



Sander Pukk

CNC-PINKIDE VÕRDLUS LÄHTUVALT PLASTOK OÜ ARENGU PERSPEKTIIVIDEST

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut

Tootmine ja tootmiskorraldus

Juhendajad: Jaak Lavin, Martin Kalmet

Tallinn 2023

AUTORI DEKLARATSIOON JA LIHTLITSENTS

Mina, Sander Pukk, 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 autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendajad: Jaak Lavin, Martin Kalmet (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega.

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, Sander Pukk

sünnikuupäev: 6.märts 2000,

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „CNC-pinkide võrdlus lähtuvalt Plastok OÜ arengu perspektiividest“

1. reprodutseerimiseks paber kandjal 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.

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

1.	TEOREETILINE OSA.....	8
1.1.	Protsesside tõhususe tõstmise üldised põhimõtted.....	8
1.1.1	Äriprotsesside juhtimine	8
1.1.2	Kulusäästlik tootmine.....	10
1.1.3	Pidev parendamine	12
1.1.4	Kõikehõlmav tulemuslik hooldus.....	13
1.2.	Protsesside tõhususe hindamine	14
1.2.1	OEE teooria	14
1.2.2	OEE arvutamine	16
1.2.3	Evocon.....	19
1.3.	Ettevõtte tutvustus	20
2.	PRAKTILINE OSA	21
2.1.	Pinkide tutvustus.....	21
2.1.1	Step More SM-2131	21
2.1.2	Kimla BPF-2141	22
2.1.3	Pinkide tehnilised andmed	24
2.2.	Andmete kogumise põhimõtted.....	25

2.3.	Tulemused	26
2.3.1	OEE Näitajad.....	26
2.3.2	Seisakute põhjused	29
2.3.3	Arvutatud tööaeg ja tegelik tööaeg.....	29
3.	JÄRELDUSED.....	31
3.1.	Tulemuste analüüs	31
3.1.1	Seisakud	31
3.1.2	Tehnilised andmed	32
3.1.3	Tasuvusarvutus.....	33
3.2.	Ettepanekud	33
	KOKKUVÕTE.....	35
	SUMMARY	37
	KASUTATUD KIRJANDUS	39
	LISAD	40
	Lisa 1. SM-2131 peamised tehnilised andmed.....	41
	Lisa 2. Kimla BPF-2141 peamised tehnilised andmed	42
	Lisa 3. Mõõdetud tulemused päevade kaupa	43
	Lisa 4. Seisakute põhjused 02.03.2023	44
	Lisa 5. Seisakute põhjused 03.03.2023	45
	Lisa 6. Seisakute põhjused 06.03.2023	46
	Lisa 7. Seisakute põhjused 08.03.2023	47

Lisa 8. Seisakute põhjused 09.03.202348

Lisa 9. Seisakute põhjused vaatlus perioodil49

LÜHENDITE LOETELU

OEE – *Overall Equipment Efficiency*, üldine seadmete tõhusus.

JIT – *Just In Time*, täpselt ajastatud tootmise metoodika.

TPM – *Total Productive Maintenance*, kõikehõlmava tulemusliku hoolduse metoodika.

BPM – *Business Process Management*, äriprotsesside juhtimise metoodika.

Kaizen – jaapani keeles „parandamine“, pideva parendamise metoodika.

CNC – *Computer Numerical Control*, arvutipoolse numbrilise juhtimisega (masin).

ERP – *Enterprise Resource Planning*, ettevõtte ressursside planeerimine kasutatav tarkvara lahendus.

LEAN – kulusäästliku (timmitud) tootmise metoodika.

SISSEJUHATUS

Käesolev lõputöö viidi läbi tootmisettevõttes Plastok OÜ. Ettevõtte on eesti kapitalil põhinev ja kuulub Eesti Kaubandus-Tööstuskotta. Plastok OÜ tegeleb tööstuslike plastide ja kummide töötlemisega ning edasimüügiga. Enamasti on klientideks tööstus- ja ehitusettevõtted, kuid teenindatakse ka erakliente. Toimub nii üksik- kui ka saritootmine. [1]

Käesoleva lõputöö teema on „CNC-pinkide võrdlus lähtuvalt Plastok OÜ arengu perspektiividest“. Ettevõttel on plaanis laieneda ning sellega kaasneb ka potentsiaalne vajadus veel ühe CNC-pingi jaoks. Antud lõputöö eesmärk on välja selgitada, milline on ettevõtte edasine pinkide soetamise strateegia. Lõputöös võrdleb autor kahte ettevõttes olevat CNC-pinki ning annab hinnangu milline neist oleks ettevõttel kasulikum järgmiseks soetada.

Töö eesmärki läbi viies kasutab autor kvantitatiivset uurimismeetodit. Pinkide võrdlemiseks teostatakse vaatlus pinkide tööle, mille abil arvutatakse välja pinkide tootlikkuse tõhususe näitajad. Võrdlemiseks kasutatakse ka pinkide tehnilistest andmetest tulenevaid eeliseid ja puuduseid. Autor leiab vastused järgnevatele uurimisküsimustele:

1. Millised on suurimad seisakute põhjused?
2. Milline pink oleks kasulikum järgmiseks soetada?

Lõputöös on kolm peatükki. Esimeses peatükis tuuakse välja antud teemaga seonduv teoreetiline info: äriprotsesside juhtimine, kulusäästlik tootmine, pidev parendamine, kõikehõlmav tulemuslik hooldus. Tuuakse välja ka protsesside tõhususe hindamise teooria ning tutvustatakse ettevõtet, mille põhjal on lõputöö tehtud.

Teises peatükis kirjeldatakse lõputöö praktilist osa. Tutvustatakse võrreldavaid pinke ja tuuakse välja tehnilised andmed. Samuti kirjeldatakse andmete kogumise põhimõtteid ning tuuakse välja arvutused, mille abil saadi pinkide tootlikkuse tõhususe näitajad. Kirjeldatakse ka seisakute põhjuseid ning teostatakse tasuvusarvutus.

Kolmandas peatükis on vaatluse abil kogutud andmete ja arvutatud tulemuste põhjal tehtud analüüs. Selles peatükis saab selgeks milline võrreldav CNC-pink on ettevõttele kasulikum soetada. Samuti on seal kogu lõputöö kokkuvõte ning autori poolsed ettepanekud ettevõttele.

1. TEOREETILINE OSA

1.1. Protsesside tõhususe tõstmise üldised põhimõtted

1.1.1 Äriprotsesside juhtimine

Äriprotsesside juhtimine (*business process management* - BPM) kujutab endast tegevuste kogumit, mis on seotud mingi konkreetse protsessi planeerimisega ning selle protsessi teostusega seotud sündmuste seirega. Äriprotsesside juhtimine ja äriprotsesside parendamine on lahutamatud tegevused, kuid nad ei ole identsed. Äriprotsesside oskuslik juhtimine tagab ettevõtte toimivuse edukuse ja nende pidev parendamine ja täiustamine tagab jätkusuutlikkuse. Üldiseks eesmärgiks on tagada ettevõttele kasumlikul viisil klientide rahulolu ja nende ootuste täitmine minimaalsete ressursikulutustega. Iga organisatsiooni eesmärgiks on muuta kõik äriprotsessid konkreetsetes ajas ja ruumis nii tõhusaks kui võimalik. Äriprotsesside tulemuslik juhtimine paneb rõhu pidevate muutuste ja tehnoloogilise täiustamise vajalikkusele. [2, p. 83]

Protsesside pideva parendamise abil saavad organisatsioonid oma üldist töövoogu sujuvamaks muuta, mis suurendab tõhusust ja kulude kokkuhoidu. See kontseptsioon ei ole uus – kuue sigma ja kulusäästliku tootmise põhimõtted on näited BPM-i metoodikatest. [3]

Edukas BPM-süsteem algab töövoogu etappide määratlemisest. See aitab meeskonnal tuvastada valdkonnad, mis vajavad parendamist ning mõõdikud, mis aitavad jälgida edusamme. Rakendades äriprotsesside juhtimist, saavad organisatsioonid parandada oma tegevust, mis toob kaasa paremad äritulemused. Nende tulemuste saavutamiseks peab BPM-i faase täielikult mõistma. [3]

Järgnevalt on väljatoodud viis faasi [2, pp. 84-86], [3]:

1. Protsessi planeerimine – Tuleks alustada protsessi vahe-eesmärkide kirjeldamisest. Sealte edasi tuleks identifitseerida üldise BPM-i protsessi üksikud ülesanded koos ülesannete omanikega töövoogu iga etapi jaoks. Sammud peaksid olema selgelt määratletud, et meeskond saaks kindlaks teha protsesside optimeerimise valdkonnad ja mõõdikud, mille abil jälgida selle parandamist.

2. Modelleerimine – Selle faasi käigus tuleks luua protsessimudeli visuaalne pool. See peaks sisaldama konkreetseid üksikasju, nagu ajakava, ülesannete kirjeldused ja protsessi mis tahes andmevood. Selles etapis on abiks äriprotsesside haldamise tarkvara kasutamine.
3. Teostus – Siin faasis realiseeritakse konkreetsetes füüsilises keskkonnas vastava protsessiga seonduvad sündmused ning saadakse kindlad mõõdetavad parameetrid, peegeldavad protsessi edukust. Paremate tulemusteni jõudmisele aitab kaasa saavutatud tulemuste analüüs, aga ka protsessiarendus, mille aluseks on protsessi modelleerimine koostatud abstraktse mudeli alusel.
4. Seire – Selles faasis tuleks jälgida protsessi, mõõta tõhususe paranemist ning tuvastada igasuguseid lisanduvaid kitsaskohti.
5. Optimeerimine - Viimases faasis tehakse protsessile lõplikud muudatused, et äritegevust parandada.

