



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

## AS HARJU ELEKTER TELETEHNIKA TOOTMISSÜSTEEMIDE ANALÜÜS

ANALYSIS OF AS HARJU ELEKTER TELETEHNIKA MANUFACTURING SYSTEMS

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Stenver Matt

Üliõpilaskood: 176937MATM

Juhendaja: Aigar Hermaste, lektor

Tallinn 2019

## 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.

“.....” ..... 2019

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 2019

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” .....2019

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

**MEHAANIKA JA TÖÖSTUSTEHNKA INSTITUUT**  
**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Stenver Matt, 176937MATM

**Õppekava, peeriala:** MATM02-15 - Tootearendus ja tootmistehnika, tootmistehnika

**Juhendaja:** Aigar Hermaste, lektor, 620 3269

**Lõputöö teema:**

(eesti keeles) AS Harju Elekter Teletehnika tootmissüsteemide analüüs

(inglise keeles) Analysis of AS Harju Elekter Teletehnika manufacturing systems

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. Analüüsida vana tootmissüsteemi
2. Analüüsida uut tootmissüsteemi
3. Analüüsida tootmissüsteemide tulemuslikkust

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Ülesande püstitamine ja kontseptsiooni väljatöötamine	03.03.2019
2.	Vana tootmissüsteemi analüüs	17.03.2019
3.	Uue tootmisliini analüüs	31.03.2019
4.	Uue ja vana tootmissüsteemi tulemuslikkuse analüüs	21.04.2019
5.	Töö vormistamine	05.05.2019

**Töö keel:** Eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....." .....2019 a

**Üliõpilane:** Stenver Matt

..... "....." .....2019 a

/allkiri/

**Juhendaja:** Aigar Hermaste

..... "....." .....2019 a

/allkiri/

# SISUKORD

EESSÕNA .....	5
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	6
SISSEJUHATUS .....	8
1. VANA TOOTMISSÜSTEEM .....	10
1.1 Finn-Power lehekeskus SG6 .....	11
1.1.1 Toormaterjali laadimissüsteem .....	12
1.1.2 Stantsimine .....	13
1.1.3 Giljotiinlõikus .....	16
1.1.4 Detailide ja jäätmete mahalaadimine .....	16
1.2 Amada painutuspink HFE 100/3 .....	18
2. UUS PAINDTOOTMISLIIN .....	22
2.1 Toormaterjali ladu ja laadimissüsteem .....	24
2.2 Stantsimine .....	25
2.3 Lasermarkeerimine .....	28
2.4 Giljotiinlõikus .....	28
2.5 Detailide ja jäätmete mahalaadimine .....	29
2.6 Detailide puhverala .....	31
2.7 Painutuspink EBe5 .....	32
3. TOOTMISSÜSTEEMIDE TULEMUSLIKKUSE ANALÜÜS .....	35
3.1 Andmete kogumine .....	35
3.2 Stantsimise analüüs .....	36
3.3 Painutamise analüüs .....	43
3.4 Uue paindootmisliini mõju ettevõttele .....	48
KOKKUVÕTE .....	50
SUMMARY .....	52
KASUTATUD KIRJANDUS .....	54
LISAD .....	55
Lisa 2 JETCAM'i programmilehe näidis .....	56
Lisa 2 Marsruutkaardi näidis .....	57
Lisa 3 NC Expressi programmilehe näidis .....	58

## EESSÕNA

Käesolev magistritöö annab ülevaate AS Harju Elekter Teletehnika vanast ning uuest tootmissüsteemist. Teemat ajendas valima lehtmetaili tootmistehnoloogia kiire areng viimastel aastakümnetel, kus automatiseerituse taseme tõusuga on suudetud olulisel määral tõsta tootlikkust.

Antud lõputöö on valminud Aigar Hermaste juhendamisel. Töös kasutatava informatsiooni kogumine toimus ettevõttes AS Harju Elekter Teletehnika, mis asub Harjumaal, Keilas.

Võtmesõnad: tootmistehnika, lehtmetail, painedtootmisliin, magistritöö.

## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

KPI	Tulemuslikkuse võtmenäitajad (ing k <i>key performance indicators</i> )
FMS	Paindootmissüsteem (ing k <i>Flexible Manufacturing System</i> )
SG	Lõikamise geenius (ing k <i>shear genius</i> )
HF	Suure täpsusega (ing k <i>high fidelity</i> )
PSBB	Stantsimine-lõikamine-ladustamine-painutamine (ing k <i>punching-shearing-buffering-bending</i> )
ERP	Ettevõtte ressursside planeerimine (ing k <i>Enterprise Resource Planning</i> )
BOM	Kulumaterjalid (ing k <i>Bill of Materials</i> )
CAM	Arvuti abil tootmine (ing k <i>Computer Aided Manufacturing</i> )
NC	Arvjuhtimisprogramm (ing k <i>Numerical Control</i> )
LD	Laadimissüsteem (ing k <i>loading device</i> )
PC	Polükarbonaat (ing k <i>polycarbonate</i> )
PVC	Polüvinüülkloriid (ing k <i>polyvinyl chloride</i> )
C	Konveierliin (ing k <i>conveyor</i> )
SC	Jäätmete konveierliin (ing k <i>scrap conveyor</i> )
RSC	Giljotiinlõikuse jäätmete konveierliin (ing k <i>right angle shear scrap conveyor</i> )
FL	Kiirelt laadiv (ing k <i>fast loading</i> )
SU	Sorteerimisüksus (ing k <i>sorting unit</i> )
PSR	Puhverdamise robot (ing k <i>picking and stacking robot</i> )
EBe	Kiirpainutaja (ing k <i>express bender</i> )
ASP	Lühikesed lisaterad (ing k <i>additional short blades</i> )
AUT	Ülemine lisatööriist (ing k <i>additional upper tool</i> )
ABT	Hõivatud aeg (ing k <i>actual busy time</i> )
APT	Tootmisaeg (ing k <i>actual production time</i> )
ADT	Seisuaeg (ing k <i>actual down time</i> )
RMQ	Toomaterjali kogus (ing k <i>raw material quantity</i> )
OQ	Valmisdetailide arv (ing k <i>output quantity</i> )
SQ	Jääkmaterjal (ing k <i>scrap quantity</i> )
TH	Stantsilöövide arv (ing k <i>total hits</i> )

SUQ	Seadistuse arv (ing k <i>set up quantity</i> )
OEE	Seadme kasutamise tõhusus (ing k <i>overall equipment effectiveness</i> )
GQ	Kvaliteetsed detailid (ing k <i>good quantity</i> )
TCT	Teoreetiline tsükliäeg (ing k <i>theoretical cycle time</i> )
TB	Painete arv (ing k <i>total bends</i> )

## SISSEJUHATUS

AS Harju Elekter Teletehnika asutati 1991. aastal ning ta kuulub Harju Elekter Gruppi. Ettevõtte Keilas asuvas ligi 9 000 m<sup>2</sup> suurusel pinnal teguseva firma arendus-, tootmis-, müügi- ja administratsiooniüksustes töötab kokku umbes 100 inimest. Ettevõtte 2018. aasta müügitulud olid 6,1 miljonit eurot, millest eksport moodustas 28 % [1].

AS Harju Elekter Teletehnika põhitegevuseks on kliendikohaste lehtmetailtoodete ja -lahenduste valmistamine energeetika, elektrotehnika ja -telekomi sektorile. Ettevõtte tootevalikusse kuuluvad eelkõige telefoni-, andmesidevõrkude- ja seadmekapid ning nende lisatarvikud. Lisaks teostatakse allhanketöid lehtmetaili töötlemise valdkonnas [1].

Töö autor töötab AS Harju Elekter Teletehnikas alates 2016. aasta septembrist tehnoloog-arendajana ning on kõrvalt näinud 2018. aasta kevadel eelkõige kontsernisisesse metallivajaduse suurenemise tõttu ettevõttesse soetatud FMS (ing k *Flexible Manufacturing System*) liini valiku, paigaldamise ja tootmisesse juurutamise protsesse. Finn-Power Oy poolt tarnitud FMS liini maksumuseks oli ligi 2,5 miljonit eurot [1].

Käesoleva magistritöö põhieesmärgiks on analüüsida ja võrrelda stantsimise ja painutamise võtmes AS Harju Elekter Teletehnika uue paindootmisliini ja vana lehtmetaili tootmissüsteemi tehnoloogilisuse ja tootmise tulemuslikkuse seisukohast. Olulisel kohal tootlikkuse mõõtmisel on KPI'de (ing k *key performance indicators*) võrdlus.

Töö esimeses peatükis analüüsitakse ettevõtte vana tootmissüsteemi, mis koosneb 1997. aastal valmistatud Finn-Power SG6 (ing k *shear genius*) revolverstantsist koos giljotiinlõikajaga ning käesoleva aastatuhande esimestel aastatel valmistatud E- varustustasemega Amada HFE (ing k *high fidelity*) hüdraulilistest painutuspinkidest.

Teises peatükis analüüsitakse 2018. aastal soetatud Prima-Power PSBB (ing k *punching-shearing-buffering-bending*) paindootmisliini, mis koosneb materjalitornist, SG6 revolverstantsist, giljotiinlõikajast, detailide markeerijast, pinnalaotuste puhveralast ning automaatsest painutuspingist.



Töö kolmandas peatükis võrreldakse ning analüüsitakse AS Harju Elekter Teletehnika tehast läbinud toodangu näitel kahe nädalase vaatlusperioodi jooksul vana ja uue tootmissüsteemide tootmistulemusi ning tulemuslikkuse võtmenäitajaid stantsimis- ja painutamisoperatsioonide vaatenurgast. Lisaks analüüsitakse uue paindtootmisliini laialdasemat mõju AS Harju Elekter Teletehnika arengule.

Töö teostamiseks kasutati tarkvarasid Tulus Office, Microsoft Dynamics Axapta, Global Reader, MS Excel, MS Word.

# 1. VANA TOOTMISSÜSTEEM

AS Harju Elekter Teletehnika vana tootmissüsteem on tehas teeninud ligi 20 aastat ning saanud väga suure koormuse osaliseks. Vana tootmissüsteem koosneb kahest eraldiseisvast tööpingist, milleks on 1997. aastal toodetud ning kolm aastat hiljem kasutatuna soetatud Finn-Power SG6 lehekeskuses ja käesoleva aastatuhande esimestel aastatel valmistatud E- varustustasemega Amada HFE hüdraulilistest painutuspinkidest, kus kõige suuremad on kolme meetri ja väiksemad 1,2 meetri pikkuse töölauga.

Tarkvara poole pealt toetab tootmist ERP (ing k *Enterprise Resource Planning*) süsteemina kasutusel olev Microsoft Dynamics Axapta, mille arendamise ja tehnilise abi teenust osutab Columbus Eesti AS. ERP süsteemis on kirjeldatud kõikide tehas läbivate detailide, pool- ja valmistoodete valmistamiseks tehtavate operatsioonide järjekord koos ajalise kestvusega, BOM (ing k *Bill of Materials*), tööjoonised ja CAM (ing k *Computer Aided Manufacturing*) programmileht.

Programmilehed (vt Lisa 1 JETCAM programmilehe näidis) on eelnevalt CAM- tehniku poolt valmistatud kindla suurusega toorikule paigutatud detailide kogum, kus on pingioperaatori jaoks kõik oluline informatsioon: kasutatav materjal, selle paksus, lehe mõõdud, kasutatavad tööriistad koos pesade numbritega, töötlemise aeg ja saadavate detailide kogused lehel. NC- kood (ing k *Numerical Control*) on eelnevalt CAM- tehniku poolt lehekeskusesse saadetud ning operaatoril on vaja vastavalt nimetusele see programmide kaustast ülesse leida ja pink käivitada

CAM programmina on vanas tootmissüsteemis kasutusel JETCAM, mis oma kõrge eea tõttu ei ole programmi tegijale väga kiire: palju on erinevaid aspekte, mida peab järgima, et lehekeskus oleks võimeline programmi järgi tööd tegema. JETCAM'i on küll võimalik mingil määral õpetada, aga saavutatav tase jääb tänapäeva sarnastele programmidele kõvasti alla. Kuna SG6'l on giljotiinlõikaja, siis tuleb väga hoolikalt jälgida, kuidas detailid üksteise suhtes asetsevad, mis faasis teha suuremate toorikute puhul käpatõsteid ning kuidas lõikajaid programmi asetada.

Töökäsu (vt Lisa 2 Marsruutkaardi näidis) väljaprintimisega ERP süsteemist kaasneb detaili valmistamise tehnoloogiline järjekord, eeldatav kestvus ning tööjoonised. Lisaks annab tootmise töödejuhataja stantsimise operaatorile programmilehe, millega nõutavad detailid valmis toota. Kõik programmilehed on ERP süsteemis detailide koodide alt leitavad, aga programme samale

detailide võib olla väga erinevaid, kuna toodete tellitavad kogused tihtipeale varieeruvad. Seega on töödejuhataja ülesanne anda välja optimaalseid tootmisprogramme või lasta CAM- tehnikul teha uus, kui ükski olemasolev ei ole koguse poolest sobilik.

Töökäskudel asub ka unikaalne triipkood, mida töötajad pärast igat operatsiooni kogu tootmispartii valmimisel tagasisideterminaalides registreerivad. Sealt printitakse välja siirdekaart, mis näitab, millisesse ootealasse või lattu detail edasi liigub. Tehtud töö raporteerimist operatori nime, lõpetamise kellaaja ja valmistatud koguse täpsusega, on võimalik näha ERP programmis. Kogu selline süsteem baseerub reeglil, et töökäskud käivad koos detailidega ühest operatsioonist teise alati kaasas. Kuna tehast läbiva toodangu maht on väga suur, kus osad detailid võivad olla võrdlemisi sarnased, peab selle koha pealt olema äärmiselt tähelepanelik: hiljem on igasuguseid anomaaliaid väga keeruline lahendada.

