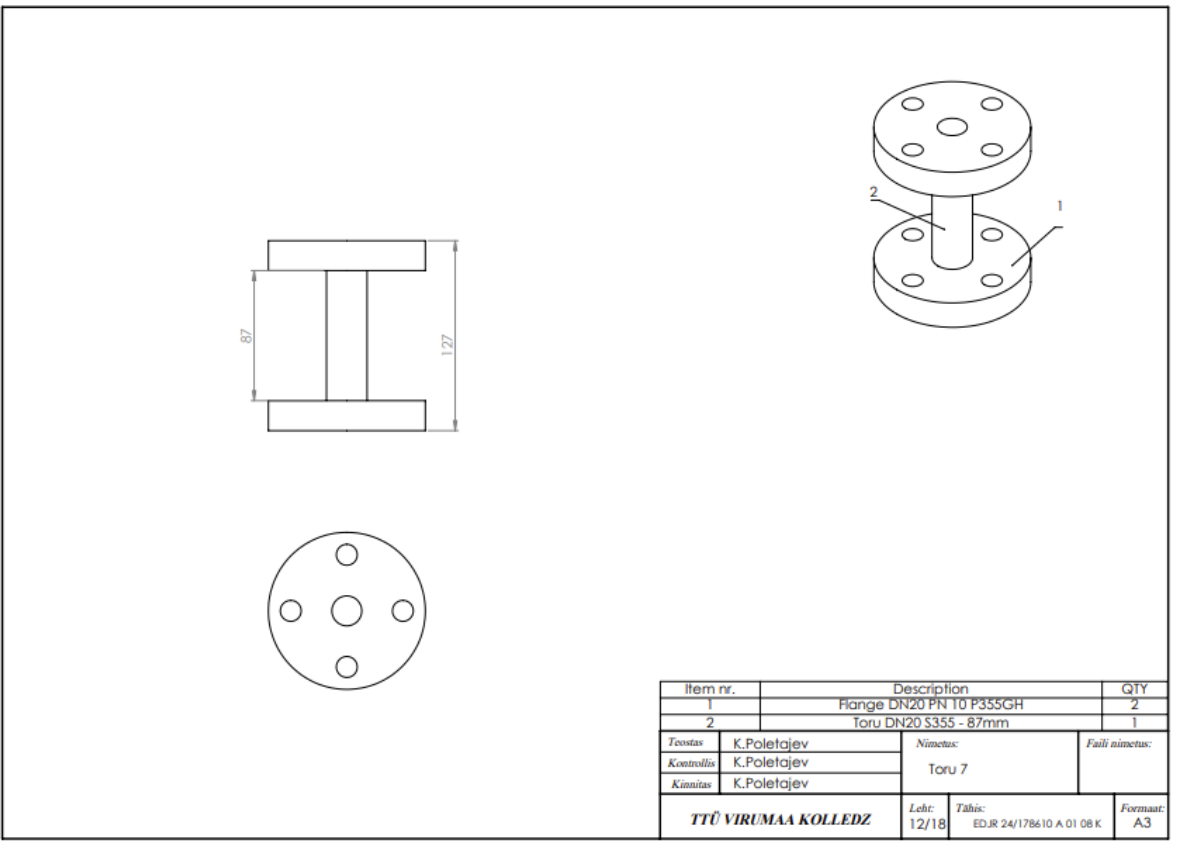
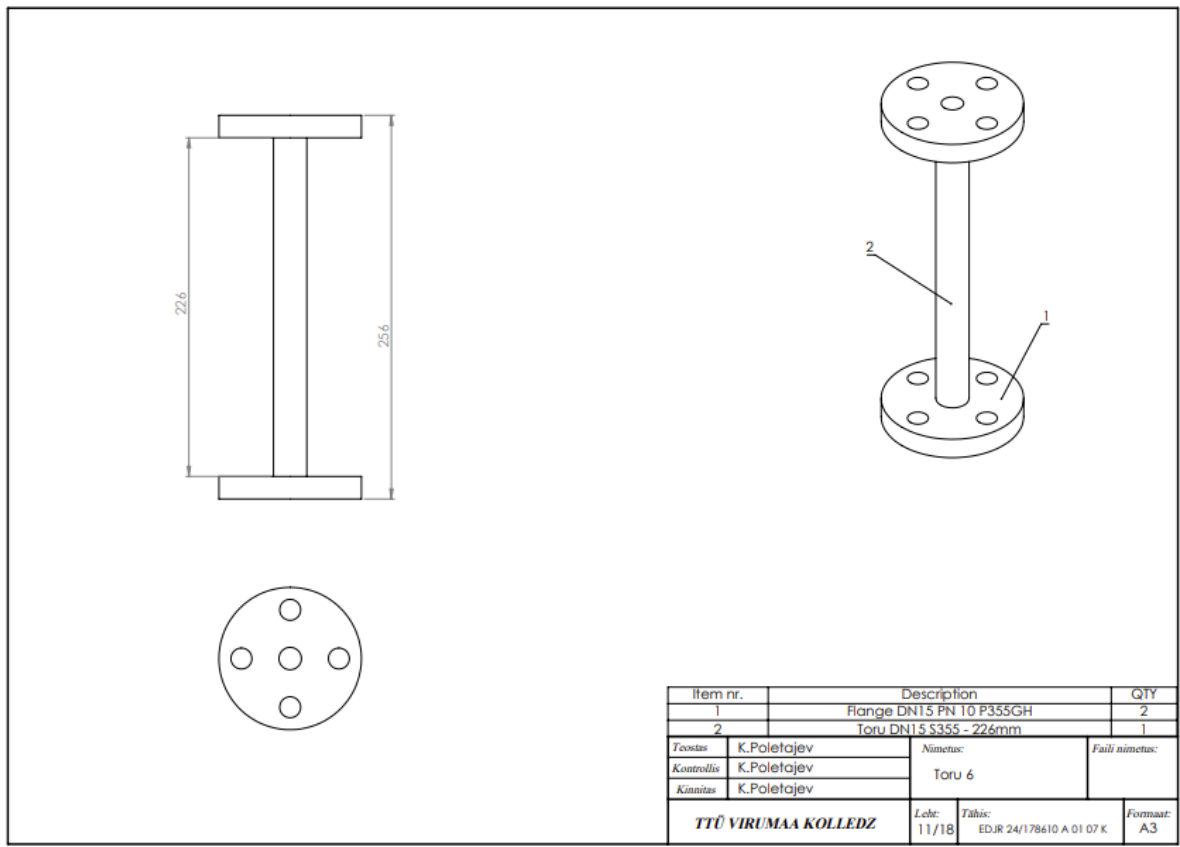


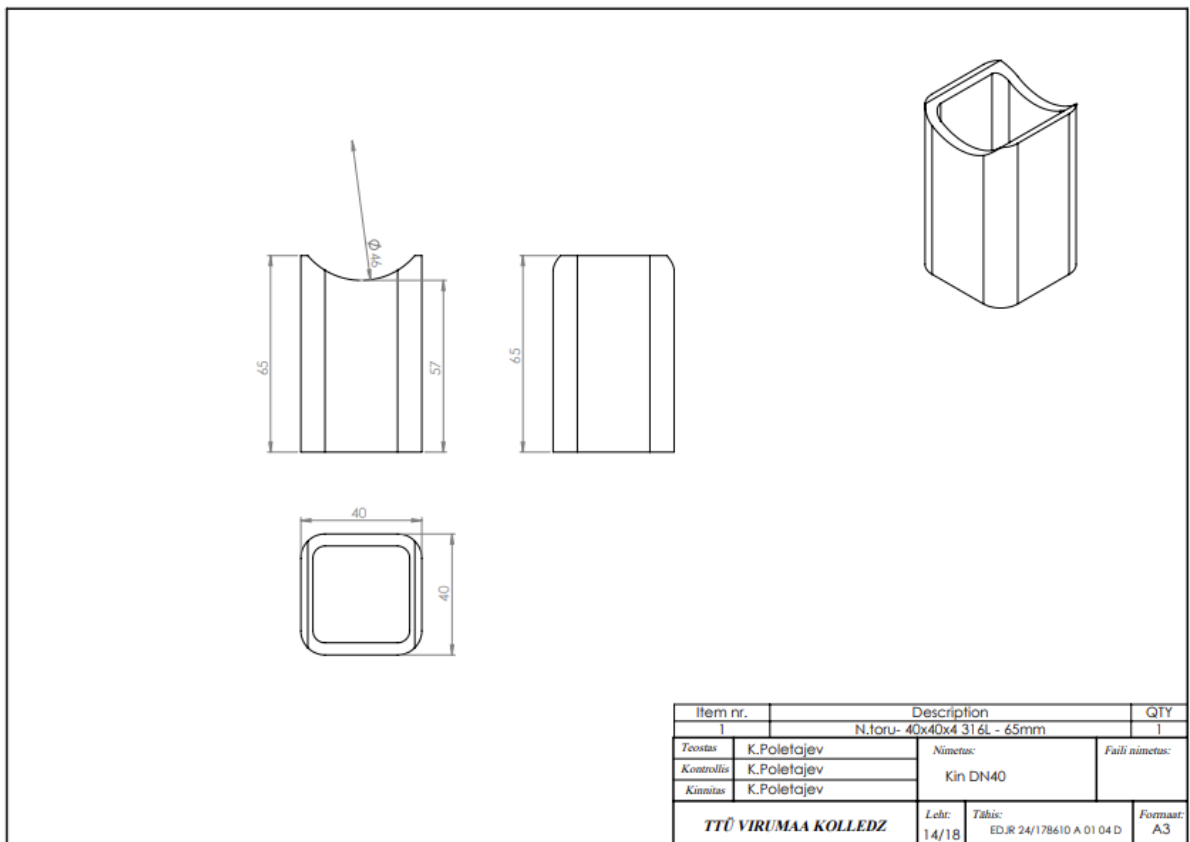