Protsessikeskse juhtimise meetodid on suuresti kaasa aidanud süsteemide ERP ja LEAN võidukäigule ning tõestanud, et sihikindlad tegutsemismeetodid ja planeeritud protsessid on tootlikkuse tõstmise kindlad alustalad [2, p. 86].

Tootlikkus on süsteemi teatava väljundi ja kulutatud sisendite suhe. Tootlikkus etendab iga ettevõtte tegevusnäitajates olulist kohta. [2, p. 86]

Organisatsiooni tulemuslikkuse olulistest mõjuteguriteks on [2, p. 87]:

- Töötaja,
- Struktuuriüksus,
- Protsess,
- Töökoht,
- Seade.

Siit tulenevalt mõõdetakse ettevõtetes individuaalset, struktuuriüksuse, protsessi, töökoha ja seadme tootlikkust [2, p. 87].

Kolm tootlikkuse olulist mõjutegurit on [2, pp. 87-88]:

- Tulemuslikkus (*effectiveness*) – väljendab süsteemi kavandatud eesmärgi saavutamise taset.
- Tasuvus, tootlus (*efficiency*) – peegeldab tegelikult kulutatud ja planeeritud ressursside vahet.
- Paindlikkus – muudatuste tegemise kiirus.

Ettevõtte tootlikkust saab parandada protsesside tulemuslikkuse tõstmise ja protsessikeskse juhtimismeetodite rakendamisega. Tootlikkuse tõstmine aitab omakorda oluliselt kaasa ettevõtte konkurentsivõime suurenemisele ning selle jätkusuutlikkusele. [2, p. 89]

1.1.2 Kulusäästlik tootmine

Kulusäästlik tootmine ehk timmitud tootmine (*lean manufacturing*) on kogu maailmas populaarsust saanud tootmise juhtimise kontseptsioon. Selle eesmärk on tõsta ettevõtte tõhusust, eraldades väärtustatud ning loobudes väärtusetutest töö- ja juhtimisprotsessidest. Väärtus määratakse kindlaks lähtuvalt kliendi seisukohast – kas klient on valmis teenuse eest maksma. Kulusäästliku tootmise kontseptsioon hõlmab paljusid materjali- ja informatsioonivoogude efektiivsemaks, säästlikumaks ja kiiremaks muutmise tegevusi, eesmärgiga tõhustada ettevõtte tööd. Hea tulemuse saavutamiseks tuleks kontseptsiooni rakendada kogu ettevõttes ja kõikides ettevõtte äriprotsessides. [2, p. 356]

Kulusäästlikkus on lihtne ja suurepärane tegevuskulude alandamise, kvaliteedi tõstmise ja organisatsiooni põhiväärtuste loomise süsteem, mis toetab ettevõtte konkureerimist maailmaturul. [2, p. 357]

Kulusäästliku kontseptsiooni eesmärk on kõrvaldada kaod igas tarneahela lülis. See puudutab nii kliendisuhteid, tootearendust, tarneahelat kui ka organisatsiooni juhtimist. [2, p. 357]

Eesmärgiks on seatud [2, pp. 357-358]:

- Väiksem töömaht,
- Väiksemad laovarud,
- Vähem aega tootearenduseks,
- Vähem tootmispinda,
- Kiirem reageerimine kliendi nõuetele,
- Tootmise parem kvaliteet,
- Tõhusam ja majanduslikum tootmine.

Kulusäästliku tootmise juurutamisel on kõige olulisemaks juhtkonna poolehoid ja toetus. See on ettevõtte põhiküsimus ja eesmärk. See tähendab palju rasket tööd ja sisuliselt organisatsiooni täielikku kultuurimuutust. Kulusäästlikud põhimõtted ei piirdu ainult tootmiskorraldusega, vaid see hõlmab kõiki ettevõtte äriprotsesse ning on integreeritult kasutuses nii põhi- kui ka tugiprotsessides. [2, p. 358]

Kulusäästliku tootmise peamised eesmärgid on [2, p. 358]:

- Kulusäästlik tootmine saavutab rohkem, kasutades vähem aega, inventari, ruumi, inimesi ja raha.
- Kulusäästlik tootmine on kiire ja saavutab kvaliteedi esimesel korral.
- Kulusäästlik tootmine on kadude kõrvaldamine.

Kulusäästliku tootmise juurutamiseks kasutatakse mitmeid erinevaid meetodeid ja töövahendeid. Iga ettevõtte tootmine on erinev ning seetõttu pole võimalik kasutada igas ettevõttes samu meetodeid ja tööriistu. Kindel on aga see, et kui on juurutatud kulusäästliku tootmise põhimõtteid siis ettevõtte konkurentsivõime paraneb oluliselt ning iga tootmisüksus on võimeline tootma kasumit. [2, p. 358]

Kulusäästliku kontseptsiooni peamised meetodid on järgnevad [2, pp. 356-357]:

- Moodultooterühmadele (tooteperedele) suunatud valmistamine ja koostamine ning tooterühma liikumise määramine ja jälgimine ettevõtte tootmissüsteemis (*cellular manufacturing*).
- Kanban-süsteemi kasutamine informatsiooni- ja materjalivoo juhtimiseks.
- Kõikehõlmav kvaliteedijuhtimine ja kuus sigmat (*total quality management – TQM ja six sigma*).
- Seadmete reguleerimisaegade lühendamine (*rapid setup*).
- Meeskonnatöö realiseerimine, kaasates kogu ettevõtte personali (*team development*).
- SMED (*single-minute exchange of die*) – töövahendite reguleerimisaegade lühendamine.
- *Metrics and measurements* – tulemuste mõõtmise kontrollikaartide evitamine igale töökohale, et võimaldada (peale protsessi reguleerimise kontroll) seadme remondi või reguleerimise vajalikkuse hindamine.
- *Mixed model production* – erinevate toodete tootmisele suunatud tootmissüsteemi mudelite realiseerimine.
- *Value stream mapping* – tootmisahela väärtuste (väärtusahela) kaardistamine.
- *Work balancing* – tsükliegade ühtlustamine tootmissüsteemi erinevatel töökohtadel.
- 5S-nõuded – töökoha organiseerituse ja korrashoiu tagamine.
- *Poka-yoke* – seadmete, toodete ja tööprotsesside vigade vältimise tagamine.
- *Total productive maintenance (TPM)* – seadmete hooldus, mis arvestab remonti ja ennetavaid hooldusi, seadmete seisundi pidev monitooring.

Peale ülal esitatud meetodite kasutatakse kulusäästliku kontseptsiooni juurutamisel täiendavalt veel mitmeid erinevaid meetodeid ja töövahendeid. Kõik need meetodid alluvad tavaloomikale ja hõlbustavad tootmise korraldamist, töökultuuritaseme tõstmist ja ettevõtluspõhimõtete loomist. [2, p. 357]

Mõned näited [2, p. 357]:

- Varudeta tootmine (*Just In Time* – JIT),
- Kadude tundmine (7 kadu),
- Seadme üldine tõhusus (*overall equipment efficiency* – OEE),
- Tootmisviisi tundmine,
- Tooteperekondade maatriks,
- 5 miksi,
- 8 distsipliini,
- Visuaalne kontroll (*visual control*),
- 20 võtme programm (*20 keys*),
- Pidev parendamine (*kaizen*).

Need ei ole kaugeltki kõik meetodid mida saab kasutada, kuid need on kõige enim levinud meetodid ning neid saab kõiki kasutada ettevõtte kulusäästliku kontseptsiooni rakendamisel [2, p. 357].

1.1.3 Pidev parendamine

Kaizen (jaapani keeles „parendamine“) on igapäevane tegevus ettevõtte olukorra (konkurentsivõime, tootlikkuse jm) parendamiseks ja üks oluline kulusäästliku kontseptsiooni meetod. Eesmärk on kaasata kõik ettevõtte töötajad *kaizen*’i tegevusse. Metoodika peamiseks sisuks on pidevate parenduste tegemine, tulemuste hindamine ja reguleerimine. [2, p. 372]

Pideva parenduse tsükel hõlmab endas järgmisi tegevusi [2, p. 372]:

1. Planeerige – määrake kindlaks eesmärgid ja protsessid, mis on vajalikud kliendi nõuete ja ettevõtte poliitikaga kooskõlas olevate tulemuste saavutamiseks;
2. Tehke – parandage olukorda. Tehke esmalt muudatusi väikeses mahus, et esialgu neid proovida;
3. Kontrollige – jälgige ja mõõtke protsesse ning tooteid, nende vastavust kavandatud poliitikatele, eesmärkidele, tootenõuetele ja teavitage tulemustest;

4. Korrigeerige – võtke ette tegevused protsesside toimimise parandamiseks, et saada muudatustest maksimaalset kasu.

Kaizen'i protsess koosneb järgmistest sammudest [2, pp. 372-373]:

- Operatsioonide standardiseerimine;
- Standardiseeritud operatsioonide hindamine ehk mõõtmine;
- Hindamistulemuste võrdlemine soovituga;
- Uuenduste kavandamine, et rahuldada nõudeid ja tõsta tootlikkust;
- Uute parandatud operatsioonide standardiseerimine;
- Kogu eelneva tsükli kordamine.

Kaizen'i lähenemist iseloomustavad märksõnad on kvaliteet, parendamisele suunatud tegevused, kõikide töötajate kaasamine, soov parendada, inimeste ja rühmade koostöö [2, p. 373].

1.1.4 Kõikehõlmav tulemuslik hooldus

Kõikehõlmav tulemuslik hooldus (*Total Productive Maintenance, TPM*) ehk seadmete ja masinate terviklik hooldussüsteem sai alguse 1950.aastatel Jaapanis. Hiljem kohandati TPM vastavusse euroopa ja ameerika tootmiskultuurile. TPM sisaldub ka timmitud tootmise kontseptsioonis. [4, p. 96]

Kõikehõlmava tulemusliku hoolduse otsesteks eesmärkideks on [4, p. 96]:

- Seadmetest tingitud planeerimata seisakute vähendamine;
- Seadmetest tingitud praagi vähendamine;
- Seadmete kiirusekadude vähendamine ehk masinate kasutamine maksimaalsel kiirusel ja võimsusel.