## 1.1 Finn-Power lehekeskus SG6

Järgnevat lehekeskuse Finn-Power SG6 (Sele 1.1) alapeatükkides analüüsitakse seadme erinevaid komponente ning tuuakse välja süsteemide eeliseid ja puudusi. Lehekeskus on jaotatud järgmisteks alamosadeks: toormaterjali laadimissüsteem, stantsimine, giljotiinlõikus, jäätmekäitlus ning detailide mahalaadimissüsteem.



Sele 1.1 Vana süsteemi lehekeskus Finn-Power SG6

### 1.1.1 Toormaterjali laadimissüsteem

Finn-Power SG6 juures on kasutusel automaatne LD3000 (ing k *loading device*) (Sele 1.2) laadimissüsteem, kuhu saab asetada toormaterjali aluse, kust tõsteseade iminappadega üks haaval toormaterjali lehti ladustamisaluselt töölauale, revolverstantsi käppade vahele tõstab. Iminapad on pikema telje suunas hajutatud kolme ning lühema telje suunas 1,5 meetri ulatuses laiali, et oleks mugav tõsta erinevate mõõtudega toorikuid. Tõsteseade on varustatud ka automaatse lehepaksuse mõõtjaga, mis pärast igat tooriku tõstmist veendub, et selle paksus on sama, mis NC- koodis.



Sele 1.2 Toormaterjali laadimissüsteem LD3000

Tabel 1.1 Toormaterjali laadimissüsteemi LD3000 tehnilised andmed [2]

<b>Maksimaalne lehe mõõt</b>	3000 mm x 1500 mm
<b>Minimaalne lehe mõõt</b>	600 mm x 300 mm
<b>Maksimaalne lehe mass</b>	180 kg
<b>Maksimaalne lehe paksus</b>	5 mm
<b>Minimaalne lehe paksus</b>	0,5 mm
<b>Toormaterjali paki maksimaalne mass</b>	3000 kg
<b>Toormaterjali paki maksimaalne kõrgus</b>	200 mm

Selle süsteemi suurimaks kitsaskohaks on erinevate materjalide ladustamise võimaluse puudumine. Iga järgneva töö puhul, kus võrreldes eelmisega muutub materjal, selle paksus või tooriku mõõt, peab operaator kogu materjali paki laualt ära võtma, tagasi riulisse viima ning sealt uue materjali kaasa võtma. Arvestades, et erinevate detailide valmistamiseks kasutatakse AS Harju Elekter Teletehnikas külmaltsitud, kuumaltsitud, kuumtsingitud, alutsingitud, elektrotsingitud ja roostevabu teraslehti ning lisaks veel alumiiniumit, PC'd (ing k *polycarbonate*) ja PVC'd (ing k *polyvinyl chloride*) mitmete erinevate lehesuurustega, siis on summaarne unikaalsete toorikute nomenklatuur väga pikk ning pingioperaator peab ühe vahetuse jooksul korduvalt toormaterjali transportimisega tegelema.

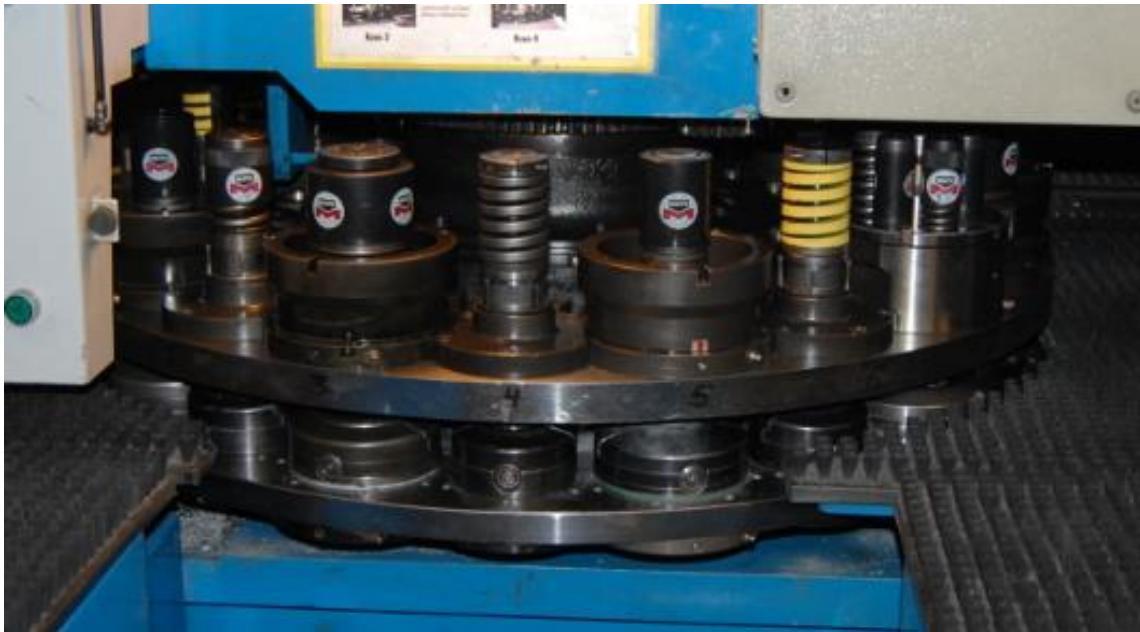
### 1.1.2 Stantsimine

Stantsimise korral on liikuvaks osaks toorik, mis vastavalt NC- koodile liigub koordinaatlaual x- ja y- telje sihis. Toorikust hoiab masin kinni kolme pneumaatilise käpaga. Vanal SG6 lehekeskusel surutakse stantsimisel hüdraulilise ajamiga töötava löögihaamri abil tempel läbi materjali matriitsi, mille abil toimub vormimine või jääkmaterjali eraldamine [3].

Stationsaarselt on koha peal tööriistarevolver (Sele 1.3), kus on kokku 20 pesa, mis on jaotatud erinevate suurustega templite vahel. Kokku mahutab revolver maksimaalselt 55 erinevat tööriista. Tööriistasid, mis sellesse lehekeskusesse sobivad, on tehases kokku 181. SG6'l on ka viis *index* pesa, kus tööriist ei ole paigutatud hoidjasse kindla nurga (0°, 45° või 90°) all, vaid saab pöörelda vabalt ümber oma telje ning stantsida iga nurga all. See lihtsustab CAM- tehnikul oluliselt programmi tegemist, kuna keerulise profiiliga kontuuri on *index* tööriistu programmides väga mugav kasutada. Samuti on pingil kaks vormimispesa, kus lehtmaterjalile antakse vorm ülesse või alla suunas ning seeläbi muudetakse tooriku ristlõike kuju. Vormimise operatsiooni puhul ei suruta tempel täielikult läbi materjali, vaid täpsel ettemääratud sügavusele, et esile kutsuda plastset deformatsiooni kujumuutuse näol. Üldjuhul kasutatakse selliseid eritööriistu metallkapi hingede ja kruvipeade peitmiseks, keermestatava ava keermeniidi pikkuse suurendamiseks või tuulutuspilu stantsimiseks [3].

Lisaks tavalistele tööriistadele, mis igaüks läheb individuaalselt ühte pesasse, on vanal SG6'l ka kolm *multi-tool* (Sele 1.4) tööriista, kus ühe suure templi- ja matriitsihoidjasse on võimalik paigutada mitu väiksemat tööriista, mille abil saab märkimisväärselt tõsta revolvril olevate tööriistade arvu. See on pingi kasuliku tööaja koha pealt väga oluline võit, kuna iga tööriista

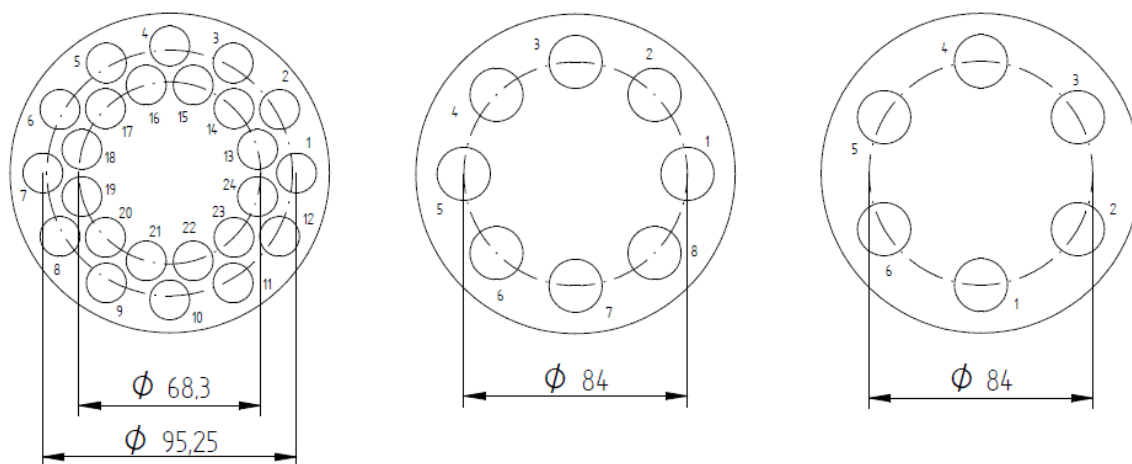
vahetus tingib pingi töös seisaku, mida klient kinni ei maksa. Samuti kasvab pidevate tööriistade vahetamisega tõenäosus, et operaatoril läheb mõni tööriist valesse pesa või vale nurga all. Seega, mida rohkem tööriistu revolver mahutab, seda vähem raisatakse pingi kasulikku tööaega abitegevusteks. Vana SG6 *multi-tool*ides hoitakse enamasti ümaraid ja mõnda üksikut ruudu- või ristkülikukujulist tööriista. Ümartööriistade puhul on *multi-tool*'s kaetud vahemik  $\varnothing 2,2$  mm -  $\varnothing 12,5$  mm sammuga umbes 0,5 mm. *Multi-tool*'is ei ole ühtegi *index* tööriista, mis tähendab, et kõigil on fikseeritud asend. Seetõttu saab ruudu, ristküliku või mõne muu mitte ideaalsümmeetrilise tööriista asetada pesasse  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  või  $90^\circ$  nurga all.



Sele 1.3 Vana SG6 lehekeskuse revolver

Tabel 1.2 Vana SG6 revolveri tööriistapesade jaotus [3]

Tööriistapesa	Templi läbimõõt, mm	Pesade arv revolveris
A	1,6 - 12,7	38
B	12,8 - 31,7	6
B <i>index</i>	12,8 - 31,7	3
B vormimis	12,8 - 31,7	1
C	31,8 - 50,8	4
C <i>index</i>	31,8 - 50,8	1
D <i>index</i>	50,9 - 88,9	1
D vormimis	50,9 - 88,9	1



Sele 1.4 *Multi-tool*'id MT 24-8, MT8-24, MT 6-A [2]

Tabel 1.3 Vana SG6 *multi-tool*'id [3]

<b><i>Multi-tool</i></b>	<b>Maksimaalne templite arv</b>	<b>Maksimaalne templi läbimõõt, mm</b>
MT 24-8	24	8,0
MT 8-24	8	24,0
MT 6-A	6	12,7

Stantsimise ajal materjali venimise tõttu tekib lõikeservadesse kraat, mille suurus sõltub tööriista teravusest ja lõtkust ehk pilu suuruselt matriitsi ja templi vahel. Erineva suurusega matriitsi kasutamine võimaldab sama templiga stantsida väga erineva lehepaksusega toorikuid. Madalsüsinikteraste, mida SG6'e all kõige rohkem esineb, puhul on optimaalseks ühepoolseks lõtkuks 10 % - 12,5 % materjali paksusest. Seetõttu on kõigil AS Harju Elekter Teletehnika tööriistadel kaks matriitsi: ühepoolse lõtkuga 0,5 mm ja 0,2 mm. Väiksemat lõtku kasutatakse 0,7 mm - 1,5 mm paksusega materjali stantsimiseks ning suuremat lõtku 2 mm - 3 mm paksusega materjali stantsimiseks. Eesmärgiks on saavutada võimalikult väikse kraadiga detailid ilma tööriistade liiga kiire kulumiseta, mis soodustab just väga väike lõtk. [3].

Vana SG6'e maksimaalseks stantsimise jõuks on 300 kN, mida samuti peab programme tehes silmas pidama. Lõikejõud sõltub lõigatava kontuuri pikkusest, materjali paksusest ja tõmbetugevusest. Seega on näiteks 5 mm paksuse kuumvaltsitud S355 teraslehe kasutamise korral suurimaks stantsitava kontuuri ümbermõõduks  $169 \text{ mm}$  ( $300000 \text{ N} / (5 \text{ mm} \cdot 355 \text{ N/mm}^2) = 169 \text{ mm}$ ), mida masin on võimeline läbi lehe lööma [3].

### 1.1.3 Giljotiinlõikus

Giljotiinlõikust kasutatakse lehtmaterjali tükeldamiseks ning pinnalaotuste lõplikuks eraldamiseks toorikust. Sarnaselt stantsimisele liigub tööriista üks pool teisele vastu, jättes vahele väikese lõtku ning teostab seeläbi lõike. SG6 lehekeskusel asuvad kaks giljotiinitera üksteise suhtes 90° all, mis võimaldab ühe lõikega eraldada materjali nii x- kui ka y- telje sihis. Seade on võimeline korraga lõikama maksimaalselt 1528 mm x 800 mm suuruseid detaile. Kui on vaja teha pikemaid lõikeid, jagab CAM- programm lõike mitmeks osaks, mida teostatakse jadamisi. Giljotiiniterad ise on mõne kraadise nurga alla, et jaotada lõikejõudu ühtlaselt kogu terापikkuse peale ära.

Giljotiini olemasolu lehekeskuse juures on äärmiselt oluline, et kiirendada kogu stantsimise protsessi. Eriti annab see võitu sirgeservaliste detailide pinnalaotuste puhul, kus on võimalus detaili eraldamiseks tooriku küljest teha üks 1500 mm pikkune lõige, asendamaks 18 stantsilööki, mis kuluks pikima 88 mm x 4 mm suuruse tööriistaga sama eesmärgi täitmiseks.