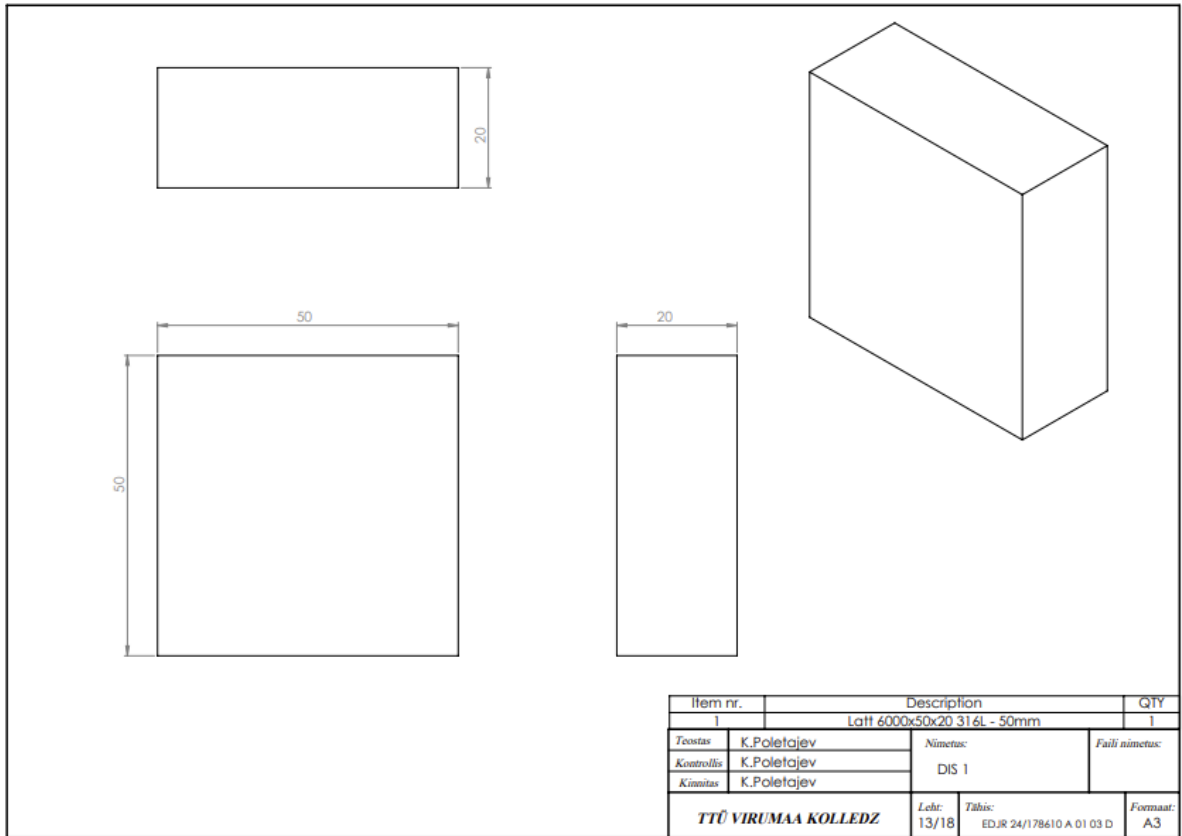


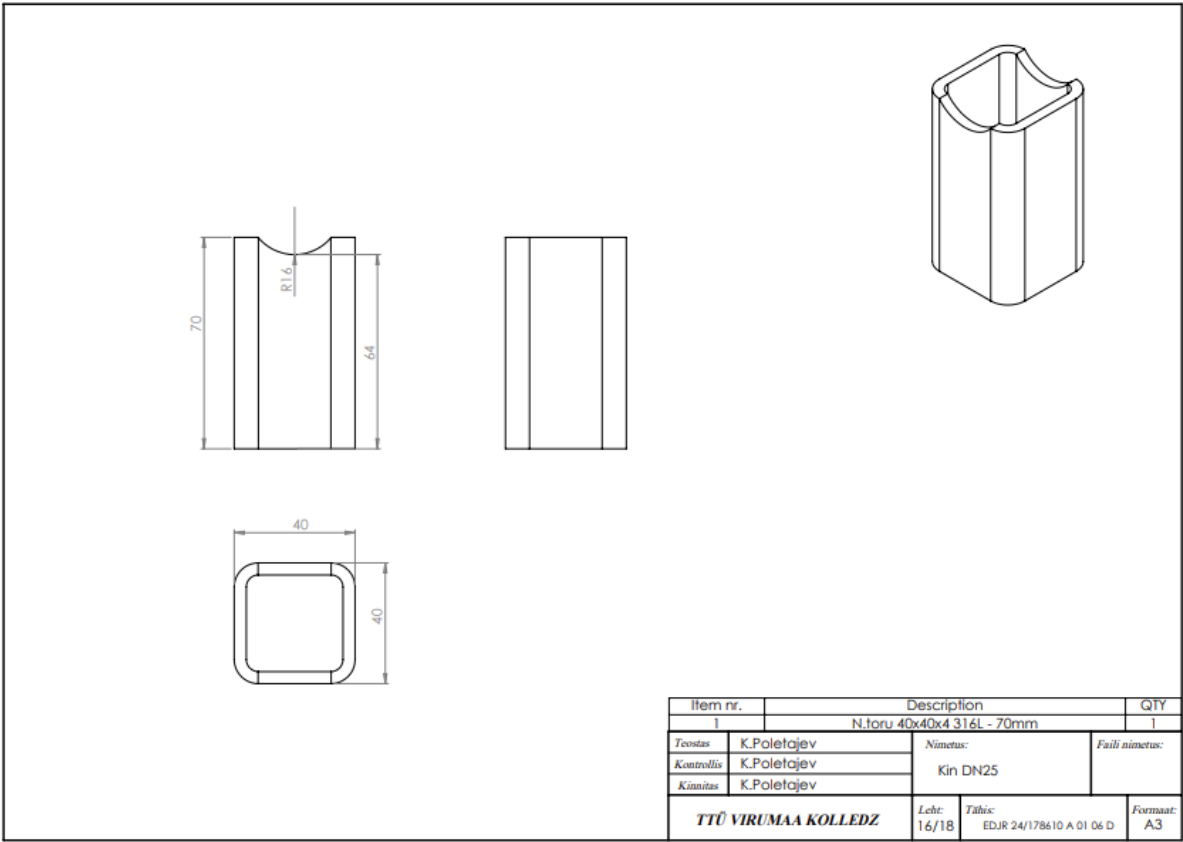
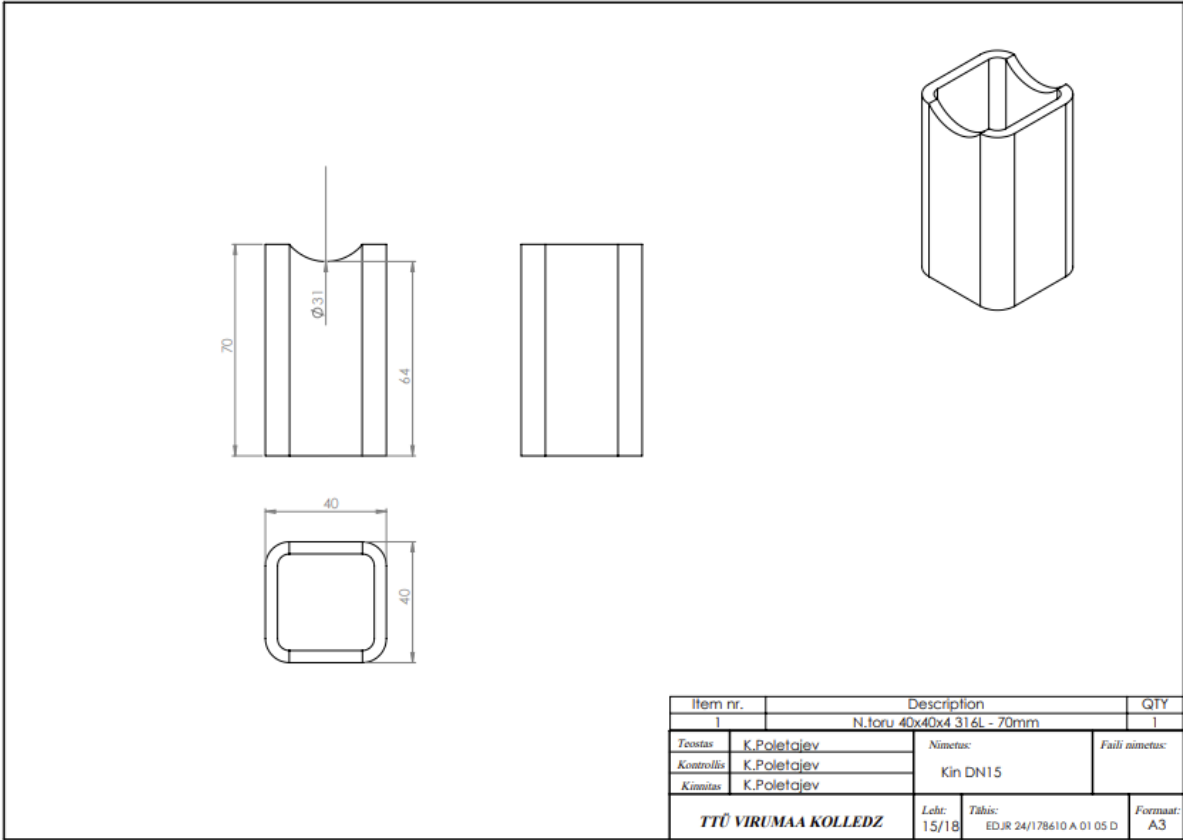