TPM'i rakendamise eeldusteks on viis-S süsteemi olemasolu, parendusettepanekute süsteemi funktsioneerimine, töötajate koolitused ja juhtkonna huvitatus. TPM'i võib rakendada kolmel meetodil [4, p. 96]:

1. Autonoomne hooldus;
2. Tavaline ja ennetav hooldus;
3. Seadmete parendamine.

Autonoomne hooldus tähendab seda, et üha rohkem hooldustöid antakse üle töötajatele kes nende seadmetega iga päev töötavad ehk operaatoritele. Koolitades operaatoreid ise oma masinat hooldama ja parandama, on võimalik ära hoida üleliigset seadme seisuaega, sest kui operaator ise

tunneb enda masinat, saab ta tõrke kiiremini lahendatud. Eeldatakse omanikutunnet ning koostööd operaatorite, hoolduspersonali ja kvaliteeditöötajate vahel. [4, p. 97]

Seadmete tavaline hooldus on hooldus, mida tehakse seadme hooldusjuhendi järgi ja millele lisatakse oma kogemustel põhinevad tegevused. Ennetava hoolduse eesmärgiks on ära hoida kõik potentsiaalsed rikked ja tagada seadmete tõrgeteta töö. [4, p. 97]

Seadmete parendamine seisneb kõikide seadmeid paremaks tegevate ideede ära kasutamises. Kõiki parendusettepanekuid tuleb analüüsida ja võimalusel kasutada. Sellesse töösse tuleks kaasata kõik, kes nende seadmetega töötavad ja ka seadmete valmistajad. Parendamisideed ja tagasiside seadmete töö kohta annavad seadmete valmistajatele olulist infot oma toodangu arendamiseks. [4, p. 97]

Kõrvuti hooldustega on väga oluline seadmete ja nendega seotud protsesside töökindluse seire ja mõõtmine. Siin on keskseks näitajaks seadme üldine efektiivsus ehk OEE (*Overall Equipment Efficiency*). [4, p. 97]

1.2. Protsesside tõhususe hindamine

Protsesside tõhusust on võimalik parendada mitmete erinevate eelnevalt mainitud meetodite abil, kuid enne seda, tuleks mõõta või kaardistada hetkeolukord. Antud lõputöö on fokuseeritud seadme tõhususe hindamisele, seega kasutas autor hindamiseks OEE (*overall equipment efficiency*) hindamise meetodit.

1.2.1 OEE teooria

OEE näitab üldist seadmete tõhusust, see on kulusäästliku tootmise tööriist ja universaalselt parim meetod millega mõõta, hinnata ja parandada tootmisprotsessi. Parandamise objektiks võib olla näiteks konveier, masinarakk, pakkimisliin, segamisseade jms. [5, p. 7]

Kuigi OEE-d võib vaadata kui tõhususe mõõdikut, on selle peamine eesmärk parandada varade efektiivset kasutamist. OEE aitab parandada tootlust tootmiskadude visualiseerimisega, tootmiskadude allikate määratlemisega ja nende kõrvaldamisega. [5, p. 7]

OEE on kogu seadme või protsessi jõudluse kogumõõt, mis aitab keskenduda kõige kriitilisematele ja levinumatele kadudele tootmisprotsessis [5, p. 7].

Need jagunevad kolmeks põhikategooriaks [5, p. 7]:

1. Kasutatavus (*Availability*) – näitab kui suur osa plaanitud tööajast on päriselt kasulik tööaeg ehk kui kaua seade päriselt teeb kasulikku tööd;
2. Tootlus (*Performance*) – võrdleb tehase või seadmete tegelikku töökiirust sellele määratud suurima võimaliku töökiirusega;
3. Kvaliteet (*Quality*) – näitab suhet kvaliteetselt toodetud mahu (*Right First Time*) ja kogutoodangu mahu vahel.

OEE näitab kui efektiivselt tehast ja seadmeid osatakse kasutada ning kui hästi oskab ettevõtte toota kliendile toodangut, mis on esimese korraga kvaliteetne ja mitte praak (*Right First Time*) [5, p. 7].

Eeltoodud kolm näitajat koosnevad omakorda igaüks kahest kao-komponendist, mida lõpptulemi arvutamisel arvesse võetakse ning seejärel seadmete üldist efektiivsust meile näitavad. Need on tuntud ka kui OEE kuus suurt kadu (*The Six Big Losses of OEE*). [6]

OEE 6 suurt kadu	
Kasutatavus (seisakud)	1. Seadmete/masinate rikked
	2. Seadistused ja formaadivahetused
Tootlus (kiirus)	3. Tühikäigul töötamine, mikro-seisakud
	4. Väiksem seadme/masina tootmiskiirus
Kvaliteet (praak)	5. Protsessi vead (praak)
	6. Vead (praak) seadme/masina käivitamisel

Joonis 1. OEE 6 suurt kadu [6]

„6 suurt kadu“ kontseptsioon on alguse saanud TPM (*Total Productive Maintenance*) kontseptsioonist, ning seda on testitud ja kasutatud aastakümnete vältel. See on otseselt seotud „seitsme kaoga“, kuid seob puudujäägid ja kahjud täpsemalt nende mõjuga OEE-le. „Kuue suure kao“ teadvustamine ja mõistmine võimaldab neid kadusid operatsiooni käigus tuvastada. Seejärel on võimalik neid elimineerida või vähendada nende mõju. [5, p. 8]

Seda tööriista on hea mõte kasutada, sest see näitab ära kui palju midagi toodeti ning ka seda, kui palju oleks võinud toota. OEE mõõtmine ja mõistmine aitab keskenduda ressursidele ja hoolduste strateegiale. See toob välja parendamiseks vajalikud hetkeolukorra andmed ja näitab ära kaod, mis

on põhjustatud organisatsioonilistest faktoritest, näiteks: personal, varud, planeerimine, üleminekud. [5, p. 8]

OEE ei ole ainult tootlikkuse näitaja, vaid pideva parenduse tööriist, mis aitab ettevõttel elimineerida kaod ja keskenduda „kuuele suurele kaole“, mis esinevad pea igasuguses tootmises. [5, p. 8]

1.2.2 OEE arvutamine

OEE skoor näitab, milline on hetkeseis, kuid kolm aluseks olevat tegurit (kasutatavus, tootlus ja kvaliteet) näitavad, kuhu peaks oma parendustegevuse suunama [7].

OEE on kasulik nii võrdlusalusena (*benchmark*) kui ka lähtealusena (*baseline*) [7]:

- Võrdlusalusena saab OEE-d kasutada antud tootmisvara toimivuse võrdlemiseks tööstusharu standarditega, sarnaste ettevõttesiseste varadega või sama varaga töötamise erinevate vahetuste tulemustega;
- Lähtealusena saab kasutada OEE-d, et jälgida aja jooksul edenemist antud tootmisvarast jäätmete kõrvaldamisel.

Järgnevalt tuuakse välja millist skoori peetakse võrdlusalusena "heaks" OEE skooriks [7]:

- 100% OEE skoor kirjeldab täiuslikku tootmist: valmistatakse ainult kvaliteetseid osi, nii kiiresti kui võimalik ja ilma seisakuteta;
- 85% OEE skoori peetakse maailmatasemeks. Paljude ettevõtete jaoks on see sobiv pikaajaline eesmärk;
- 60% OEE skoor on tootjate jaoks üsna tüüpiline, kuid näitab, et arenguruumi on palju;
- 40% OEE skoor ei ole sugugi haruldane tootmisettevõtete jaoks, kes alles hakkavad oma tootmistulemusi jälgima ja parandama. See on madal tulemus ja enamikul juhtudel saab seda lihtsate meetmete abil kiiresti parandada (näiteks seisakute põhjuste jälgimisega ja suurimate seisakuallikate ükshaaval käsitlemisega).

Lihtsamalt öeldes on OEE tootliku aja ja planeeritud tootmisaja suhe. Praktikast arvutatakse OEE järgmiselt [7]:

$$OEE = (Kvaliteetse\ toodangu\ hulk \times Ideaalne\ tsükli\ aeg) / Planeeritud\ tootmis\ aeg \quad (1)$$

kus Kvaliteetse toodangu hulk = tükid, mis on toodetud defektideta.

Ideaalne tsükli aeg = teoreetiline kiireim võimalik aeg ühe tüki valmistamiseks.

Planeeritud tootmisaeg = kogu aeg, mille jooksul tootmisvara on planeeritud tootmiseks. Eelistatud viis OEE arvutamiseks on matemaatiliselt samaväärne ülalkirjeldatud lihtsa valemiga, kuid annab palju detailsema ülevaate tootmisprotsessis tekkivatest kadudest, jagades need kolmeks teguriks [7]:

1. Kasutatavuse kadu (*Availability Loss*);
2. Tootluse (kiiruse) kadu (*Performance Loss*);
3. Kvaliteedi kadu (*Quality Loss*).