### 1.1.4 Detailide ja jäätmete mahalaadimine

Stantsitud detailide pinnalaotused lõigatakse giljotiinkääridega tooriku küljest lahti, mis stantsimislaua automaatsel tõusmisel sealt alla C200 (ing k *conveyor*) konveierliinile (Sele 1.5) kukuvad ning lehekeskuse otsa suunatakse. Sarnaselt detailidega lähevad liini lõppu ka suuremate mõõtudega jäägitükid kui 600 mm x 600 mm, kuna need jäätmekonteinerisse ei mahu. Antud süsteemi suurimaks puuduseks on inimjõu kasutamise vajalikkus, et stantsitud pinnalaotused konveierliinilt kaubaalusele tõsta. Kasutatakse küll reguleeritava kõrgusega kahvelkärusid, ent mitmekümne kilogrammi raskusid lehti on ikka füüsiliselt üsna väsitav alusele venitada. Lisaks peab operaator majandama ka suuremate jäägitükkidega, mis aeg-ajalt paratamatult tekivad, ent äraviskamisele ei kuulu [2].

Jäägikaste on vanal SG6'l kaks tükki: SC1 (ing k *scrap conveyor*) (Sele 1.6) ja RSC1 (ing k *right angle shear scrap conveyor*) (Sele 1.7), millest esimene on mõeldud stantsimisel tekkinud jäätmete kogumiseks ning teine giljotiinlõikajaga eraldatud jäägitükkide kogumiseks. Mõlemad metallkaste on võimalik kahveltõstukiga tõsta ning vastavalt täitumisele suuremasse konteinerisse tühjendada. Plastmassi ja alumiiniumi stantsimisel asetatakse konteinerite sisse väiksemad kastid, et omavahel materjalid ei seguneks [2].





Sele 1.5 C200 Konveierliin



Sele 1.6 SC1 Konveierliin



Sele 1.7 RSC1 Konveierliin

## 1.2 Amada painutuspink HFE 100/3

Vana tootmissüsteemi lehekeskusele järgneva osa moodustavad hüdraulilised painutuspingid, millest käesoleva töö raames analüüsitakse suurimat Amada painutuspinki HFE 100/3 (Sele 1.8). Lehekeskuse alt tulevad detailid jaotatakse üldiselt painutuspinkide vahel suurusest lähtuvalt ära: suured pingid painutavad suuri detaile ning väiksed pingid väikseid. HFE 100/3 kujutab endast kolme meetri pikkuste ja kuni 100 kN vajavate detailide painutuspinki E- klassi varustustasemega. Painutuspink on olemuselt keevitatud c- raam, kus alumisele talale kinnitatakse matriits ning ülemisele hüdrauliliste silindrite abil vertikaalselt liikuvale talale tempel [4].

Tabel 1.4 Amada painutuspinki HFE 100/3 tehnilised andmed [4]

<b>Mõõtmed</b>	4295 mm x 2285 mm x 2700 mm
<b>Maksimaalne painde pikkus</b>	3110 mm
<b>Maksimaalne painutusjõud</b>	100 kN
<b>Silindri töökäik</b>	200 mm



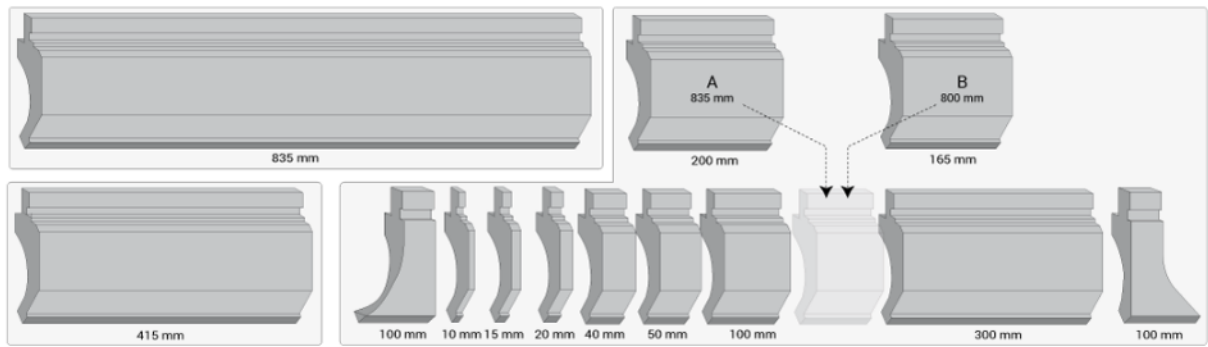
Sele 1.8 Amada painutuspink HFE 100/3

Amada HFE 100/3 pink teostab osalist painutamist, mis kujutab endast tüüpilist õhkpainutust, mida iseloomustab saavutavate paindenurkade suur vahemik. Nimetus tuleneb sellest, et detaili ja matriitsi vahele jääb õhuvähe. Kehtib seos painutusnurga ja rakendatava jõu vahel: jõu suurendamisel painutatava nurga suurus väheneb. Seega saab samade tööriistadega tekitada väga erineva suurusega paindeid, kus muuta tuleb vaid terale rakendatavat jõudu [4].

Amada painutuspingi tööriistade hulka kuuluvad nelja erinevat tüüpi terad, mis üksteisest erinevad kuju, kõrguse, tipunurga ja maksimaalse survejõu poolest. Kõiki terasid on standarsete pikkustega: lühike 415 mm, pikk 800 mm või 835 mm ning seksioonidena 800 mm või 835 mm, et omada suurt paindlikkust erinevate pikkustega painete tegemisel (Sele 1.9). Terasid saab hoidjasse kõrvuti kinnitada ning seeläbi moodustada sobilikke terade pikkuseid või mitmeid töökohti ühe ja sama detaili erinevate keeruliste painete tegemiseks.

Tabel 1.5 Amada painutuspingi HFE 100/3 templid

<b>Tera tüüp</b>	<b>Pikk tera, mm</b>	<b>Lühike tera, mm</b>	<b>Seksioonidena, mm</b>	<b>Kõrgus, mm</b>	<b>Tipunurk, °</b>	<b>Maksimaalne survejõud, kN/m</b>
Standardne	835	415	835	90	88	300
Standardne	835	415	835	67	88	1000
Standardne	835	415	835	95	90	500
Standardne	835	415	835	67	88	350
Terav	800	415	800	104	30	1000
Terav	835	415	835	160	30	500
Terav	800	415	800	120	30	1000
Terav	835	415	835	95	88	500
Mõök	835	415	835	160	88	500
Luigekael	835	415	835	90	90	500
Luigekael	800	415	800	90	88	700
Luigekael	800	415	800	120	86	500
Luigekael	835	415	835	160	88	500
Luigekael	835	415	835	90	88	500



Sele 1.9 Amada painutuspink HFE 100/3 templite standardised pikkused [5]

Tabel 1.6 Amada painutuspingi HFE 100/3 matriitsid

Soonte arv	Pikk soon, mm	Lühike soon, mm	Seksioonidena, mm	Soonenurk, °	Laius, mm	Kõrgus, mm	Maksimaalne survejõud, kN/m
1	835	415	800	30	10	74,7	600
1	835	415	800	30	12	60	800
1	835	415	835	45	8	60	900
1	835	415	835	60	6	60	600
1	835	415	800	86	8	62,3	900
1	835	415	800	86	12	64,4	1000
1	835	415	800	86	16	66,6	1000
1	835	415	835	88	8	59,5	950
1	835	415	835	88	10	60	600
1	835	415	835	88	12	30	1000
1	835	415	835	90	10	60	950
2	835	415	835	2 x 30	8, 12	38	260
2	835	415	835	2 x 88	6, 10	45,5	700
2	835	415	835	2 x 88	8, 12	45,5	700
2	835	415	835	2 x 88	14, 18	46	700
2	835	415	835	2 x 88	16, 25	46	1000
2	835	415	835	2 x 90	8, 12	46	700

Sarnaselt teradele on ka painutuspinkidel standardsete pikkuste ja sektsioonidega matriitsid, et kogu protsess oleks võimalikult paindlik. Vastavalt materjali paksusele tuleb painutuse operaatoril leida detaili jaoks sobilik soon, mille kaudu on võimalik määrata painutamiseks vajalik jõud ja painutatava serva minimaalne laius, mis tihtipeale on allhanke töid teostades problemaatiline, kuna enamus ettevõtted ei oma väga suuri teadmisi lehtmaterjali painutamise teooriast, siis väga väikeste painete projekteerimine paksude materjalide puhul on leviv nähtus. Painde minimaalset laiust on vaja eelkõige selleks, et lõpptulemus oleks täpne ning tehtav töö ohutu [3].

Painutusprotsess on mitmes mõttes üsna tülikas. Esiteks kaasneb seeriatootmisel erinevate detailide suur hulk, mis kõik nõuavad kohapealset programmeerimist, proovimist, parandamist, kontrollimist ja muidu tootele lisandväärtust mitte andvaid protsesse, mis tihtipeale võtavad rohkem aega, kui partii enda painutamine. Samuti vajab painutamine operaatori poolt väga tähelepanelikku pilku, et kõik painded saaks tehtud õigesse suunda ja õige nurga all. AS Harju Elekter Teletehnika kvaliteedistatistika on näidanud, et umbes kolmandik kõikidest mittevastavustest kogu tehase töös on seotud painutamisega. Lisaks on väga ebamugav käsitleda raskeid või suurepinnalisi detaile, mida operaatorid peavad töötlemaks kahekesi, et suudaks detaile tõsta ning piisavalt täpselt piirajaid kasutada. Seega on vana tootmissüsteemi kitsaskohaks kindlasti painutus oma rohkete seadistuste ja suure inimfaktori tõttu, kus rutiinsetes olukordades kipub vigu sisse laskma.

## 2. UUS PAINDTOOTMISLIIN

AS Harju Elekter Teletehnika uue tootmissüsteemi kandvaimaks osaks on 2018. aasta kevadel soetatud Prima Power PSBB paindootmisliin, mille maksumuseks oli umbes 2,5 miljonit eurot. Paindootmissüsteem kujutab endast ümberprogrammeeritavaid ning automaatsete materjalide käsitlemistega omavahel ühendatud tootmisseadmete kogumit, mida juhitakse ühtsest arvutisüsteemist. Paindootmine põhineb grupitehnoloogial, mis on mõeldud seeriatena tooteperede käsitlemiseks, kus esinevad sarnased materjalid, mõõdud ning operatsioonid. Mahud peaksid olema piisavalt väiksed, et masstootmine end ei õigustaks, aga samas piisavalt suured, et automatiseeritus võitu annaks [6].

PSBB tootmisliini moodustavad seadmete poole pealt: toormaterjali ladustamise torn, stantsimiskeskus, lasermarkeerija, giljotiinlõikaja, ning automaatne painutuspink. Detailide transportimist tagavad toormaterjali laadimissüsteem, jäätmete konveier, puhverala robot, detailide konveier ning painutuspingi robot.

Tarkvarana on ainult uue liiniga toodetavate detailide korral kasutusel Tulus, mille vahendusel toimub tööde planeerimine ja tootmisprogrammide loomine. Tuluse vahendusel saab reaalaajas jälgida, mis detaile pingis parasjagu valmistatakse ning tagasiulatuvalt vaadata detailide tootmise alustamise ning lõpetamise hetki, tehtud koguseid, esinenud rikkelogi jne. Samuti annab Tulus väga kiire üldpildi tootmisest: kasutatud lehtede arvu iga materjali ja mõõdu puhul, summaarse tööaja, detailide arvu ning materjali kasutusteguri eelnevalt määratud ajaperioodi vältel. See on väga oluline erinevus võrreldes vana süsteemiga, kus puudus reaalaajaline ülevaade tootmisest ning tootmisest tagasisidena saadav info operatsioonide kestvuse kohta oli raskesti mõõdetav. Nüüd aga saab olemasoleva kogemuse põhjal hinnapakkumiste kujundamisel kasutada täpsemaid operatsioonide teoreetilisi kestvusi ning planeerimiseks usaldusväärsemat infot.

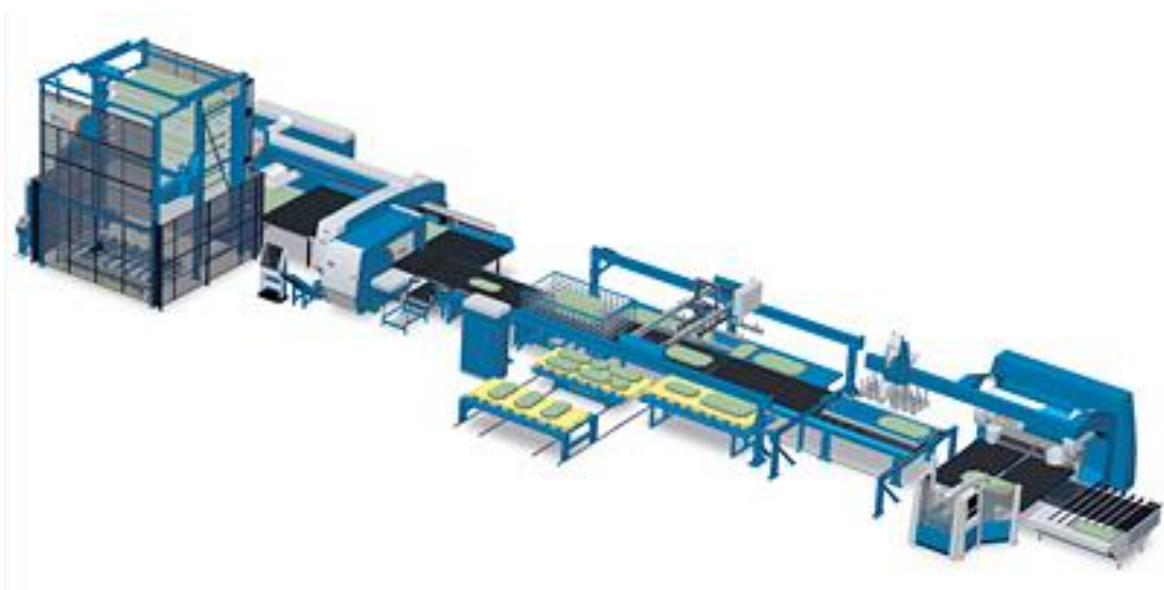
Lisaks on võimalus läbi Tuluse käsitleda väga efektiivselt tootmistellimusi ning valmistada tootmisprogramme. CAM- tehnikute ülesandeks on detailide puhul määrata ära kasutatavad tööriistad ning nende stantsimise asukohad, misjärel on detailid kirjeldatud. Vastavalt detailide materjalidele ning tellitud kogustele suudab Tulus ise iga erineva materjali kaupa kõige ideaalsema lehekasutusprotsendiga valmistada tootmisprogramme. Kui tellitavad kogused on suured ning detailide gabariitmõõtmed erinevad, on enamasti üsna keeruline koostada tootmisprogrammi, mida teatud korduste arv stantsides saadakse täpne arv kõiki pinnalaotusi

ning hoitakse seejuures materjali kasutusprotsenti kõrgel. Seega on Tulusest väga suur abi keeruliste võrrandite edukal lahendamisel ning CAM- tehnikute aja kokkuhoidmisel. Näiteks kahe erineva detaile stantsimiseks võib Tulus valmistada mitu erinevat tootmisprogrammi, et erinevate toormaterjali mõõtudega saada täpselt nõutav kogus detaile kõrge lehekasutusprotsendiga.