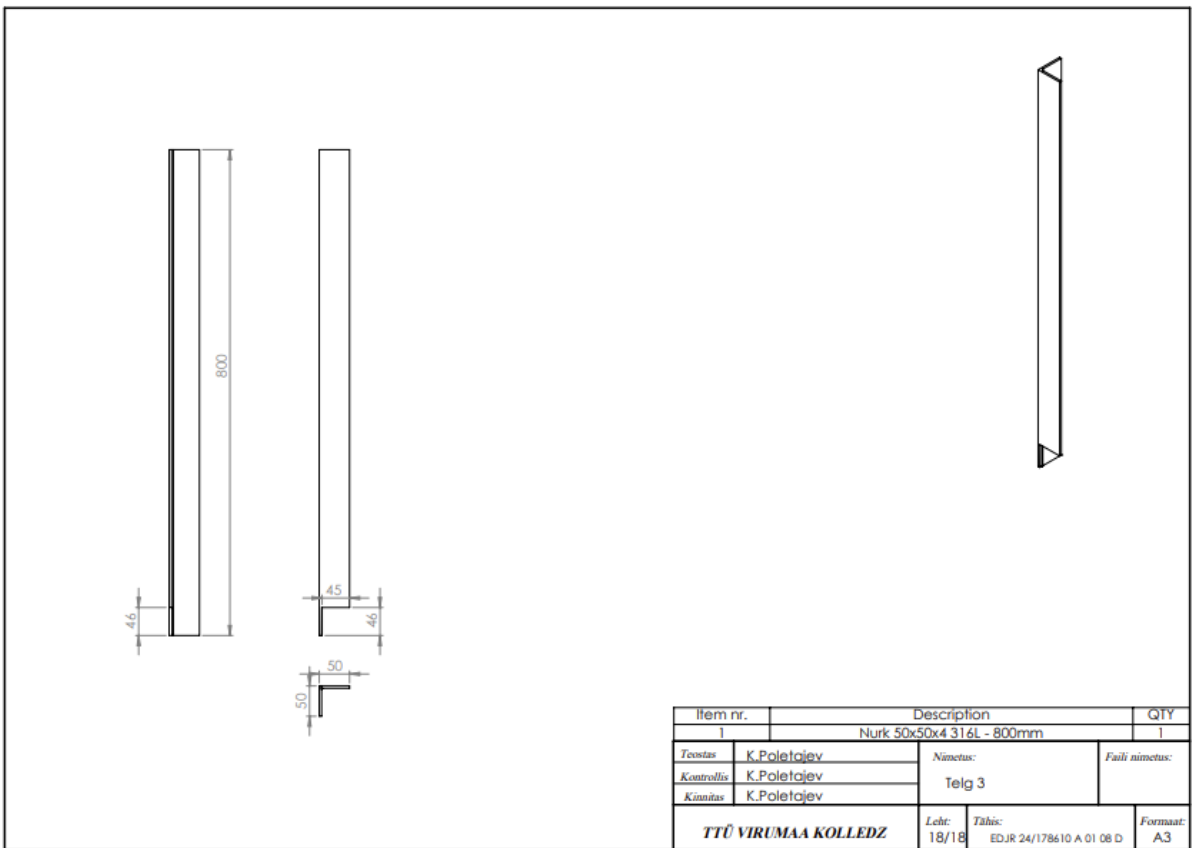
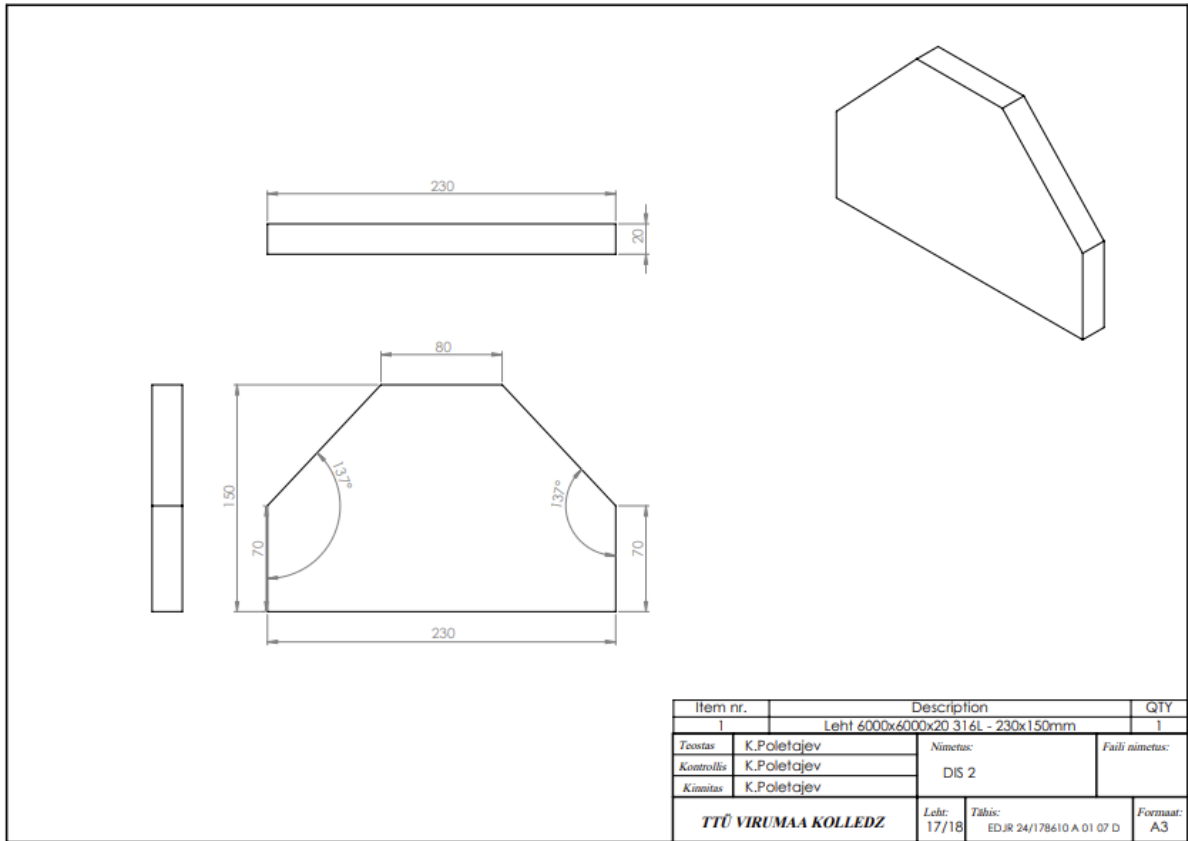












LISA 2. TEHNOLOOGILINE KAART

Tehnoloogiline kaart					
Koostamise etapp	Etapi kirjeldus	Tehnoloogiline protsess	Planeeritud aeg	Tegelik aeg	
GVU korpus	Sisemine koostamine	Märgistus	12	8	
		Koostamine	24	8	
		Keevitamine	8	8	
	Välimine koostamine		Märgistus	8	8
			Koostamine	8	8
			Keevitamine	18	16
		Jalgade koostamine	Märgistus	10	10
			Koostamine	15	12
			Keevitamine	8	5
	Pipe spools	Torud			
			Koostamine	20	16
			Keevitamine	24	8
Üldoperatsioonid	Mõlema koostuga seotud põhitoimingud	Kvaliteedi kontroll	16	16	
		Survetest	16	8	