Joonis 2. Kadude mõju seadme tõhususele. [7]

OEE on tootliku aja (*Fully Productive Time*) ja planeeritud tootmisaja (*Planned Production Time*) suhe. Aja kadu (*Schedule Loss*) ei sisaldu OEE arvutustes, kuna tootmist ei kavatseta käivitada sellel ajal. [7]

Kasutatavuse näitaja võtab arvesse kasutatavuse kadu, mis hõlmab kõiki sündmusi, mis peatavad planeeritud tootmise märgatavaks ajaks (tavaliselt mitu minutit või rohkem). Kasutatavuse kaotus hõlmab planeerimata seisakuid (näiteks seadmete rikked ja materjalipuudus) ja planeeritud seisakuid (näiteks üleminekuaeg). [7]

Kasutatavus arvutatakse tootliku aja ja planeeritud tootmisaja suhtena (protsentides), kus tootlik aeg on lihtsalt planeeritud tootmisaeg, millest on lahutatud seisakute aeg [7]:

$$Kasutatavus = Tootlik\ aeg / Planeeritud\ tootmisaeg \quad (2)$$

kus

$$Tootlik\ aeg = Planeeritud\ tootmisaeg - Seisakute\ aeg \quad (3)$$

Tootluse näitaja võtab arvesse jõudluse (kiiruse) kadu, mis hõlmab kõiki tegureid, mis põhjustavad tootmisvara töötamise ajal maksimaalsest võimalikust kiirusest väiksema kiiruse (sh aeglased tsükliid ja väikesed peatused) [7].

Tootlust arvutatakse nii (protsentides) [7]:

$$Tootlus = \frac{Ideaal\ tsükliiaeg \times Tegelik\ toodangu\ hulk}{Tootlik\ aeg} \quad (4)$$

kus Ideaal tsükliiaeg – teoreetiline kiireim võimalik aeg ühe tüki valmistamiseks;

Tegelik toodangu hulk – kõikide toodete või detailide arv, mis toodeti tööajal.

$$Tootlik\ aeg = Planeeritud\ tootmisaeg - Seisakute\ aeg \quad (5)$$

Kvaliteedi näitaja võtab arvesse kvaliteedikadu, mis arvestab välja valmistatud tükid, mis ei vasta kvaliteedistandarditele, sealhulgas tükid, mis hiljem ümber töödeldakse. Seda arvutatakse kvaliteetse toodangu ja kogu toodangu suhtena (protsentides) [7]:

$$Kvaliteet = Kvaliteetne\ toodang / Kogu\ toodang \quad (6)$$

kus Kvaliteetne toodang – tükid, mis on õigesti toodetud esimese korraga (*Right First Time*).

OEE võtab arvesse kõiki kadusid (kasutatavuse kadu, kiiruse kadu ja kvaliteedi kadu), mille tulemuseks on tõeliselt produktiivne tootmisaeg. OEE skoori arvutatakse järgmiselt (protsentides) [7]:

$$OEE = Kasutatavus\ (Availability) \times Tootlus\ (Performance) \times Kvaliteet\ (Quality) \quad (7)$$

Tänapäeval on olemas süsteemid, mis võimaldavad seirata tootmist ja tootmisseadmeid tehnoloogia abil. See tähendab seda, et ei pea käsitsi jälgima ega arvutama tootlikkuse näitajaid, vaid seadmetele paigaldatakse sensorid ja lugejad, mis võimaldavad reaajas seirata tootmisnäitajad. Ühte sellist lahendust tutvustatakse järgmises alapeatükis.

1.2.3 Evocon

Evocon on eestlaste poolt loodud väga mitmekülgne OEE- ja tootmisjärelevalve tarkvara, mida kasutatakse paljude tootmisettevõtete poolt enam kui kümnes tööstusharus. Selle süsteemi kasutamine tootmisettevõttes on väga mõistlik otsus ning kindlasti palju rohkem aega ja raha säästvam, kui jälgida tootmist paberi ja pliiatsiga. Kõige populaarsem viis tootmise jälgimiseks Evocon'iga on toodete, tükkide ja kastide loendamine. Sellegipoolest saab süsteem mõõta ka toodete kaalu, pikkust või mahtu ja jälgida masina tööaega. Kui ettevõttel on CNC-masin, saab lugeda toodete arvu või mõõta aega. On ka võimalus luua unikaalne seirelahendus kasutades erinevate meetodite kombinatsiooni. Selleks, et Evocon'i enda tootmises rakendada, tuleb võtta ühendust Evocon'i tiimiga, kes õpivad ettevõtte tootmist tundma, ning seejärel pakuvad sobiliku lahenduse. Seadmetele paigaldatakse sensorid ja lugejad, mis on internetiga ühenduvuses ning edastavad signaale Evocon'i süsteemi. Seejärel on võimalik arvutist lahti võtta Evocon'i töölaud, mille abil on lihtne jälgida süsteemi sisestatud infot (tööaeg, seisakute aeg, kasutatavuse skoor, tootluse skoor, kvaliteedi skoor jms). Sõltumata sellest, millises tootmisvaldkonnas ettevõtte tegutseb, on Evocon'iga võimalik leida lahendus tootmise paremaks jälgimiseks.



Joonis 3. Evocon'i töölaud. [8]

1.3. Ettevõtte tutvustus

Plastok OÜ tegeleb tööstuslike kummide ja plastide töötlemise ning hulgimüügiga [1]. Tootevalik on lai, alustades erinevate omadustega kummidest, plastidest ja tihenditest, kuni anti-vibratsiooni toodete ja vendriteni välja [1]. Plastok OÜ pakub nii standardset materjali kui ka eritellimusel jooniste järgi valmistatud tooteid. Enamasti müüakse tooteid ehitussektori ja masinaehituse ettevõtetele, kuid teenindatakse ka erakliente [1]. Ettevõttes töötab 20 inimest. Ettevõtte on asutatud aastal 2009. Ettevõtte kontor ning tootmis- ja laohoone asub aadressil Sära tee 4, Peetri alevik, Rae vald, Harjumaa. Masinaehitussektorile müüakse kulumiskindlast plastist ketijuhikuid, hammasrattaid, laagripukse jms. Ehitussektorile müüakse erinevaid tihendeid monteeritavate konstruktsioonelementide vahele. Lisaks toodab ettevõtte ka tootmiste ja ladude eraldamiseks PVC ribakardinaid. Suurema osa toodangust moodustab allhangete tegemine, kuid on ka väike osa oma tooteid, näiteks eelpool mainitud PVC-kardinaid, lisaks ka kraana käpa alused ja ergonoomilised töökoha matid. Toodetakse ka lisandväärtust pooltoodetele näiteks lisatakse liimikiht või moodustatakse mitmest eri materjalist komposiitmaterjalid kasutades kaasaegset masinaparki.

Ettevõtte ostab sisse plastmaterjali lehtesid, kummirulle, tihendeid ja pukse. Plasti ja kummi töödeldakse CNC-pinkides ja lihtsamaid kummilõikusi tehakse käsitsi. Müüakse ja töödeldakse ka ettevõtte KRAIBURG PURASYS GmbH vibratsiooni- ja mürasummutusmatte nimetustega PURASYS Vibrafoam ja PURASYS VibraDYN. Neid tooteid kasutatakse peamiselt moodul- ja elementmajade konstruktsiooni vahel vibratsiooni ja müra isoleerimiseks, ning raudteeliiprite all isoleerimaks müra ja vibratsiooni levimist kõrval olevatele hoonetele. Plastok OÜ on KRAIBURGI toodete ametlik edasimüüja.

Ettevõtte tootmine toimub kahes vahetuses (päevane ja öhtune) ning tootmises on kasutusel kolm CNC-pinki:

- Kimla BPF 2181 (8-meetri pikkune Euroopas valmistatud CNC-pink);
- Kimla BPF 2141 (4-meetri pikkune Euroopas valmistatud CNC-pink);
- SM-2131 (3-meetri pikkune Hiinas valmistatud CNC-pink).

Ettevõttel on plaanis laieneda ning kolida enda tootmine kõrval olevasse hoonesse, aadressil Sära tee 2, Peetri alevik, Rae vald, Harjumaa. Olemasolev hoone jääb laohooneks. Siit tuleneb ka potentsiaalne vajadus soetada veel üks CNC-pink ning käesolev töö ongi kirjutatud selleks, et välja selgitada milline CNC-pink oleks kasulikum soetada. Antud töös võrdleb autor Kimla BPF 2141 ja SM-2131 pinke, sest pigem on vajadus lühema pingi jaoks.

2. PRAKTILINE OSA

2.1. Pinkide tutvustus

Autor võrdleb lõputöö raames Step More SM-2131 (edaspidi ka „hiina pink“) ja Kimla BPF-2141 (edaspidi ka „euroopa pink“) pinke. Järgnevalt tuuakse välja lühike tutvustus mõlema pingi kohta.

2.1.1 Step More SM-2131

SM-2131 on Hiinas valmistatud CNC-pink hiina ettevõtte Step More poolt, aastal 2015.

Pingi peamised tehnilised andmed on välja toodud lisades (Lisa 1). [9]

Järgnevalt on välja toodud pingi põhiosad [9]:

- Töölaud: Detailide kinnitamiseks klambritega ja töötlemiseks. Vaakumlaua puhul lisandub vaakumiga detaili kinnitamise võimalus. Kandevoime on 300 kg;
- Kraana: Liikuv X-telje tala mille külge kinnitub liikuvalt Z- telje juhtmehhaanika;
- Spindli mootor: Kinnitub liikuvale Z-teljele ja tagab erinevate mõõtudega lõiketerade kasutamise vastavalt tsangistandardile (ER-32, kuni 20 mm tera);
- Y-telg: Sõidutab X-telge ja Z-telge Y-teljesuunaliselt;
- Juhtelektroonika moodul: Sisseehitatud või eraldiseisev elektroonikaseadmete kast, kus paiknevad draiverid madalpinge toiteplokid ja juhtkaardid.