CAM programmina kasutatakse PSBB liini korral NC Expressi (vt Lisa 3 NC Expressi programmilehe näidis), mida saab kasutada nii üksikute detailide stantsimise kirjeldamiseks kui ka manuaalselt tootmisprogrammide loomiseks. Võrreldes JETCAM' iga saab programmi tõsta otse mudeleid, mitte ei pea neid .dxf faililaiendiga pinnalaotustena avama. Lisaks on tööriistade lisamine oluliselt kiirem ja programm ise palju nutikam ja kergemini õpetatav, mis veelgi kiirendab CAM- tehnikute tööd.

Sarnaselt vana süsteemiga antakse ka PSBB liinil olevate tööde puhul tagasiside tehtud töö ning koguse kohta, et kõik info oleks ikkagi põhilises ERP süsteemis olemas. Töökäskudel on olemas endiselt ka painutusjoonised, et operaatoril oleks võimalus automaatpainutaja poolt valmistatud detailide mõõte pisteliselt kontrollida ning pinnalaotuse õigsuses veenduda.

Järgnevates PSBB tootmisliini (Sele 2.1) alapeatükkides analüüsitakse seadme erinevaid komponente ning tuuakse välja süsteemide eeliseid ja puudusi. PSBB liin on jaotatud järgmisteks alamosadeks: toormaterjali ladu ja laadimissüsteem, stantsimine, lasermarkeerimine, giljotiinlõikus, jäätmete ja detailide mahalaadimine, detailide puhverala ning automaatpainutus.



Sele 2.1 PSBB paindootmisliin [7]



## 2.1 Toormaterjali ladu ja laadimissüsteem

PSBB paindootmisliini toidab FL (ing k *fast loading*) materjaliladu (Sele 2.2), millega on võimalik väga kiiresti toormaterjali marki või mõõte vastavalt tootmistellimuste nõudlusele muuta ja lehekeskusele ette anda. Üsna väikeste seeriade tõttu tuleb operaatoritel vahetuse jooksul korduvalt materjali vahetada, mis annabki automaatsele laole väga suure eelise: oluliselt vähenevad abiajad ja kahveltõstukiga materjalipakkide transportimine edasi-tagasi lehekeskuse ja toormaterjali põhilao vahel. Aeg-ajalt tuleb materjalitorni lihtsalt uuesti täita ning juhtarvutisse sisestada asukoha number, lisatud lehtede arv, toormaterjali mark ning mõõdud. Edasi peab süsteem ise arvet ja teab täpselt, mida, kus ja kui palju tal tornis materjali on.

Laadimissüsteemina on kasutusel LD1530 mudel, mis on võrdlemisi sarnane vana SG6'e laadimissüsteemiga. Veidi on süsteem vaid näitajate poolest muutunud võimekamaks ning tegutsemiskiirus tõusnud. Endiselt toimub lehe tõstmine iminappade abil ning lehepakuse automaatne kontrollimine.



Sele 2.2 PSBB tootmisliini toormaterjali ladu FL ja laadimissüsteem LD1530



Tabel 2.1 Toormaterjali lao FL ja laadimissüsteemi LD1530 tehnilised andmed [8]

<b>Alusekohtade arv tornis</b>	10 tk
<b>Maksimaalne lehe mõõt</b>	3074 mm x 1565 mm
<b>Minimaalne lehe mõõt</b>	450 mm x 300 mm
<b>Maksimaalne lehe mass</b>	250 kg
<b>Maksimaalne lehe paksus</b>	8 mm
<b>Minimaalne lehe paksus</b>	0,5 mm
<b>Toormaterjali paki maksimaalne mass</b>	3000 kg
<b>Toormaterjali paki maksimaalne kõrgus</b>	250 mm

## 2.2 Stantsimine

PSBB uus stantsimiskeskus hoiab toorikust kinni nelja pneumaatilise käpaga ning liikuvaks osaks on endiselt toorik. Erinevalt vanast SG'st, mis töötas hüdroajamiga löögihaamri abil, on uuel liinil kasutusel servomootorid, mis kõik vajaliku töö ära teevad. Väga suur erinevus on tekkivas müras: servomootoritega lehekeskus on tööd tehes oluliselt vaiksem kui hüdroajamiga lehekeskus.

Statsionaarselt on koha peal tööriistarevolver (Sele 2.3), kus on võrreldes vana süsteemiga neli pesa vähem, kokku seega 16, mis on jaotatud erinevate suurustega templite vahel. Igapäevaselt on revolvril 80 erinevat tööriista (Sele 2.4). Tööriistad, mis sellesse lehekeskusesse sobivad, on tehases kokku 181. Kui vana SG'e tööriistapark on järk-järgult vastavalt vajadusele täienenud, siis PSBB liini tööriistad valiti välja seadme hankimise käigus, järgides tootmises olevate detailide nõudmisi ja võimalikke edasiarendusi tulevikus. Võrreldes vana SG'ga on uuel liinil oluliselt rohkem *index* pesasid- sisuliselt kõik, kui arvestada, et fikseeritud MT 24-8, MT 10-16 ja MT 8-24 *multi-tool*'ides kasutatakse vaid ümartööriistu. Ülejäänud on suured C või D pesa vaba pöörlemisega pesad või *index* funktsionaalsusega *multi-toolid*. Samuti on vaba pöörlemine võimaldatud kõigile vormimispesadele. Matriitse on ka uue seadme puhul kaks erinevat: 0,2 mm ja 0,5 mm suuruse ühepoolse lõtkuga [8].

Lisaks tavalisetele ühekohalistele pesadele, on uuel SG'l ka üheksa *multi-tool* tööriista, kus ühe suure templi- ja matriitsihoidjasse on võimalik paigutada mitu väiksemat tööriista, mille abil saab

märkimisväärselt tõsta revolvril olevate tööriistade arvu. Seetõttu uuel liinil töötades operaatorid seadmes olevaid tööriistu sisuliselt ei vahetagi, mis võrreldes vana süsteemiga vähendab oluliselt pingi seisuaegasid. Uue funktsioonina on PSBB liin võimelina lehtmetsa avasid keermetama, mis võimaldab ühe operatsiooni marsruutkaardilt välja jätta ning detailide läbilaskvust kiirendada. Keermetamise jaoks on revolvril spetsiaalne MT 6TFI *multi-tool*, millega eelnevalt ette stantsitud ava keermpulga vahendusel keermetatakse.

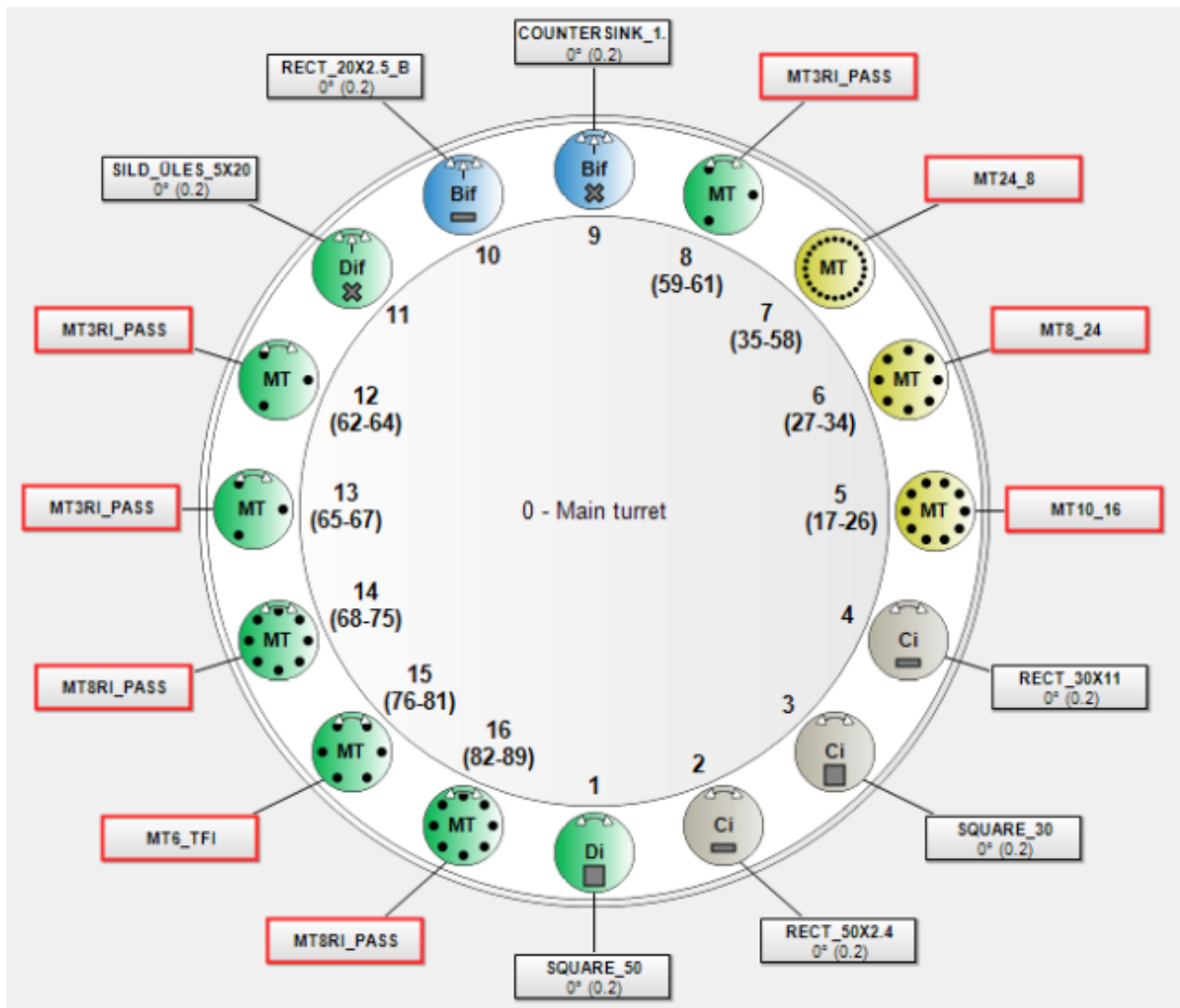
Seega on uuel seadmel lisafunktsioone, mis kiirendavad tootmisprotsesse. Lai tööriistapark koos väga paljude erinevate suurustega *index* pesade olemasolu muudab nii arendusosakonna kui ka CAM- tehnikute töö oluliselt lihtsamaks ja kiiremaks. Uut toodet arendades on hea omada ülevaadet olemasolevatest tööriistadest ja nende funktsionaalsusest. CAM- tehnikule annavad pöörlevad tööriistad võimaluse programmides kasutatavate tööriistade arvu minimeerida.

Tabel 2.2 PSBB liini lehekeskuse tööriistapesade jaotus [8]

Tööriistapesa	Templi läbimõõt, mm	Pesade arv revolvril
A	1,6 - 12,7	48
A <i>index</i>	1,6 - 12,7	16
A keermetus	1,6 - 12,7	6
B <i>index</i>	12,8 - 31,7	9
B <i>index</i> , vormimis	12,8 - 31,7	2
C <i>index</i>	31,8 - 50,8	3
D <i>index</i>	50,9 - 88,9	1
D <i>index</i> , vormimis	50,9 - 88,9	1

Tabel 2.3 PSBB liini lehekeskuse *multi-tool*'id [8]

<i>Multi-tool</i>	<i>Multi-tool</i> ' ide kogus	Maksimaalne templite arv	Maksimaalne templi läbimõõt, mm
MT 24-8	1	24	8,0
MT 10-16	1	10	16,0
MT 8-24	1	8	24,0
MT 8RI	2	8	16,0
MT 6TFI	1	6	12,7
MT 3RI	3	3	31,7



Sele 2.3 Uue SG6 lehekeskuse tööriistad

Tabel 2.4 Keermestamise parameetrid [8]

Keere	Keermesamm, mm	Ettelöögiava, mm	Tööriista pöörlemissagedus, 1/min
M3	0,5	2,75	1300
M4	0,7	3,65	1000
M5	0,8	4,65	800
M6	1,0	5,55	700
M8	1,25	7,40	600
M10	1,5	9,35	500

## 2.3 Lasermarkeerimine

PSBB liini lehekeskusele on juurde integreeritud värviline lasermarkeerija, millega on võimalus detailidele peale kanda kaubakoodi numbreid, triipkoode, tootmise kuupäevaseid, logosid või muud olulist informatsiooni (Sele 2.4). Täielikult ei ole markeerimissüsteem veel AS Harju Elekter Teletehnikas käivitunud, kuna seadme tootja arendustegevuse hilinemise tõttu tarniti markeerija 2018. aasta lõpus. Küll on aga tehtud esimesed katsetused, mis on näidanud, et saavutatav tulem on kiiresti teostatav ning väga hea väljanägemisega. Arvestades, et üha rohkem detaile käib alates 2019. aasta märtsikuust 16 töötunniste päevadega toimetava PSBB liini alt läbi, siis saab detailide eristamiseks ning nende hilisemal alajaamade kaupa komplektidesse jagamisel olulist võitu laotööde aja optimeerimisel, kus töötaja ei pea enam joonise järgi detaile tuvastama.