Foto 1. CNC-pink Step More SM-2131

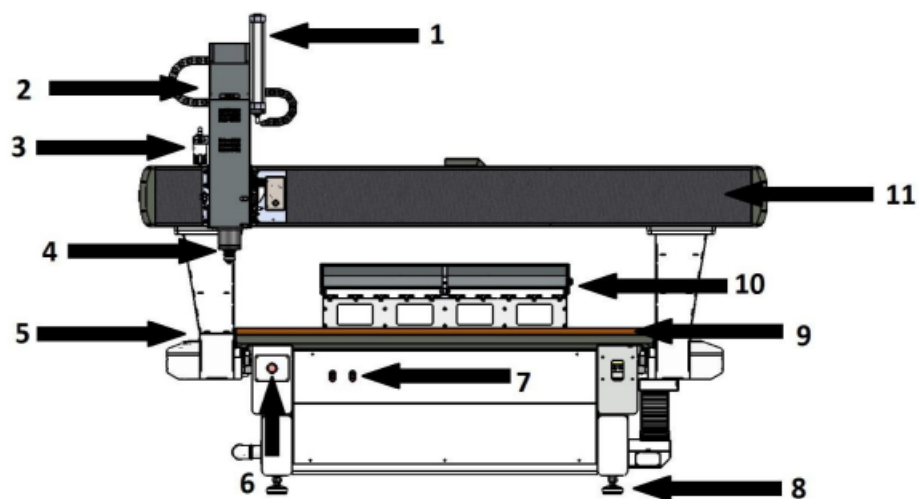
2.1.2 Kimla BPF-2141

Kimla BPF-2141 on Poolas valmistatud 2022. aasta CNC-pink. Pingi valmistaja on poola ettevõtte Kimla SP. Z O.O.

Pingi peamised tehnilised andmed on välja toodud lisades (Lisa 2). [10]

Järgnevalt on välja toodud pingi põhiosad [10]:

1. Pneumaatiline ajam, mis tasakaalustab töö ajal Z-telje raskust;
2. Z-telje pea;
3. Õlipaak ja õli udu jahutusmehhanismi regulaator;
4. Spindel;
5. Y-teljega liigutatav värav;
6. Avarii nupp;
7. Vaakumi juhtnupud;
8. Jalg;
9. Töölaud;
10. Tööriistade hoiukoht;
11. Kate, mis võimaldab juurdepääsu mootorile ja X-telje hammaslatile.



Joonis 4. CNC-pink Kimla BPF-2141 illustratsioon [10]

Allpool on lisatud foto antud CNC-pingist.



Foto 2. CNC-pink Kimla BPF-2141

2.1.3 Pinkide tehnilised andmed

Järgnevas tabelis on välja toodud mõlema pingi tehniliste andmete võrdlus:

Tabel 1. Pinkide tehniliste andmete võrdlus [9], [10]

Omadus:	SM-2131	Kimla BPF-2141
Max liikumisulatus X-suunas, mm:	2000	2100
Max liikumisulatus Y -suunas, mm:	3100	4100
Max liikumisulatus Z-suunas, mm:	200	400
Spindli koonus:	ER32	ER32
Spindli maksimum kiirus, p/min:	18000	24000
Spindli mootori võimsus, kW:	4.5	9
Töölaua mõõtmed, mm:	2000 x 3100	2100 x 4100
Z-telje kõrgus, mm:	200	400
Max kiirus X-Y teljel, mm/min:	10000	28500
Max kiirus Z teljel, mm/min:	2000	6000
Nullpunktide positsioneerimine:	Käsitsi	Automaatne

Omadus:	SM-2131	Kimla BPF-2141
Telgede ristseisu kalibreerimine:	Käsitsi	Automaatne
Tööriistade (terade) vahetamine:	Käsitsi	Automaatne
Tootmisaasta:	2015	2022
Kaal, kg:	1500	5800
Soetusmaksumus, eurot:	20 890	90 443

2.2. Andmete kogumise põhimõtted

Ettevõtte tootmine on ühendatud Evocon'i lahendusega, kuid tänasel päeval ei kasutata seda tootlikkuse tõhususe parendamiseks vaid pigem seiramiseks, kuna juurutusprotsess on alles algusfaasis. Autor kogus pinkide kohta andmeid iseseisva vaatluse kaudu, sest seisakud ei ole operaatorite poolt Evocon'is piisavalt täpselt märgitud ega põhjendatud. Vaatluse perioodiks oli viis tööpäeva (02.03.2023, 03.03.2023, 06.03.2023, 08.03.2023, 09.03.2023) ning koguti päevase vahetuse andmeid. Päevane vahetus töötab kella seitsmest hommikul kuni kella kolmeni päeval. Mõõtmine toimus nelja minutiliste vahedega, kus märgiti, mis on pingi juures toimunud (kas pink seisab või töötab, kas pink tegi kvaliteetset toodangut). Töö käigus selgus, et pinkide töökiirust detailide töötlemiseks ei ole võimalik võrrelda teoreetilise maksimaalse töökiirusega, sest ettevõtte tootmine on selline, et iga tellimus on oma loomult erinev ja korduvaid detaile peaaegu, et ei olegi (puudub info teoreetilisest maksimaalsest töökiirusest detailile). Seetõttu on tootluse (kiiruse) näitaja ka OEE arvutustest välja jäetud. Autor arvutas välja ainult seadmete kasutatavuse näitaja ning kvaliteedi näitaja iga päeva peale ning keskmised näitajad kogu perioodi peale. Autor võrdles ka pinkide tehnilistest andmetest tulenevaid eeliseid ja puuduseid ning teostas tasuvusarvutused mõlema pingi kohta.

2.3. Tulemused

Järgnevalt tuuakse välja OEE näitajate arvutuskäik ning mõõtmise tulemused iga päeva kohta ja perioodi kohta kokku. Samuti tuuakse välja prognoositud tööaja võrdlus tegeliku tööajaga ja teostatakse tasuvusarvutused.

2.3.1 OEE Näitajad

02.03.2023

Allolevates tabelites on välja toodud pinkide OEE näitajad antud päeval:

Tabel 2. Mõõdetud tulemused 02.03

Pink:	Hiina	Euroopa
Kogu aeg, min:	540	582
Plaanitud tootlik aeg, min:	480	528
Seisakute aeg, min:	160	248
Tegelik tootlik aeg, min:	320	280
Kogu toodangu arv, tk:	340	390
Praakide arv, tk:	0	0

Ülejäänud päevade detailsemad mõõdetud tulemused on toodud välja lisades (Lisa 3).

Arvutuskäik OEE arvutamiseks (hiina pink, 02.03.2023):

$$\text{Kasutatavus (\%)} = (320/480) \times 100\% = 66,67\% \quad (2)$$

$$\text{Kvaliteet (\%)} = ((340 - 0)/340) \times 100\% = 100\% \quad (6)$$

$$\text{OEE (\%)} = 66,67\% \times 100\% = 66,67\% \quad (7)$$

Tabel 3. OEE näitajad 02.03.2023

Pink:	Hiina	Euroopa
Kasutatavus:	66,67%	53,03%
Kvaliteet:	100%	100%
OEE:	66,67%	53,03%

03.03.2023

Tabel 4. OEE näitajad 03.03.2023

Pink:	Hiina	Euroopa
Kasutatavus:	68,07%	90,51%
Kvaliteet:	100%	100%
OEE:	68,07%	90,51%

06.03.2023

Tabel 5. OEE näitajad 06.03.2023

Pink:	Hiina	Euroopa
Kasutatavus:	48,76%	42,86%
Kvaliteet:	95,52%	100%
OEE:	46,58%	42,86%

08.03.2023

Tabel 6. OEE näitajad 08.03.2023

Pink:	Hiina	Euroopa
Kasutatavus:	83,90%	76%
Kvaliteet:	100%	100%
OEE:	83,90%	76%

09.03.2023

Tabel 7. OEE näitajad 09.03.2023

Pink:	Hiina	Euroopa
Kasutatavus:	78,07%	64,52%
Kvaliteet:	100%	98,18%
OEE:	78,07%	63,34%

Kogu perioodi keskmine OEE:

Tabel 8. Keskmised OEE skoorid perioodi vältel.

Pink:	Hiina	Euroopa
OEE:	68,66%	65,15%

2.3.2 Seisakute põhjused

Antud pinkide OEE arvutamisel mängis enim rolli kasutatavuse näitaja ning seda mõjutab kõige rohkem seisakute pikkus. Järgnevalt on välja toodud seisakute grupid ja ajalised pikkused kogu perioodi vältel:

Tabel 9. Seisakute grupid perioodi vältel

Seisaku grupp:	Pink:			
	Hiina		Euroopa	
	Aeg, minutit	%	Aeg, minutit	%
Üleminek	504	68,48%	516	57,33%
Süsteemaatiline	148	20,11%	160	17,78%
Kvaliteet	72	9,78%	72	8,00%
Käivitamine	12	1,63%	120	13,33%
Planeerimine	0	0,00%	32	3,56%
Kokku:	736	100,00%	900	100,00%

Detailsem ülevaade seisakute põhjustest on toodud välja lisades (Lisa 4, Lisa 5, Lisa 6, Lisa 7, Lisa 8, Lisa 9).

Töö käigus selgus ka see, et väga keeruline on leida mõlemale pingile samaväärne töö, mida võrrelda, sest tööd on paratamatult erinevad nii ajaliselt, iseloomult ja ka partii suuruselt. Seega tegelikult ei ole korrektne omavahel võrrelda pinkide OEE näitajaid. Küll aga oli võimalik võrrelda seda, kui palju aega müügiesakond oli kogu perioodi jooksul pingile tellimuste kohta ajakulu arvestanud (müünud) ja mis oli tegelik tööaeg. Järgnevas alapeatükis tuuakse see võrdlus välja.

2.3.3 Arvutatud tööaeg ja tegelik tööaeg

Müügiesakond arvutab hinnapakumistes peale materjali hinna ka töö hinna ja selle abil saab võrrelda kui palju kumbki pink tegi vaatluse perioodi vältel ettevõttele lisakasumit või kahjumit. Pinkidele prognoositud tööaega arvutatakse hetkel hiina freespingi kiiruste põhjal (aeglasemate

kiiruste järgi). Järgnevalt on välja toodud arvutatud tööaja (müüdud aeg) ja tegeliku tööaja võrdlustabel kogu perioodi vältel:

Tabel 10. Arvutatud tööaeg ja tegelik tööaeg.

	Hiina				Euroopa		
Päev	Tellimuse nr	Arvutatud aeg, h	Tegelik tööaeg, h		Tellimuse nr	Arvutatud aeg, h	Tegelik tööaeg, h
02.03	1230978	1,66	2		1230965	5	4,5
	1230987	1,8	2		1230974	5	4,3
	1230989	2,8	2,5				
	1230976	1,5	1,5				
03.03	1231037	6,27	6		1230677	9,5	9,13
	1231038	2	1,93				
06.03	1231188	1,5	1,6		1231119	0,75	0,75
	1230553	2,5	2,7		1231064	1,22	1
	1231043	4	3,6		1231073	0,8	0,62
					1231204	0,8	0,5
					1230897	6,4	6
08.03	1231074	8	7,87		1231029	12	8,33
09.03	1231074	8	7,6		1231131	3,8	3,07
					1231163	6,6	5,2
Kokku:		40,03	39,3		Kokku:	51,87	43,4
Vahe:		0,73			Vahe:	8,47	

Tabelist on näha, et euroopa pink tegi perioodi jooksul tööd 8,47 tundi kiiremini kui planeeritud, mis jällegi tõestab euroopa pingi kiiruse eelist. Hiina pink tegi perioodi jooksul 0,73 tundi kiiremini tööd ehk siis kahe pingi võrdluses tegi euroopa pink 7,74 tundi kiiremini tööd.

3. JÄRELDUSED

3.1. Tulemuste analüüs

Pinkide keskmiste OEE skooride põhjal võiks väita, et hiina pink on tootlikum kui euroopa pink, kuid nagu eelmises peatükis põhjendati siis tegelikult ei ole korrektne neid skooore omavahel võrrelda. Tööd on oma iseloomult niivõrd erinevad ning ettevõtte on juba optimeerinud pingid sedasi, et hiina pink teeb lihtsamad tööd ja euroopa pink keerulisemad. Võrdlemisel kasutati OEE näitajate arvutamiseks kasutatud mõõteandmed, ning nende sügavamat analüüsi. Olulist rolli mängib töötlemiskiirus ning seisakute kestvused ja põhjused. Lisaks aitab võrdlust tehniliste andmete analüüs ja pinkide muud parameetrid.

3.1.1 Seisakud

Seisakute tabelist (Lisa 9), on näha, kuidas suurimad seisakute põhjustajad on tellimuse või materjali lehe vahetamisega ehk üleminekutega seotud operatsioonid (lehe vahetus, tera vahetus, tihendamine jm). Hiina pingil moodustavad need seisakud 68,48% kogu seisakute ajast ja euroopa pingil 57,33% kogu seisakute ajast.

Euroopa pingi suurimad seisakute põhjused olid:

- Lehe vahetus (14,22%);
- Programmi tegemine (12,44%);
- Joonise tegemine (10,22%).

Hiina pingi suurimad seisakute põhjused olid:

- Lehe vahetus (33,15%);
- Tera vahetus (19,02%);
- Praagi parandus (7,07%).

Euroopa pingi peal töötades kulub terade vahetusele ja pingi seadistamisele kokku umbes minut aega, hiina pingi peal samade toimingute peale umbes kaks kuni neli minutit, seega eelis on jällegi euroopa pingil. Neid operatsioone on päeva jooksul päris palju, sest peale igat tellimust või

materjalilehe vahetust tuleb pink uuesti seadistada. See kajastub ka seisakute põhjuste tabelis (Lisa 9). Hiina pingil peab operaator peale igat operatsiooni terasid vahetama käsitsi, kuid euroopa pingil seda muret ei ole. Euroopa pingil tuleb terasid vahetada käsitsi ainult siis kui tera on juba nüri.

Perioodi vältel kulus tera vahetusele hiina pingil 140 minutit ja euroopa pingil 48 minutit, mis jällegi tõestab, et automatiseeritud teravahetus on kordades kiirem. Hiina pink tegi ka rohkem praaki ja praagiparandust, millele kulus perioodi vältel 52 minutit, euroopa pingil kulus praagiparandusele 12 minutit. Nende andmete põhjal oli hiina pingil perioodi jooksul 138 minutit (2,3 tundi) rohkem ajalist kadu, mida oleks euroopa pingil olnud võimalik vältida. Võttes arvesse keskmise töötunni hinda 50€/tund, tuleb välja et koos praagiparanduse ja tera vahetusele kulunud lisaajaga oleks hinnanguline aastane lisa müügitulu $2,3 \text{ tundi/nädalas} * 52 \text{ nädalat} * 50\text{€/tund} = 5980\text{€}$.

Võib tekkida küsimus, et miks on hiina pingi OEE üldskoor parem kui euroopa pingi üldskoor. Peamine põhjus on see, et euroopa pingil tehakse keerulisemaid töid, millest tulenevalt on ka joonised keerulisemad ning tihtipeale vajavad need tööd ka rakiseid. Suurt rolli mängib ka joonise ja programmi tegemise protsess. Euroopa pingil töötamiseks tuleb kasutada kahte erinevat programmi, üks on jooniste tegemiseks ja detailide paigutuse tegemiseks (Aspire) ning teine on operatsioonide programmeerimiseks (PcCamPlus). See omakorda suurendab ka seisakute aegu. Hiina pingil tehakse mõlemad nii joonis kui ka programmeerimine ühes programmis (Aspire). Perioodi jooksul oli euroopa pingil ka rohkem juhuslikke seisakud nagu näiteks materjali toomine ja ära viimine.

3.1.2 Tehnilised andmed

Pinkide tehniliste andmete võrdluse tabelist (Tabel 1) võib välja lugeda, et enamik omadused räägivad euroopa pingi kasuks. Euroopa pingil on suurem spindli mootori võimsus ja maksimum spindli kiirus. Suurem on ka maksimum telgede liikumiskiirus, mis tähendab, et pink on võimeline tegema tööd kiiremini kui hiina pink. Euroopa pingil on tugevam konstruktsioon, mille tõttu kaalub pink peaaegu neli korda rohkem kui hiina pink. Suurem pingi kaal tagab parema stabiilsuse (vähem vibratsiooni) ja sellega ka parema töö kvaliteedi. Seetõttu planeeritakse sellele pingile pikemaid ja keerulisemaid töid (nii kummi kui ka plasti töötlemist). Euroopa pingi eelisteks on ka automaatne nullpunktide positsioneerimine, telgede ristseisu kalibreerimine ja tööriistade vahetamine. Hiina pingi suurimaks eeliseks on madal soetusmaksumus.

3.1.3 Tasuvusarvutus

Arvutatud tööaja ja tegeliku tööaja tabelist (Tabel 10) tuli välja, et euroopa pink tegi perioodi jooksul 7,74 tundi kiiremini tööd. Kuna töö toimub kahes vahetuses, teeb see nädalas $7,74 \text{ tundi} \cdot 2 = 15,48 \text{ tundi}$. Kui teisendada aastasessse perioodi, müüakse aasta jooksul teoreetiliselt $15,48 \text{ tundi/nädalas} \cdot 52 \text{ nädalat} = 804,96 \text{ tundi}$ rohkem tööd. Arvestades keskmiseks töötunni müügihinnaks 50€/tund, teenib ettevõtte aasta jooksul teoreetiliselt $804,96 \text{ tundi} \cdot 50\text{€/tund} = 40\,248\text{€}$ lisa müügitulu. See summa tuleb puhtalt ajalise võidu pealt, siia tegelikult lisandub ka materjali pealt teenitav tulu ehk lisa müügitulu on tegelikkuses oluliselt suurem. Arvestades ettevõtte keskmiseks brutokasumi marginaaliks 35%, saame aastaseks lisakasumiks $0,35 \cdot 40\,248\text{€} = 14\,086,8\text{€}$.

Tasuvusarvutuseks võrdleb autor hiina ja euroopa pingi soetusmaksumuste erinevust ning arvutab välja mitme aastaga euroopa pingi kallim hind rahaliselt ära tasub:

Euroopa pingi soetusmaksumus: 90 443€

Hiina pingi soetusmaksumus: 20 890€

$$\text{Tasuvusaeg} = \frac{(90\,443\text{€} - 20\,890\text{€})}{14\,086,8\text{€/aastas}} = \frac{69\,553\text{€}}{14\,086,8\text{€/aastas}} = 4,94 \text{ aastat} \approx 5 \text{ aastat} \quad (8)$$

Pinkide soetusmaksumuste vahe tasub ära viie aastaga.

3.2. Ettepanekud

Võttes arvesse ettevõtte plaani laieneda ja potentsiaalset vajadust veel ühe CNC-pingi jaoks, on autori ettepanek soetada järgmiseks pingiks veel üks euroopa pink, sest pingi eelised on niivõrd suured võrreldes hiina pingiga ja see tuleb välja juba pinkide tehniliste andmete võrdlusest (Tabel 1). Selge eelis on euroopa pingil, sest see on rohkem automatiseeritud, stabiilsem, töövõimekuselt tugevam ja kiirem kui hiina pink. Need omadused võimaldavad tagada parema töö kvaliteedi ja mahutada rohkem töid igapäevastesse töövahetustesse. Euroopa pingi kasuks räägib ka arvutatud tööhinna ja tegeliku tööhinna võrdluse tabel (Tabel 10). Euroopa pink suutis teha perioodi vältel

olevad tööd ligi 7,74 tundi kiiremini kui oli arvestatud. Kuna pink töötab kahes vahetuses teeb see nädala peale kokku 15,48 tundi. See teeb aasta peale kokku 40 248 eurot lisa müügitulu. 5 aastaga tasub kallima pingi hinnaerinevus ennast ära puhtalt kiiruse pealt, kuna saab täita rohkem tellimusi, mis toovad sisse rohkem kasumit. Ettevõtte müüb ka materjali, seega tasuvusaeg on tegelikult veelgi lühem, sest suudetakse müüa sama ajaga rohkem materjali. Kuna euroopa pink toodab oluliselt kvaliteetsemalt, saab ettevõtte võtta töösse keerukamaid töid, mida hiina pingil ei saa teha ning toodetakse ka vähem praaki. Selle täpsemaks analüüsiks tuleks teha veel täiendavaid kvaliteediuuringuid.