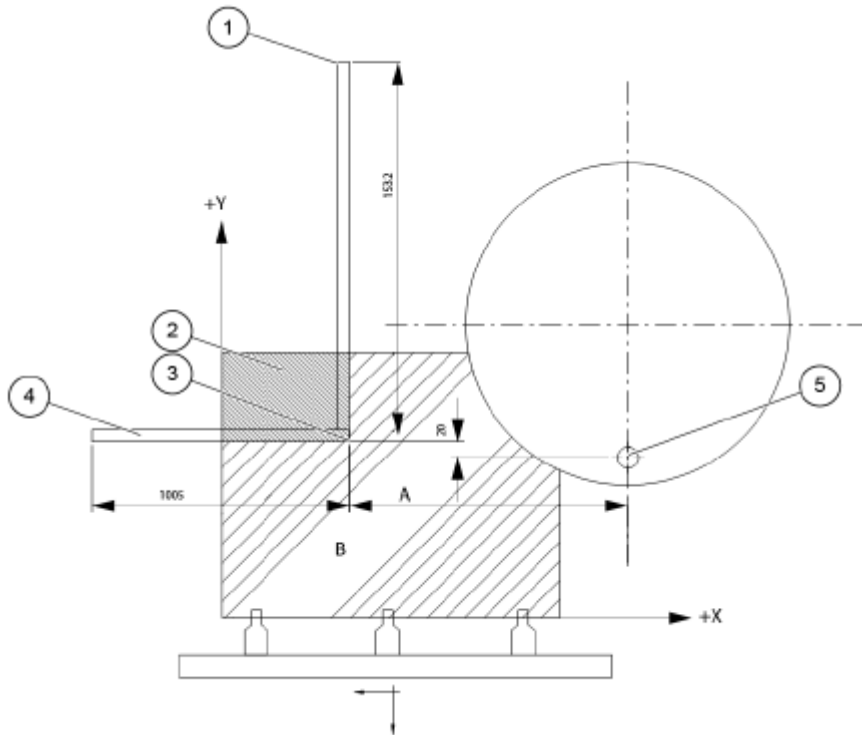


Sele 2.4 Lasermarkeerimise näited

## 2.4 Giljotiinlõikus

Giljotiinlõikuse lahendus (Sele 2.6) on PSBB liinil üsna sarnane vana tootmissüsteemi SG'ga, kus lõige teostatakse kahe üksteise suhtes 90 ° nurga all oleva teraga. PSBB liin on võimeline ühe korraga lõikama 1528 mm x 1000 mm suurusega tüki. Minimaalne tooriku viimane osa, millest tehakse lõige on 270 mm x 40 mm, et sellest oleks veel võimalik käppadega kinni hoida. Lõiketerade lõtku määrab masin vastavalt programmis kasutatava lehepaksuse järgi ise: ühepoolseks lõtkuks on 5 % - 15 % materjali paksusest [8].

Sele 2.5 on välja toodud giljotiinlõikaja skeem, kus 1- y- suunaline lõikaja; 2- ära lõigatav tooriku osa; 3- lõikaja kontroll nullpunkt; 4- x- suunaline lõikaja ja 5- stantsimise tööriistarevolver [8].



Sele 2.5 Giljotiinlõikuse skeem [8]

## 2.5 Detailide ja jäätmete mahalaadimine

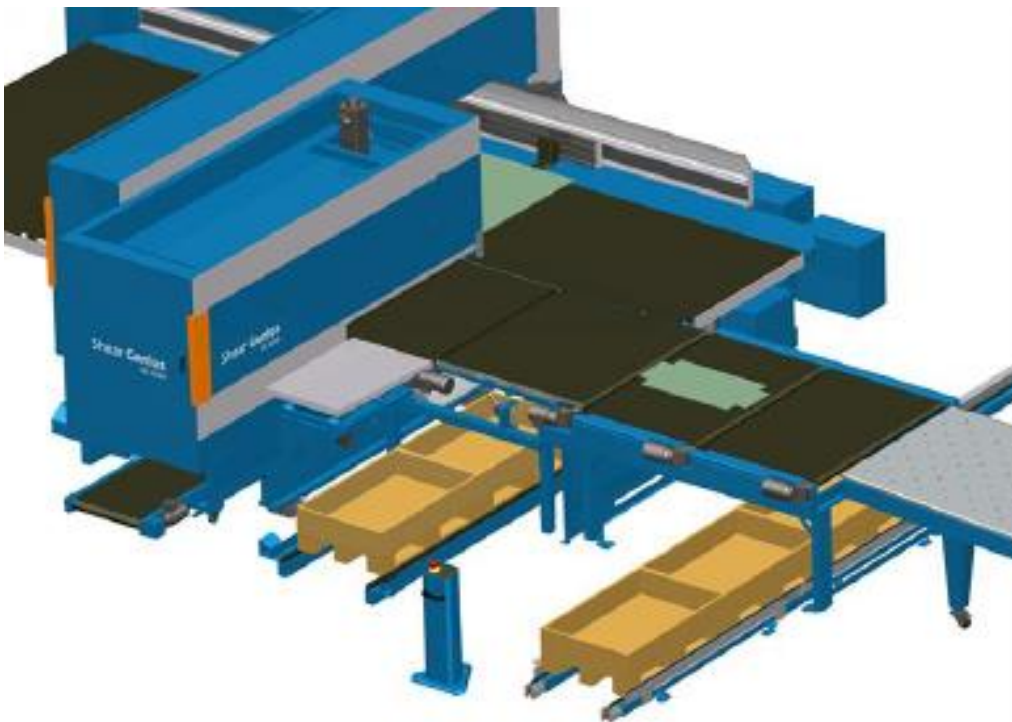
Lehekeskuse jäätmed transporditakse PSBB liinil kahe konveierliini abil. RSC1 konveieri kaudu juhatakse jäägikasti stantsimisel tekkivad jäätmed ning RS1 konveieri abil giljotiinlõikuse jäätmed, kus maksimaalseteks mõõtmeteks võivad olla 500 mm x 500 mm. Vaikimise tegutseb uus liin niimoodi, et kõik suured jäägid tükeldatakse väiksemateks osadeks, eesmärgiga juhtida kogu ebavajalik materjali jäägikastidesse (Sele 2.6), mida on väga mugav tühjendada [8].

Erinevalt vanast SG'st, on uuel liinil olemas detailide sorteerimiskonveier C1500, mille abil on CAM- tehnikutel võimalik suuremaid detaile juhtide pinnalaotuste puhveralale ning väiksemaid või suure perforeeringuga detaile, mida iminappadega varustatud tõsterobot käsitleda ei suuda, adresseerida otse kõrgenduskraedega ümbritsetud siinidel liikuvatesse kaubaalustesse. Kokku on kahe SU (ing k *sorting unit*) kohta viis kaubaaluse kohta (Sele 2.7). Sinna ladustavate detailide maksimaalsed mõõtmed on 1000 mm x 600 mm ning minimaalsed mõõtmed 120 mm x 20 mm.

Maksimaalseks kaubaaluse kõrguseks, kuhu detaile suunata, on 350 mm ja täismassiks 1000 kg. Kui vana SG'I tuli kõik detailid transportida nii-öelda seadme lõpp-punkti, siis SU annab suure eelise, et säiliks seadme kõrge automatiseeritus, kuna nii suuri kui ka väikseid detaile transpordib lehekeskus iseseisvalt ilma, et operaator peaks käsitsi ühtegi detaili või jäätmetükki tõstma. [8]



Sele 2.6 Materjalijääkide kogumiskastid



Sele 2.7 SU kaubaaluste kohad [8]

## 2.6 Detailide puhverala

Detailide puhveralal teenindab liini PSR (ing k *picking and stacking robot*), mis liigutab pinnalaotusi lehekeskusest puhveralale ja sealt omakorda edasi läbi pöörlemisseadme painutuspink. Detaile ladustatakse puhverala laudadel kaubaalustel, kust neid robot saab edasi transportida või vajadusel painutustöö mõnele manuaalpingile suunata. Lehekeskusest tulevate detailide aadressid puhverlaual määrab pingioperaator. Arvestades, et paljudest kompleksprogrammidest tuleb mitmeid erinevaid detaile, on selline sorteerimissüsteem väga efektiivne: kõik erinevad detailid laotakse omasse virna ning juhtarvutist on reaalajas näha, kus ja kui palju mingeid detaile puhveralal asub [8].

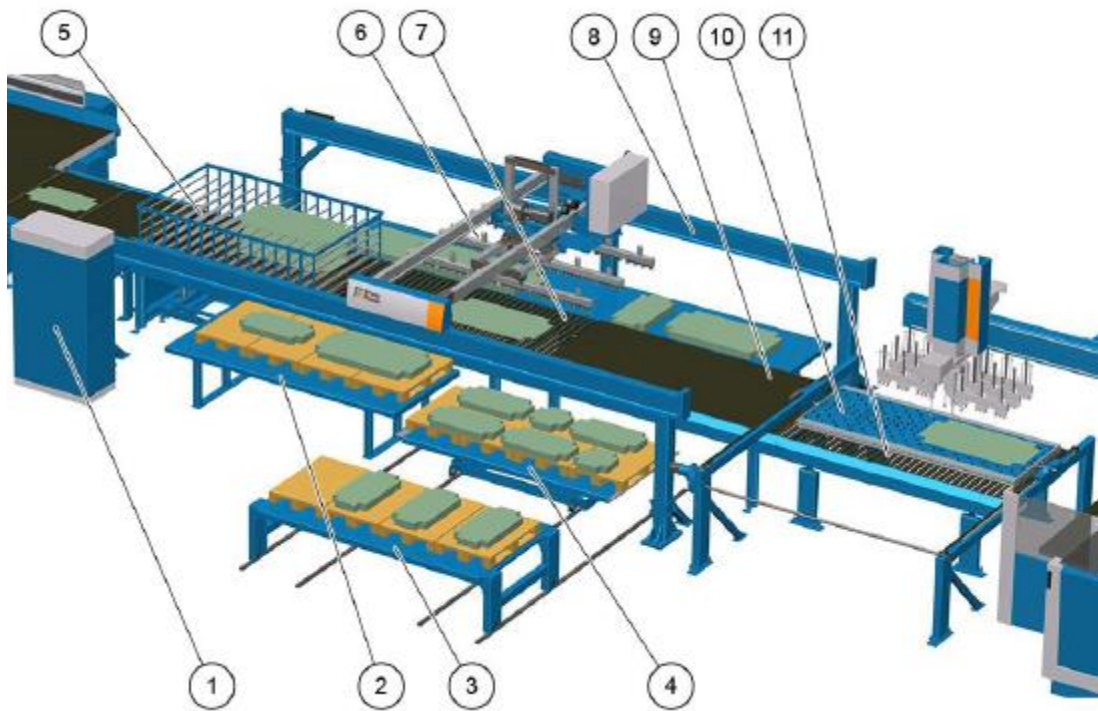
Puhverala on liini tsentrit läbiva konveierliini abil kaheks jaotatud: tagumisel laual hoitakse pinnalaotusi, mis lähevad edasi ka automaatpainutusse, kuna sinna tõstevahendiga ligi ei pääse; eesmise osa moodustavad kolm lauda, millest kaks on mööda rööpaid vagunitena liigutatavad, et vajadusel pinnalaotusi seadmest lihtsasti kätte saada. Pikemaid detaile on võimalik laotada mitmele alusele üheaegselt või kasutada erimõõtudega kaubaaluseid.

Tabel 2.5 Detailide puhverala PSR1530 tehnilised andmed [8]

<b>Alusekohtade arv tornis</b>	20 tk
<b>Maksimaalne pinnalaotuse mõõt</b>	3074 mm x 1565 mm
<b>Minimaalne pinnalaotuse mõõt</b>	300 mm x 100 mm
<b>Maksimaalne pinnalaotuse mass</b>	200 kg
<b>Maksimaalne pinnalaotuse paksus</b>	6 mm
<b>Maksimaalne ladustamiskõrgus</b>	150 mm
<b>Maksimaalne pinnalaotuste mass laual</b>	3000 kg

Puhverala (Sele 2.8) algab ajutise laoga, kus hoitakse pinnalaotusi, mis on äsja giljotiiniga välja lõigatud. Vaja on seda moodulit sellepärast, et giljotiinkääril tegutsevad kontuuride lõikamisel oluliselt kiiremini, kui robot, mis pinnalaotusi kaubaalustele tõstab. Seega vajab PSR transportimiseks lisaaga, mida ajutine ladu pakub. Painutuspingile eelneb veel pinnalaotuste pöördelaud, mille eesmärgiks on detail ümber pöörata, et stantsimisel tekkinud kraat jääk painutamisel sissepoole. Sele 2.8 on välja toodud puhverala skeem, kus 1- juhtimiskeskus; 2, 3, 4-

eesmised puhverlad; 5- ajutine ladu; 6- tõsterobot; 7, 11- positsioneerimise konveier; 8- roboti liikumisraam; 9- rihma konveier; 10- pöörlemislaud [8].