Peale uue euroopa pingi soetamise on autoril ka järgnevad ettepanekud:

- Optimeerida pinkide tööaja arvutusmeetodit vastavalt pingi kiirusele, tänu millele saaks täpsemalt planeerida tootmist ja tarneaega kliendile;
- Paremini optimeerida euroopa pingi tootmist ehk planeerida veelgi pikemaid töid, kus saab pingi kiiruse eelist ära kasutada;
- Tulevikus kaaluda viie- teljelise freespingi soetamist, sest tänapäeval tehakse paljusid keerulisi eritöid rakistes (mis nõuavad ka rohkem aega);
- Paremini põhjendada operaatoritele ning töötajatele miks, ja kuidas tuleb jälgida seadmete tootlikkuse tõhusust;
- Edaspidi tegeleda OEE arvutamisel saadud mõõteandmete järjepideva analüüsiga (seisakute põhjuste väljaselgitamine, seisakute aegade vähendamine jms);
- Uue euroopa pingi soetamisega, soovib autor võtta kasutusele tarkvara, kus saab teha programmi otsast lõpuni.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada, milline on ettevõtte edasine pinkide soetamise strateegia. Töös on käsitletud kahe CNC-pingi võrdlust lähtuvalt Plastok OÜ arengu perspektiividest. Töö käigus vaatlus autor Euroopas valmistatud Kimla BPF-2141 pingi ja Hiinas valmistatud Step More SM-2131 pingi tööd viie tööpäeva jooksul. Analüüsides vaatluse käigus saadud mõõteandmeid, pinkide tehnilisi andmeid ja autori poolt teostatud tasuvusarvutust, leidis autor vastused järgnevatele küsimustele:

1. Millised on suurimad seisakute põhjused?

Autori poolt teostatud vaatluse käigus saadud mõõteandmete põhjal on pinkide suurimad seisakute ajad põhjustatud üleminekutega seotud operatsioonide tõttu. Need tulenevad ettevõtte tootmise iseloomust, kuna korduvaid detaile peaaegu, et ei olegi ning päevas tehakse valmis mitmeid tellimusi erinevate materjalidega. Märkimisväärne tootliku aja kadu tuli ka joonise tegemisele ja programmeerimisele kulunud seisakutest.

2. Milline pink oleks ettevõttel kasulikum järgmiseks soetada?

Pinkide võrdlemisel said otsustavateks asjaoludeks euroopa pingi suuremad töökiirused (maksimum spindli kiirus, maksimum liikumiskiirused telgedel), suurem automatiseeritus (nullpunktide positsioneerimine, telgede ristseisu kalibreerimine ja tööriistade vahetamine) ning pingi parem konstruktsioon, mis tagab pingi stabiilsuse ja töö kvaliteedi. Autori poolt teostatud tasuvusarvutusest selgus, et euroopa pingi suurem soetusmaksumus tasub ennast ära maksimaalselt viie aastaga. Võttes arvesse eelpool väljatoodut ning euroopa pingi poolt toodavat aastast lisa müügitulu (40 248 eurot), on autori hinnangul ettevõttel kasulikum soetada järgmiseks pingiks Euroopas valmistatud CNC-pink Kimla BPF-2141.

Lõputöös püsitatud küsimustele vastuste leidmise käigus tulid välja olulised nüansid, mis aitavad ettevõttel otsustada milliste kriteeriumite alusel uut pinki valida. Autori poolt teostatud analüüsi abil mõistavad Plastok OÜ töötajad paremini, kuidas tehakse tööd ettevõtte tootmisseadmetega ning millised on potentsiaalsed parendamiskohad. Lõputöös tehtud analüüs on abiks ka Evocon'i juurutusprotsessi juures, aidates mõista pingi operaatoritel OEE mõõtmise vajalikkust. Ettevõtte juhid, kes asuvad uut pinki valima, saavad kasutada käesolevas lõputöös tehtud analüüsi tulemusi lähteülesandena uue tootmisseadme soetamisel.

SUMMARY

The aim of this bachelor's thesis Comparison of CNC Machines Based on the Development Perspectives of Plastok OÜ was to find out what is the company's future strategy for acquiring CNC machines. The thesis deals with the comparison of two CNC machines. The author observed the work of the European-made Kimla BPF-2141 machine and the Chinese-made Step More SM-2131 machine during five working days. After analyzing the measured data obtained during the observation, the technical data of the machines and the profitability calculation performed by the author, the following questions were answered:

1. What are the biggest causes of downtime?

Based on the measured data obtained during the observation carried out by the author, the largest machine downtimes are caused by operations related to changeovers. They arise from the nature of the company's production, as there are almost no repetitive details and several orders with different materials are filled daily. A significant loss of productive time also came from downtime spent on sketching and programming.

2. Which machine would be more beneficial for the company to acquire next?

When comparing the machines, the higher working speeds of the European machine (maximum spindle speed, maximum movement speeds on the axes), greater automation (positioning of zero points, calibration of the cross position of the axes and changing of tools) and the better construction of the machine, which ensures the stability and work quality of the machine, became the decisive factors. The profitability calculation performed by the author revealed that the higher acquisition cost of the European machine pays for itself in a maximum of five years. Taking into account the above and the additional annual sales revenue generated by the European machine (40,248 euros), the author's opinion is that, it is more beneficial for the company to purchase the CNC machine made in Europe, the Kimla BPF-2141, as their next CNC machine.

During the process of finding answers to the questions raised in the thesis, important nuances emerged that help the company decide on the basis of which criteria to choose a new machine. With the help of the analysis carried out by the author, the employees of Plastok OÜ better understand how work is done with the company's production equipment and what are the potential areas for improvement. The analysis made in the thesis is also helpful in the Evocon implementation process, helping machine operators understand the necessity of measuring OEE. The managers of the company, who are going to choose a new machine, can use the results of the analysis made in this thesis as a starting point for the acquisition of new production equipment.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] "Plastok OÜ kodulehekülg," Mai 2023. [Online]. Available: <http://www.plastok.ee>.
- [2] J. Riives, R. Lumiste, V. Reedik, L. Roosimölder, K. Karjust, J. Kers, I. Kiolein, M. Kokla, R. Küttner, J. Lavin, J. Lavrentjev, K. Lõun, L. Mõtus, I. Naams, T. Otto, M. Pohlak, K. Raba, A. Saks, A. Talkop, T. Tähemaa ja R. Veinthal, Uuenduslik tootmine, TTÜ kirjastus, 2011.
- [3] "Topics: Business process management," Mai 2023. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/business-process-management>.
- [4] E. Kalle, Tootlikkuse kasvu juhtimine ettevõttes, Kirjastus "Külim", 2007.
- [5] M. Wetherill and K. Aivar, OEE at Work, bb&b, 2017.
- [6] "OEE Overall Equipment Effectiveness," Mai 2023. [Online]. Available: <https://leanway.ee/oee-overall-equipment-effectiveness/>.
- [7] "OEE," Mai 2023. [Online]. Available: <https://www.leanproduction.com/oee/>.
- [8] "Feature: OEE Dashboard," Mai 2023. [Online]. Available: <https://www.evocon.com/feature/oee-dashboard/>.
- [9] "CNC-pingi SM-2131 pass".
- [10] "CNC-pingi Kimla BPF-2141 kasutusjuhend".

LISAD

Lisa 1. SM-2131 peamised tehnilised andmed

Lisa 2. Kimla BPF-2141 peamised tehnilised andmed

Lisa 3. Mõõdetud tulemused päevade kaupa

Lisa 4. Seisakute põhjused 02.03.2023

Lisa 5. Seisakute põhjused 03.03.2023

Lisa 6. Seisakute põhjused 06.03.2023

Lisa 7. Seisakute põhjused 08.03.2023

Lisa 8. Seisakute põhjused 09.03.2023

Lisa 9. Seisakute põhjused vaatlus perioodil

Lisa 1. SM-2131 peamised tehnilised andmed

Max liikumisulatus X-suunas:	-2000 mm
Max liikumisulatus Y -suunas:	-3000 mm
Max liikumisulatus Z-suunas:	-200 mm
Spindli koonus:	ER32, kuni 20mm tera (diameeter).
Spindli kiiruse vahemik:	1100-18000 p/min
Spindli mootori võimsus:	4.5 kW
Juhtmootorid:	400 W sammmootorid
Juhtmootorite võimsus:	360 W
Puruimuri võimsus:	3 Kw
Vaakumpumba võimsus:	7.5 Kw
Töölaua mõõtmed:	2000 mm x 3100 mm
Z-telje kõrgus:	200 mm
Max kiirus X-Y teljel:	10000 mm/min
Max kiirus Z teljel:	2000 mm/min.
Tootmisaasta:	2015
Kaal:	1500kg

Lisa 2. Kimla BPF-2141 peamised tehnilised andmed

Pinge:	400 V
Maksimaalne voolutarve:	12000 W
Maksimum spindli kiirus:	24000 rpm
Spindli võimsus:	9 kW
Töölaua mõõtmed:	2100 mm x 4100 mm
Max liikumisulatus X-suunas:	-2100 mm;
Max liikumisulatus Y -suunas:	-4100 mm;
Max liikumisulatus Z-suunas:	-400 mm;
Spindli koonus:	ISO30 (ER32), kuni 20mm tera (diameeter).
Kohtade arv tööriistahoidjas:	10
Max kiirus X-Y teljel:	28500 mm/min;
Max kiirus Z teljel:	6000 mm/min.
Tootmisaasta:	2022
Kaal:	5800 kg