Sele 2.8 Detailide puhverala PSR1530 [8]

## 2.7 Painutuspink EBe5

Painutamise funktsiooni täidab PSBB liinis servomootorite abil töötav EBe5 (ing k *express bender*) (Sele 2.9), mis pakub paindlikku ning kiiret lahendust seeriatootmiseks. Painutuspinki teenindab liini teine PSR, mis tõstab pinnalaotusi pöörlemislaualt painutuspingile. Edasi juhivad vastavalt NC-koodile detaili laual manipulaator, mis teostab kõik liikumised alates positsioneerimisest kuni detaili lõpliku ärajuhtimiseni pingist kaldtee abil [7].

Võrreldes Amada HFE 100/3 pingiga toimub uuel liinil painutusterade pikkuste vahetus automaatselt, mis on varasemalt CAM- tehniku poolt välja töötatud. See annab väga suure ajalise võidu seadistamises, kuna tihtipeale on keerulisemate detailide tegemiseks vanade manuaalsete painutuspinkidega vaja kasutada erinevaid terasid ning sooni. Seega ei vaja seeriatena tootvad detailid enam mingit programmeerimist- kõik on koheselt tööks valmis.



Teine suurim erinevus seisneb operaatori rollis, kes PSBB liini juures võtab valminud detaile liinilt maha ning teostab kvaliteedikontrolli ning vajadusel korrigeerib painutusparameetreid. Eriti suurt võitu annab see raskete detailide puhul, mida varasemalt tehti kahekesi ühe pingi taga pidevate töstetega. PSBB liinil aga teostab kogu töö painutuspink ise ära ning operaatori ülesandeks on detailid mööda rullteed kaubaalusele liigutada.

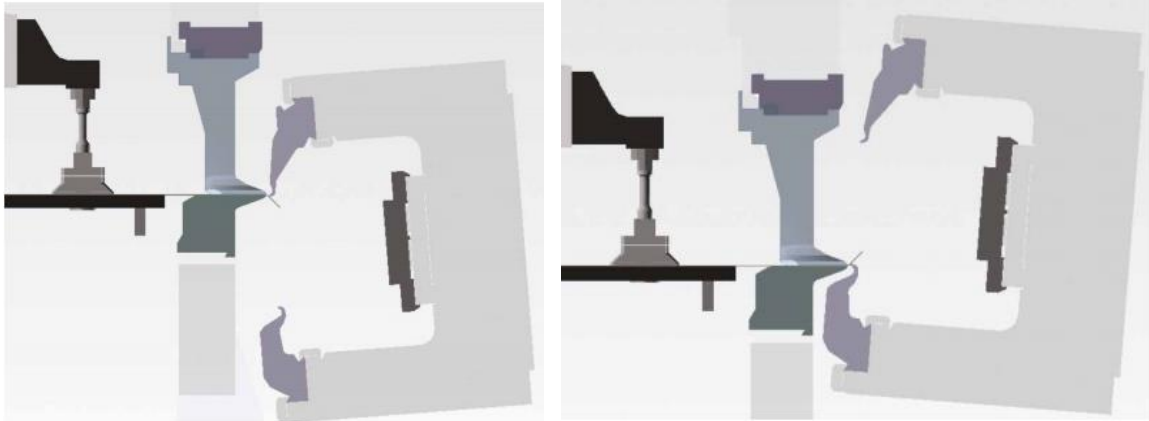


Sele 2.9 Painutuspink EBe5

Tabel 2.6 Painutuspingi EBe5 tehnilised andmed [7]

<b>Minimaalne / maksimaalne painde pikkus</b>	350 mm / 2750 mm
<b>Minimaalne ruum manipulaatorile</b>	160 mm
<b>Maksimaalne painde kõrgus</b>	204 mm
<b>Maksimaalne lehepaksus</b>	3 mm

EBe5'l on kaks raami: statsionaarne pearaam ning c-raam, millele kinnituvad ülemine ja alumine painutustera. Ühega on võimalik teha paindeid alla ning teisega ülesse poole (Sele 2.10). Lisaks on kaks tööriistahoidjat, kuhu kinnituvad ülemine ja alumine painutustööriist. Täiendavalt on seadmel kaks eritööriista: ASP S1 (ing k *additional short blades*) ja AUT T6 (ing k *additional upper tool*). Eelnimetatutest esimest kasutatakse osalise serva painutamise korral, kui samas tahus olevate painete paindejooned ei ühti või on vaja teostada väga kitsaid paindeid. AUT eritööriista efektiivsus peitub tema nõngas terakujus (Sele 2.11), mis võimaldab teha paineid kohtades, kus venitused on paindejoonele väga lähedal ja venitatud osa saab jätta nõngasuse sisse [7].



Sele 2.10 Painutuspingi EBe5 painutuskeem [7]



Sele 2.11 AUT eritööriist [9]

Tabel 2.7 ASP S1 ja AUT T6 eritööriistad

Eritööriist	Terade pikkused, mm										
	250	100	80	55	50	45	40	35	30	25	-
<b>ASP S1</b>	250	100	80	55	50	45	40	35	30	25	-
<b>AUT T6</b>	240	120	64	60	56	52	48	44	40	36	32

Tarkvarana kasutatakse EBe5'e programmeerimisel Master BendCam'i, kuhu saab erinevates faililaiendites (nt. IGES, STL, STEP, SAT) olevaid 3D mudeleid sisse importida ning programme luua. Süsteemis on olemas väga ülevaatlik simulaator, millega on võimalik programme läbi mängida, konflikte ennetada ning painutamise kiirust optimeerida. Kuna kõik tööriistad, manipulaator ning pingi ülejäänud osad on samuti simulatsioonis graafiliselt kujutatud, annab see CAM- tehnikule kiire ja lihtsa ülevaate tehtud programmist. Kogu sellise süsteemi aluseks on kõikide olemasolevate tööriistade täpne olemasolu ja kujutis tarkvaras.

### 3. TOOTMISSÜSTEEMIDE TULEMUSLIKKUSE ANALÜÜS

Käesolevas peatükis analüüsitakse ja võrreldakse omavahel kahe eelnevalt kirjeldatud tootmissüsteemi KPI'sid ehk tulemuslikkuse võtmenäitajaid tootlikkuse aspektist. Tänapäeva tihedas konkurentsivõitluses peavad tootmisettevõtted olema väga efektiivsed, paindlikud ning kõrgkvaliteetset toodangut pakkuvad, et turul edukalt hakkama saada. Seetõttu panustavad töötleva tööstuse ettevõtted ühe enam oma ressursside kaardistamisele ning nende efektiivsele juhtimisele. Tulemuslikkuse võtmenäitajate all peetakse silmas ettevõtte jaoks olulisemaid mõõdikuid, mille kaudu mõõdetakse eesmärkide täitmist ning teostatakse tulevikuotsuseid [10].

Järgnevatel alapeatükkides võrreldakse ja analüüsitakse stantsimise ja painutamise tulemuslikkuse võtmenäitajaid tootmise seisukohast, et saada aimu, kui suur kahe erineva tootmissüsteemi tootlikkus ikkagi on. On selge, et erinevates vald- ja osakondades on mõõdikud erinevad, mistõttu mõned vaadeldavad karakteristikud on iseloomulikud just sellele vaadeldavale ega sobi mõõdikuks mõne teise operatsiooni puhul. Seetõttu pärinevad osad mõõdikud rahvusvahelises standardis ISO 22400 mainitutele ning mõned on töö autor lisanud enda äranägemise järgi, mis mängivad lisaks olulist rolli just analüüsitavate operatsioonide puhul.

#### 3.1 Andmete kogumine

Töö autor teostas tootmisandmete kogumist kahe kalendrinädala vältel, kus lehekeskused töötasid kuus ning painutuspingid viis päeva nädalas. Vana tootmissüsteemi informatsiooni kogumiseks oli väga suur abi pingioperaatoritest. Stantsimise korral jätsid töötajad iga tööpäeva lõikes lehekeskuses töödeldud programmilehed koos kogustega edaspidiseks analüüsiks alles. Painutustööde puhul kirjutas pingioperaator ülesse kõik tema poolt painutatud detailide kaubakoodid ja kogused. Täiendavaid andmeid detailide kohta sai töö autor kaubakoodi kaudu kätte Microsoft Dynamics Axaptast. Lisaks toetas informatsiooni kogumist Global Reader, kust sai nii stantsimise kui ka painutamise iga vahetuse lõikes andmeid seadme reaalse tööaja ning seisakute kohta. PSBB paindootmisliini puhul oli andmete kogumine oluliselt lihtsam: pingis toimuvaid operatsioone juhtivast Tuluse programmist oli võimalik saada reaajas informatsiooni stantsitud programmide ja painutatud detailide kohta. Samuti registreerib Tulus töökeskuste tootmis- ja seisuajaksid.

## 3.2 Stantsimise analüüs

Tabel 3.1 Vana tootmissüsteemi lehekeskuse moodsikud

Tööpäev	ABT, h	APT, h	ADT, h	RMQ, tk	RMQ, kg	OQ, tk	SQ, %	TH, tk	SUQ, tk
1	16	14,3	1,7	64	1443,45	775	16,0	148528	11
2	16	12,2	3,8	57	1574,5	862	17,0	73331	13
3	12	9,8	2,2	52	2781	1953	21,1	33710	10
4	16	12,5	3,5	55	1390,5	1093	27,3	106556	13
5	16	14,0	2,0	72	2038	1040	10,4	55034	17
6	12,5	11,5	1,0	90	1770,8	257	20,2	32792	11
7	13,5	10,5	3,0	40	1189,5	525	9,0	95820	4
8	8	4,3	3,7	26	1218,5	388	20,4	12999	9
9	8	6,1	1,9	31	3653,75	434	19,4	11626	6
10	9,2	8,1	1,1	31	858	699	28,6	40901	6
11	8	6,8	1,2	34	795,5	225	25,3	43687	9
12	8	6,9	1,1	26	943	2246	18,8	29142	6
<b>Σ</b>	<b>143,2</b>	<b>117</b>	<b>26,2</b>	<b>575</b>	<b>16368,5</b>	<b>10497</b>	-	<b>684126</b>	<b>115</b>
<b>Σ / ABT</b>	-	<b>0,82</b>	<b>0,18</b>	<b>4,0</b>	<b>114,3</b>	<b>73,3</b>	-	<b>4777,4</b>	<b>0,80</b>

Tabel 3.2 Uue tootmissüsteemi lehekeskuse moodsid

Tööpäev	ABT, h	APT, h	ADT, h	RMQ, tk	RMQ, kg	OQ, tk	SQ, %	TH, tk	SUQ, tk
1	14	11,5	2,5	97	4682,5	1004	21,8	72902	4
2	18	12,6	5,4	132	5085	740	18,9	93912	15
3	19	11,7	7,3	120	4162	572	20,1	54832	7
4	14,5	11,0	3,5	138	2865	587	17,4	41377	5
5	17,5	15,7	1,8	170	5115,5	716	16,0	88526	3
6	18	13,2	4,8	94	3525	1020	20,8	77120	5
7	16	10,5	5,5	67	2512,5	698	20,8	68480	17
8	18	12,1	5,9	136	4701	673	22,4	64063	20
9	15	9,1	5,7	59	2377,8	482	20,5	66337	17
10	4,5	3,1	1,4	40	2487,5	196	19,3	13734	2
11	16,5	12,6	3,9	81	4341,5	739	22,6	56283	7
12	16	13,1	2,9	148	4631	607	13,5	63699	5
<b>Σ</b>	<b>187</b>	<b>136,4</b>	<b>50,6</b>	<b>1282</b>	<b>46486,3</b>	<b>8034</b>	-	<b>761265</b>	<b>107</b>
<b>Σ / ABT</b>	-	<b>0,73</b>	<b>0,27</b>	<b>6,9</b>	<b>248,6</b>	<b>43,0</b>	-	<b>4071</b>	<b>0,57</b>

ABT (ing k *actual busy time*)- hõivatud aeg, kus tööaja alguseks on vaatluse käigus arvestatud seadme operaatoriga kokkulepitud tööaja algust ning tööaja lõpuks operaatoriga kokkulepitud tööaja lõppu või seadme iseseisva töötamise jätkamisel selle töö lõppu. ABT kõikus väga suurel määral mõlema töökeskuse juures, kuna parasjagu oli käsil uute pingioperaatorite koolitus, mistõttu tavapärase 16 tunnise igapäevane vahetus oli enamasti mehitamata. Paari kuu jooksul pärast vaatlust peaks ettevõttes valitsema seis, kus uus PSBB liin on maksimaalselt koormatud ning teistel vanematelt seadmetelt seda veidi vähemaks võetud [10].

APT (ing k *actual production time*)- tootmisaeg, mille moodustab reaalne aeg, mil detailile antakse lisandväärtust: lehekeskuse korral on selleks templi liikumine või giljotiinkäärde löikus. Vaatlusperioodi lõikes oli pisut üllatav, et tootmisaja suhe tööaega oli vanal SG'l suurem kui paindootmisliinil, kuna seal peaks teoreetiliselt minema rohkem aega tööriistade ja materjali vahetamise peale. Olukorda uurides selgus, et kõik operaatorid veel täielikult uut pinki ei tunne, mistõttu tegutsetakse hetkel pigem rahulikult ja läbimõeldult. Lisaks sellele, pole veel kõiki tööriistu PSBB paindootmisliiniga testitud ning selliste proovide tegemine võtab paratamatult oma aja. Kogutud andmete põhjal tegi vana tootmisliin 82 % graafikujärgsest tööajast lisandväärtust andvat tööd, uuel liinil oli vastav number 73 % [10].

ADT (ing k *actual down time*)- seisu-aeg, mis on leitav hõivatud- ja tootmisaja vahena. Sinna hulka kuuluvad kõik seadistamised, tööriistavahetused, detailide transportimised jne, mille ajal pink on operaatoriga küll mehitatud, aga lisandväärtust loovaid tegevusi ei tehta. Kogutud andmete põhjal seisis vana lehekeskus 18 % ja uus 27 % graafikujärgsest tööajast [10].

$$ADT = ABT - APT, \tag{3.1}$$

kus ADT — seisu-aeg, s,

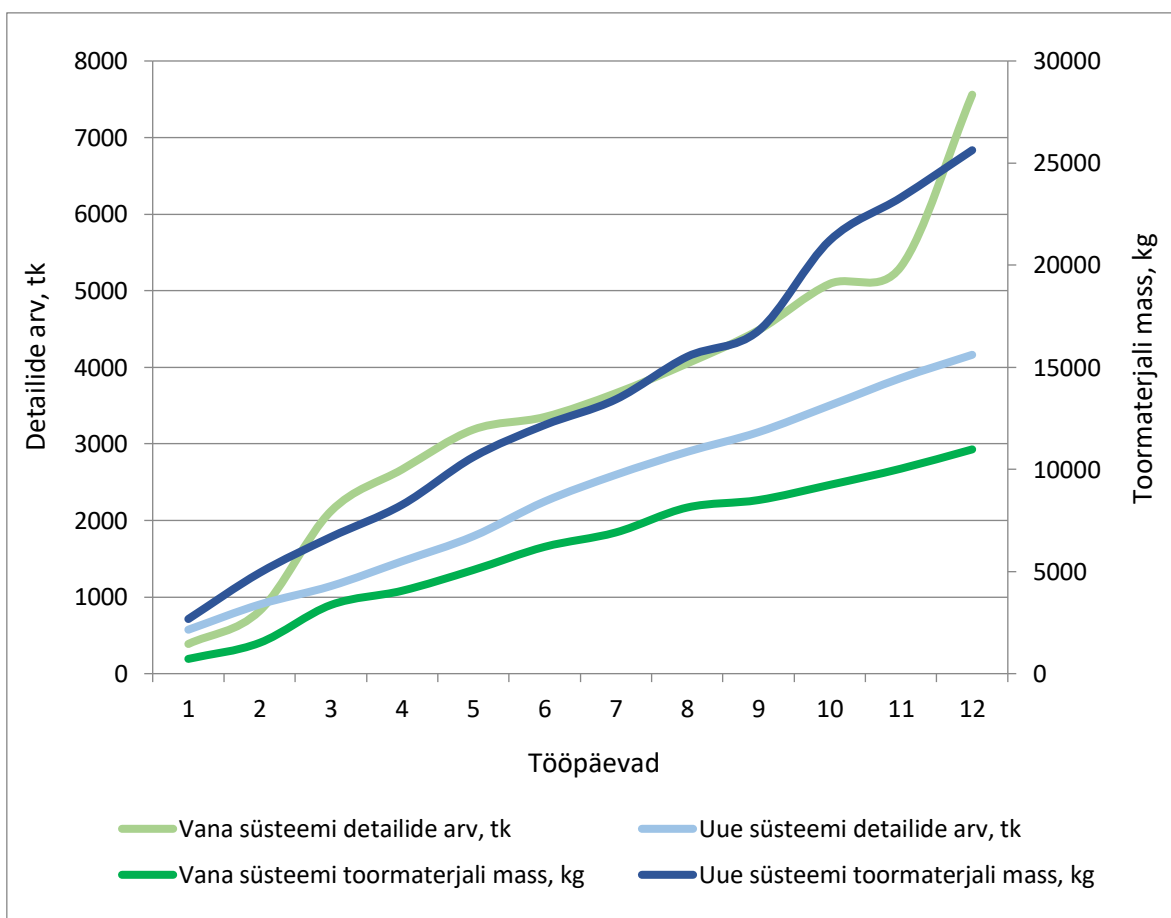
ABT — hõivatud aeg, s,

APT — tootmisaeg, s [10].

RMQ (ing k *raw material quantity*)- toormaterjali kogus, mis antakse sisendina lehetöötluskeskustesse. Toormaterjali kogus kajastub statistikas nii massina kui ka toorikute arvuna. Massi arvutustes on terase tihedusena kasutatud  $8000 \text{ kg/m}^3$ . Kaht erinevat mõõdikut on autor siinkohal kasutanud selleks, et saada veelgi ülevaatlikumat pilti kasutatavast toormaterjalist, kuna toorikute suurused on väga erinevad, siis ainult lehtede lugemine ei anna terviklikku pilti. Kogutud andmetest on näha, et ühe tootmistunni kohta läbis vana SG'd keskmiselt 4,0 toorikut

massiga 114,3 kg ning uut liini 6,9 toorikut massiga 248,6 kg. Siinkohal avaldubki ukse automaatse liini eelis, milleks on suure massiga detailide käsitlemine ilma, et inimtöäjõud ei peaks tegema füüsiliselt väga rasket tööd. Seetõttu on paindootmisliinile suunatud paljud alajaamade suuregabariidilised detailid, mille tootmine automaatpingiga on äärmiselt efektiivne. Samuti on näha, et uut liini läbib märgatavalt rohkem toorikuid, mis võib olla küll seotud väiksema detailide arvuga, ent sellegipoolest on kogu automatiseeritud tegevus kiirem kui vanal lehekeskusel [10].

OQ (ing k *output quantity*)- näitab operatsiooni lõppedes valmisdetailide arvu, mida sisendiks olnud toormaterjali töötlemisel saadi. Oluline on märkida, et OQ alla kuuluvad ka need detailid, mis toodeti küll ära, aga hiljem avastati puudujääke ning tunnistati mittekõlblikeks. Kogutud andmete põhjal selgus, et vana lehekeskusega toodeti keskmiselt ühes töötunnis 73,3 ning PSBB liiniga 43,0 detaili. Taaskord peegeldab see fakti, et ebameeldivamad suuregabariidilised tööd on suunatud automatiseeritud liinile, et inimtöäjõud saaks tegeleda rohkem meeldivamaga. Selel 3.1 on näha kumulatiivselt vana SG üleolekut detailide arvu suhtes, ent suurt allajäämist töödeldava toormaterjali massi võrdluses uue Sg'ga [10].



Sele 3.1 Lehekeskuste stantsitud detailide arvu ja toormaterjali massi võrdlus 8- tunnise tööpäeva vältel

SQ (ing k *scrap quantity*)- materjali osakaal, mis läheb toormaterjalist detailide valmistamise käigus raisku ega leia tehases enam kasutust. Detaili pindalaks on arvestatud pinnalaotuse x- ja y-mõõtude korrutis ning jäägiks tooriku ja detaili massi vahe. Kahe tootmissüsteemi võrdluses on parem materjalikasutus PSBB paindootmisliinil, kus läbi käidavad programmid on kõik väga värsked ning suurt materjalikasutuse protsenti taga aetud, et turul konkurentsivõimeline olla. Oma rolli mängib kindlasti ka Tulus'e poolt tehtavad tootmisprogrammid vastavalt detailide tellimuste kogustele, kus süsteem ise jagab detaile erinevate toorikumõõtude ning koguste peale laiali, et saavutada maksimaalset materjalikasutust [10].

$$SQ = \frac{DGM}{RMQ} \cdot 100, \quad (3.2)$$

kus SQ- jääkmaterjali osakaal, %  
 DGM- detaili gabariitmass, kg  
 RMQ- toormaterjali mass, kg [10].

TH (ing k *total hits*)- stantsilöökide arv, mis tehakse detailile kuju andmiseks ning toorikust eraldamiseks. Vaatlusperioodi jooksul tegi vana SG keskmiselt 4777,4 ja uus 4071 stantsilööki ühes reaalses töötunnis, mis ilmselt on taaskord tingitud faktist, et PSBB liiniga toodetakse suuremaid detaile, kus enamasti seetõttu ka vähem lööke. Löökide arv on oluline näitaja, kuna selle põhjal tehakse klientidele hinnapakumisteks tootmisaegade arvutusi [10].

SUQ (ing k *set up quantity*)- seadistuste arv, mis näitab üldist pilti seadistamisele kuluvast ajast. Iga uue seadistamisega kaasneb kindlasti ajakulu programmi sisse võtmisega masinasse ning sellega tutvumisele, ent alati ei pruugi sellega kaasneda materjali ega tööriistade vahetust. Vaatlusperioodi jooksul kasutati vana tootmissüsteemi lehekeskusel keskmiselt ühe töötunni kohta 0,8 erinevat tootmisprogrammi ning uuel liinil oli vastav number 0,57. Sellest näitajast järeldub tendents, et suuremahulised tööd on suunatud uuele tootmisliinile, kus nende haldamine on oluliselt mugavam, eriti olukorras, kus neid samu stantsitud detaile on võimalik ka EBe5'ga painutada [11].

Saadavus- esimene OEE (ing k *overall equipment effectiveness*) tegur, mis näitab tegeliku tootmisaja suhet planeeritud tööaega, mille hulka kuuluvad kõik seadistused, torked, tootevahetused jne. Saadavuse muutujateks on masina tegelik tootmisaeg, kus seade teeb reaalselt tööd ja kogu võimalik hõivatuse aeg, milleks on arvestatud operaatorite töötunnid vastavalt tehase tootmisjuhi korraldustele [11].



$$Saadavus = \frac{APT}{ABT} \quad [11] \quad (3.3)$$

$$Saadavu_{VS} = \frac{117}{143,2} = 0,817$$

$$Saadavus_{US} = \frac{136,4}{187} = 0,729$$

Tootlus- teine OEE tegur, mis näitab tootmise efektiivsust. Stantsimise töötamise kiirus on tihtipeale erinevad maksimaalsest võimalikust kiirusest. Enamasti on see tingitud soovist pinki veidi hoida ning mitte töötada ilmingimata alati täiskäigul, kuna see tingib vahel toormaterjali nihkumise pingis või paksemate materjalide korral suure rebenemise osakaalu stantsimisoperatsiooni käigus [11].

$$Tootlus = \frac{OQ \cdot TCT}{APT} , \quad (3.4)$$

kus OQ- valmisdetailide arv, tk

TCT- teoreetiline tsüklaeg, h [11].

$$Tootlus_{VS} = \frac{10497 \cdot 0,00892}{117} = 0,80$$

$$Tootlus_{VS} = \frac{8034 \cdot 0,01528}{136,4} = 0,90$$

Kvaliteet- kolmas OEE tegur, mis näitab kvaliteetsete toodete suhet kogu toodangusse. Vaadeldava perioodi jooksul registreeris ettevõtte kvaliteediüksus vana SG6'e alt tulnud kvaliteedile mittevastavaid detaile 91 tk ja uue liini alt tulnuid 40 tk.

$$Kvaliteet = \frac{GQ}{OQ} , \quad (3.5)$$

kus GQ- kvaliteetsed detailid, tk [11].

$$Kvaliteet_{VS} = \frac{10406}{10497} = 0,991$$

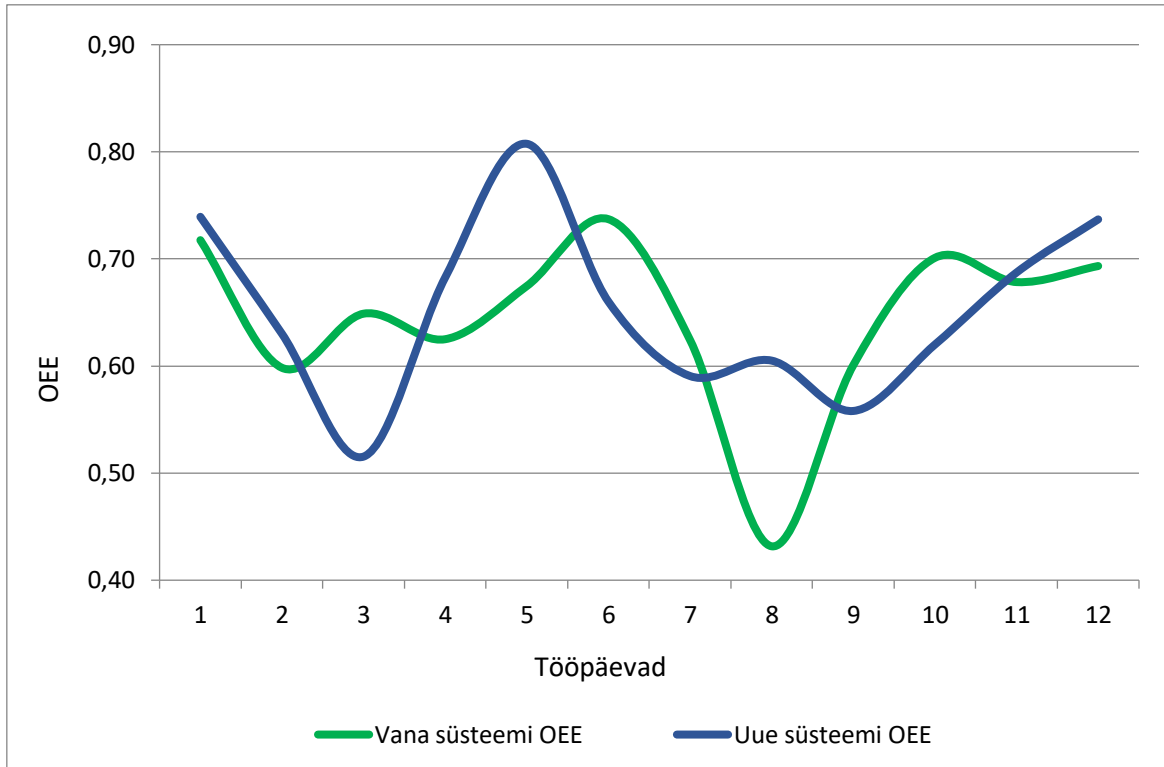
$$Kvaliteet_{US} = \frac{7994}{8034} = 0,995$$

OEE (ing k *overall equipment effectiveness*)- lehekeskuste kasutamise tõhusus hindamise mudel, millega üheks eesmärgiks on avastada peidetud kulusid ning seejärel püüda neid tootmisest elimineerida. Tootmise kuus suurimat kulugruppi moodustavad: rikked, seadistused, pisitõrked, vähendatud tootmiskiirus, partii alustamise praak ja tootmispraak. Seega arvestab stantside kasutamise tõhusus saadavust, tootlust ja kvaliteeti [11].

$$OEE = Saadavus \cdot Tootlus \cdot Kvaliteet \quad [11] \quad (3.6)$$

$$OEE_{VS} = 0,817 \cdot 0,80 \cdot 0,991 = 0,647$$

$$OEE_{US} = 0,729 \cdot 0,90 \cdot 0,995 = 0,653$$



Sele 3.2 Lehekeskuste OEE

Vaatlusperioodi jooksul kogutud andmete põhjal on vana lehekeskuse OEE 64,7 % ja uuel liinil 65,3 %, mis näitab mõningast efektiivsust uue seadme kasuks. Saadavuse võrdluses edestas vana tootmissüsteem uut, ent nii tootluse kui ka kvaliteedi tegur oli uuel tootmisliinil suurem. Tõenäoliselt liigub uue FMS liini lehekeskuse OEE järk-järgult ülesse, kui operaatorid on seadmega rohkem kohanenud ning paremini tundma õppinud. Samas tuleb nentida, et olenemata juba võrdlemisi kõrgest eest, on vana SG6's endiselt tehases oluliseks lüliks, kui teda mitte liialt koormata: siis hakkavad pingid mõningad komponendid järgi andma ning peab tegelema pidevate remonttöödega. Seega oli vaatlusperioodi jooksul lehekeskuste kasutamise tõhusus sisuliselt võrdne, ent uues painttootmisliinis sisaldub rohkelt potentsiaali, mida lähiajal realiseerima on vaja hakata.