Lisa 3. Mõõdetud tulemused päevade kaupa

02.03.2023	Pink:	Hiina	Euroopa
	Kogu aeg, min:	540	582
	Plaanitud tootlik aeg, min:	480	528
	Seisakute aeg, min:	160	248
	Tegelik tootlik aeg, min:	320	280
	Kogu toodangu arv, tk:	340	390
	Praakide arv, tk:	0	0
03.03.2023	Pink:	Hiina	Euroopa
	Kogu aeg, min:	579	531
	Plaanitud tootlik aeg, min:	476	548
	Seisakute aeg, min:	152	52
	Tegelik tootlik aeg, min:	324	496
	Kogu toodangu arv, tk:	247	225
	Praakide arv, tk:	0	0
06.03.2023	Pink:	Hiina	Euroopa
	Kogu aeg, min:	571	557
	Plaanitud tootlik aeg, min:	484	532
	Seisakute aeg, min:	248	304
	Tegelik tootlik aeg, min:	236	228
	Kogu toodangu arv, tk:	67	57
	Praakide arv, tk:	3	0
08.03.2023	Pink:	Hiina	Euroopa
	Kogu aeg, min:	525	537
	Plaanitud tootlik aeg, min:	472	500
	Seisakute aeg, min:	76	120
	Tegelik tootlik aeg, min:	396	380
	Kogu toodangu arv, tk:	77	74
	Praakide arv, tk:	0	0
09.03.2023	Pink:	Hiina	Euroopa
	Kogu aeg, min:	528	549
	Plaanitud tootlik aeg, min:	456	496
	Seisakute aeg, min:	100	176
	Tegelik tootlik aeg, min:	356	320
	Kogu toodangu arv, tk:	73	55
	Praakide arv, tk:	0	1

Lisa 4. Seisakute põhjused 02.03.2023

			Pink:			
Päev:	Seisaku grupp:	Seisaku põhjus:	Hiina		Euroopa	
			Aeg, min	%	Aeg, min	%
02.03.2023	Kvaliteet	Detailide kontroll	16	10,00%	20	8,06%
	Üleminek	Detaili vahetus	8	5,00%	-	
	Üleminek	Joonise tegemine	-		32	12,90%
	Üleminek	Lehe vahetus (k.a tihendus)	40	25,00%	28	11,29%
	Süstemaatiline	Lõuna	20	12,50%	32	12,90%
	Planeerimine	Materjali toomine	-		8	3,23%
	Käivitamine	Pingi soojendus	-		8	3,23%
	Süstemaatiline	Pingi puhastus	4	2,50%	16	6,45%
	Üleminek	Programmi tegemine	24	15,00%	40	16,13%
	Käivitamine	Proovidetaili tegemine	-		48	19,35%
	Üleminek	Rakisesse sobitamine	8	5,00%	-	
	Üleminek	Tera vahetus	32	20,00%	4	1,61%
	Üleminek	Tihendamine	4	2,50%	8	3,23%
	Käivitamine	Vaakumi sisselülitamine	4	2,50%	4	1,61%
Kokku:			160	100,00%	248	100,00%

Lisa 5. Seisakute põhjused 03.03.2023

			Pink:			
Päev:	Seisaku grupp:	Seisaku põhjus:	Hiina		Euroopa	
			Aeg, min	%	Aeg, min	%
03.06.2023	Kvaliteet	Detailide kontroll	-		8	15,38%
	Üleminek	Joonise tegemine	20	13,16%	-	
	Üleminek	Lehe vahetus (k.a tihendus)	48	31,58%	8	15,38%
	Käivitamine	Pingi soojendus	-		28	53,85%
	Süsteematailine	Pingi puhastus	4	2,63%	-	
	Üleminek	Programmi tegemine	4	2,63%	-	
	Üleminek	Tera vahetus	16	10,53%	-	
	Üleminek	Tihendamine	12	7,89%	8	15,38%
	Käivitamine	Vaakumi sisselülitamine	4	2,63%	-	
	Süsteematailine	Vaakumi mootori vahetus	44	28,95%	-	
Kokku:			152	100,00%	52	100,00%

Lisa 6. Seisakute põhjused 06.03.2023

			Pink:			
Päev:	Seisaku grupp:	Seisaku põhjus:	Hiina		Euroopa	
			Aeg, min	%	Aeg, min	%
06.03.2023	Kvaliteet	Detailide kontroll	4	1,61%	24	7,89%
	Üleminek	Joonise tegemine	8	3,23%	40	13,16%
	Üleminek	Lehe vahetus (k.a tihendus)	88	35,48%	48	15,79%
	Süstemaatiline	Lõuna	16	6,45%	16	5,26%
	Planeerimine	Materjali toomine	-		4	1,32%
	Planeerimine	Materjali ära viimine	-		20	6,58%
	Süstemaatiline	Nõupidamine	-		20	6,58%
	Käivitamine	Pingi soojendus	-		4	1,32%
	Süstemaatiline	Pingi puhastus	4	1,61%	20	6,58%
	Kvaliteet	Praagi parandus	52	20,97%	-	
	Üleminek	Programmi tegemine	12	4,84%	52	17,11%
	Üleminek	Rakise tegemine	-		8	2,63%
	Üleminek	Tera vahetus	36	14,52%	12	3,95%
	Üleminek	Tihendamine	8	3,23%	24	7,89%
	Käivitamine	Vaakumi sisselülitamine	4	1,61%	4	1,32%
	Süstemaatiline	Vaakumkoti vahetus	16	6,45%	8	2,63%
Kokku:			248	100,00%	304	100,00%

Lisa 7. Seisakute põhjused 08.03.2023

			Pink:			
Päev:	Seisaku grupp:	Seisaku põhjus:	Hiina		Euroopa	
			Aeg, min	%	Aeg, min	%
08.03.2023	Üleminek	Joonise tegemine	-		12	10,00%
	Üleminek	Lehe vahetus (k.a tihendus)	32	42,11%	32	26,67%
	Süstemaatiline	Lõuna	-		8	6,67%
	Käivitamine	Pingi soojendus	-		8	6,67%
	Süstemaatiline	Pingi puhastus	4	5,26%	8	6,67%
	Üleminek	Programmi tegemine	-		12	10,00%
	Üleminek	Tera vahetus	24	31,58%	28	23,33%
	Üleminek	Tihendamine	8	10,53%	8	6,67%
	Käivitamine	Vaakumi sisselülitamine	-		4	3,33%
	Süstemaatiline	Vaakumkoti vahetus	8	10,53%	-	
Kokku:			76	100,00%	120	100,00%

Lisa 8. Seisakute põhjused 09.03.2023

			Pink:			
Päev:	Seisaku grupp:	Seisaku põhjus:	Hiina		Euroopa	
			Aeg, min	%	Aeg, min	%
09.03.2023	Kvaliteet	Detailide kontroll	-		8	4,55%
	Üleminek	Detailide vahetus	-		12	6,82%
	Üleminek	Joonise tegemine	-		8	4,55%
	Üleminek	Lehe vahetus (k.a tihendus)	36	36,00%	12	6,82%
	Süstemaatiline	Lõuna	24	24,00%	20	11,36%
	Käivitamine	Pingi soojendus	-		8	4,55%
	Süstemaatiline	Pingi puhastus	4	4,00%	-	
	Kvaliteet	Praagi parandus	-		12	6,82%
	Üleminek	Programmi tegemine	4	4,00%	8	4,55%
	Üleminek	Rakisesse sobitamine	-		56	31,82%
	Üleminek	Tera vahetus	32	32,00%	4	2,27%
	Üleminek	Tihendamine	-		12	6,82%
	Käivitamine	Vaakumi sisselülitamine	-		4	2,27%
	Süstemaatiline	Vaakumkoti vahetus	-		12	6,82%
Kokku:			100	100,00%	176	100,00%

Lisa 9. Seisakute põhjused vaatlus perioodil

		Pink:			
Seisaku grupp:	Seisaku põhjus:	Hiina		Euroopa	
		Aeg, min	%	Aeg, min	%
Kvaliteet	Detailide kontroll	20	2,72%	60	6,67%
Üleminek	Detaili vahetus	8	1,09%	12	1,33%
Üleminek	Joonise tegemine	28	3,80%	92	10,22%
Üleminek	Lehe vahetus (k.a tihendus)	244	33,15%	128	14,22%
Süsteemaatiline	Lõuna	60	8,15%	76	8,44%
Planeerimine	Materjali toomine	-		12	1,33%
Planeerimine	Materjali ära viimine	-		20	2,22%
Süsteemaatiline	Nõupidamine	-		20	2,22%
Käivitamine	Pingi soojendus	-		56	6,22%
Süsteemaatiline	Pingi puhastus	20	2,72%	44	4,89%
Kvaliteet	Praagi parandus	52	7,07%	12	1,33%
Üleminek	Programmi tegemine	44	5,98%	112	12,44%
Käivitamine	Proovidetaili tegemine	-		48	5,33%
Üleminek	Rakisesse sobitamine	8	1,09%	56	6,22%
Üleminek	Rakise tegemine	-		8	0,89%
Üleminek	Tera vahetus	140	19,02%	48	5,33%
Üleminek	Tihendamine	32	4,35%	60	6,67%
Käivitamine	Vaakumi sisselülitamine	12	1,63%	16	1,78%
Süsteemaatiline	Vaakumi mootori vahetus	44	5,98%	-	
Süsteemaatiline	Vaakumkoti vahetus	24	3,26%	20	2,22%
	Kokku:	736	100,00%	900	100,00%