Loodetavasti aitab läbi tehtud vaatlus ning analüüs avastada kasutamata tootmispotentsiaali, teostada pidevat parendusprotsessi, kindlustada saavutatud taset ja avastada kiirelt kõrvalekaldeid [12].

### 3.3 Painutamise analüüs

Tabel 3.3 Vana tootmissüsteemi painutuspingi mõõdikud

Tööpäev	ABT, h	APT, h	ADT, h	OQ, tk	OQ, kg	TB, tk	SUQ, tk
1	8	5,1	2,9	208	546,2	565	14
2	8	5,5	2,5	175	628,9	656	9
3	8	4,5	3,5	133	227	379	12
4	8	3,2	4,8	194	129,9	514	14
5	8	5,8	2,2	183	614,6	775	9
6	8	6,3	1,7	231	629	929	13
7	8	4,8	3,2	146	172	773	12
8	8	4,9	3,1	35	128,1	121	8
9	8	4,8	3,2	128	252,6	530	24
10	8	4,3	3,7	104	263,8	412	6
<b>Σ</b>	<b>80</b>	<b>49,2</b>	<b>30,8</b>	<b>1537</b>	<b>3592,1</b>	<b>5654</b>	<b>121</b>
<b>Σ / ABT</b>		<b>0,615</b>	<b>0,385</b>	<b>19,2</b>	<b>44,9</b>	<b>70,7</b>	<b>1,51</b>

Tabel 3.4 Uue tootmissüsteemi painutuspingi mõõdikud

Tööpäev	ABT, h	APT, h	ADT, h	OQ, tk	OQ, kg	TB, tk	SUQ, tk
1	8	5,7	2,9	363	1852,4	2041	9
2	8	6,2	2,5	474	4302,4	2542	11
3	8	3,2	3,5	222	2336	988	5
4	8	4,0	4,8	158	2192,6	1383	2
5	8	5,7	2,2	400	5020,5	1915	11
6	8	4,6	1,7	381	4298,3	2068	12
7	8	5,2	3,2	338	2230,6	2269	4
8	8	5,4	3,1	361	979,7	2750	3
9	8	7,6	3,2	428	4982	2884	7
10	8	6,8	3,7	452	6356,9	2525	13
<b>Σ</b>	<b>80</b>	<b>54,4</b>	<b>25,6</b>	<b>3577</b>	<b>34551,4</b>	<b>21365</b>	<b>77</b>
<b>Σ / ABT</b>		<b>0,68</b>	<b>0,32</b>	<b>44,7</b>	<b>431,9</b>	<b>267,1</b>	<b>0,96</b>

ABT- vaadeldud töökeskuste tööaeg oli päevas alati konstantselt kaheksa tundi, mistõttu on andmed üksteisega väga hästi võrreldavad. Üldiselt valitseb ettevõttes poliitika, kus painutuspinkide operaatorid tegutsevad kaheksa tunnistes vahetustes. Hüdraulilistel painutajatel pole mõlemad vahetused täielikult mehitatud, ent uus pink töötab alates kevadest 16 tundi päevas [10].

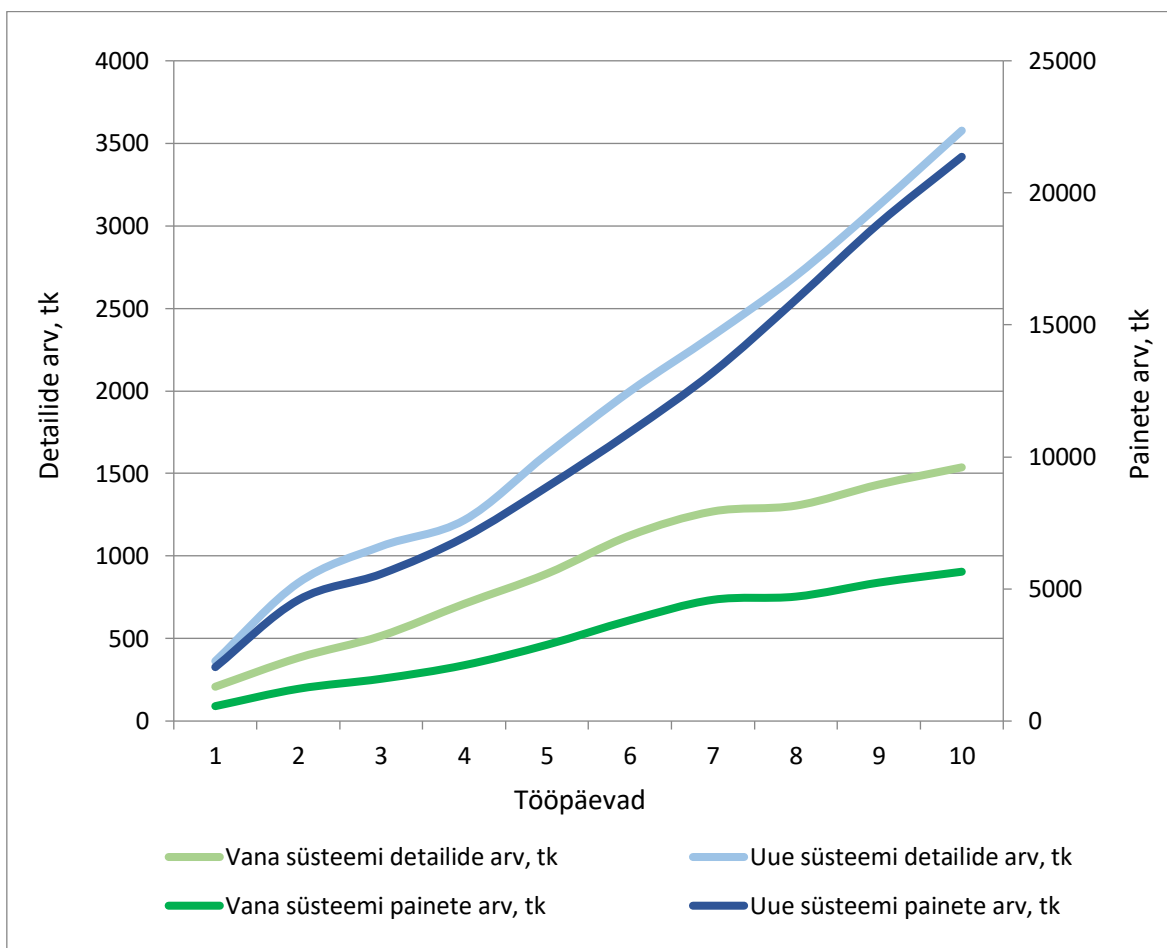
APT- tootmisaeg, mille moodustab reaalne aeg, mil toimub painutamise korral painutustera liikumine. Kogutud andmete põhjal tegi vana painutuspink keskmiselt 62 % graafikujärgsest tööajast lisandväärtust andvat tööd, uuel liinil oli vastav number 68 %. Erinevus ei ole küll väga suur, ent töötamise tempo on automaatsel painutuspingil kordades kiirem [10].

ADT- seisuaeg oli vaadeldava perioodi jooksul hüdraulilise painutuspingil keskmiselt 38 % ning uuel EBe5 painutuspingil keskmiselt 32 % tööajast. Uue pingi eeliseks on võimalus töötada lühiajaliselt ka ilma operaatori juuresolekuta: töötajal on võimalik käia WC's või tehases tööga seotud probleeme arutamas niimoodi, et pink samaaegselt ikka töötab ning lükkab painutatud detaile järjest rullteel edasi.

OQ- näitab operatsiooni lõppedes valmisdetailide arvu, mida sisendiks olnud toormaterjali töötlemisel saadi. Oluline on märkida, et OQ alla kuuluvad ka need detailid, mis toodeti küll ära, aga hiljem avastati puudujääke ning tunnistati mittekõlblikeks. Kogutud andmete põhjal selgus, et vana painutuspingiga toodeti keskmiselt ühes töötunnis 19,2 detaili keskmise massiga 2,34 kg ning PSBB liiniga 44,7 detaili keskmise massiga 9,66 kg. Valmistavate detailide keskmine painete arv vanal tootmissüsteemil oli 3,7 ning uuel liinil 6,0. Nendest näitajatest peegeldub väga selgelt uue automaatse painutuspingi võimsus: see suudab töödelda sama ajaga üle kahe korra rohkem detaile, mis on keskmiselt neli korda raskemad. Seetõttu on suunatud EBe5 painutuspink suuremahulised tellimuse, kus töödeldavat detailid on rasked, kuna nende läbivoog on seal märgatavalt kiirem, kui vanadel painutuspinkidel [10].

TB (ing k *total bends*)- painete arv detaili tootmisel. On painutamise seisukohalt väga oluline indikaator, kuna painete arvu põhjal tehakse klientidele tootmisaegade arvutamise hinnapakumisi. Hüdrauliliste käsipainutajate puhul arvestatakse Harju Elekter Teletehnikas kuni 10 kg või 1 m<sup>2</sup> suuruste detailide korral ühe operaatoriga. Kui eelnevalt mainitud näitajad on suuremad, arvestatakse detailide kvaliteetseks tootmiseks kahe operaatori olemasoluga. Samuti kehtib tihti peale seos painete arvu ja seadistusaja vahel, kus üldjuhul kaasneb rohkemate painetega pikem seadistusaeg. Vaatluse perioodil tegi hüdrauliline Amada painutajaga ühe

töötunni jooksul keskmiselt 70,7 painet ning EBe5 painutuspink 267,1 painet. Võrreldavad tulemused erinevad peaaegu neljakordselt, mis viitab taaskord automaatse painutuspingi suurele võimsusele võrreldes vana painutuspingiga. Seel 3.2 on näha kumulatiivselt uue EBe5'e märgatavat üleolekut nii detailide kui ka painete arvu suhtes võrreldes vana Amada painutuspingiga.



Sele 3.3 Painutuspinkide painutatud detailide ja painete arvu kumulatiivne võrdlus

SUQ- seadistuste arv, mis näitab üldist pilti seadistamisele kuluvast ajast. Iga uue seadistamisega kaasneb kindlasti ajakulu joonisega tutvumiseks ja programmi sissevõtmiseks masinasse. Painutusterade- ning pakkude ülesseadmist iga uue detaili puhul ei pruugi kaasneda. Vaatlusperioodi jooksul töödeldi vana tootmissüsteemi painutuspingis keskmiselt ühes töötunnis 1,51 erinevat detaili ning uuel liinil oli vastav number 0,96. Sellest näitajast järeldub tendents, et suuremahulised tööd on suunatud uuele tootmisliinile, kus kiirema läbivusajaga on võimalik suuremat kasu lõigata [11].

Saadavus- esimene OEE tegur, mis näitab tegeliku tootmisaja suhet planeeritud tööaega, mille hulka kuuluvad kõik seadistused, tõrked, kontrollmõõtmised, tootevahetused jne. Painutuspinkide saadavus on arvatud vastavalt valemile 3.3 [11].

$$Saadavu_{VS} = \frac{49,2}{80} = 0,615$$

$$Saadavus_{US} = \frac{54,4}{80} = 0,68$$

Tootlus- teine OEE tegur, mis näitab tootmise efektiivsust. Painutamise kiirus on tihtipeale erinevad maksimaalsest võimalikust kiirusest, mis on enamasti on see tingitud soovist pinki veidi hoida ning mitte töötada ilmtingimata alati täiskäigul, kuna siis on suurem tõenäosus vigade tekkimiseks. Painutuspinkide tootlus on arvatud vastavalt valemile 3.4 [11].

$$Tootlus_{VS} = \frac{1537 \cdot 0,02241}{49,2} = 0,7$$

$$Tootlus_{US} = \frac{3577 \cdot 0,01293}{54,4} = 0,85$$

Kvaliteet- kolmas OEE tegur, mis näitab kvaliteetsete toodete suhet kogu toodangusse. Vaadeldava perioodi jooksul registreeris ettevõtte kvaliteediüksus vana painutuspingi alt tulnud kvaliteedile mittevastavaid detaile 41 tk ja uue liini alt tulnuid 4 tk. Siinkohal on näha, et isegi väiksemate mahtude korral eksib inimene kordades rohkem kui masin. Eks siinkohal soodustab operaatorit eksimiseks rutiinne töö, hajameelsus ja väsimus, mida kõike masin aga ei tunnista. Painutuspinkide kvaliteet on arvatud vastavalt valemile 3.5 [11].

$$Kvaliteet_{VS} = \frac{1496}{1537} = 0,973$$

$$Kvaliteet_{US} = \frac{3573}{3577} = 0,999$$

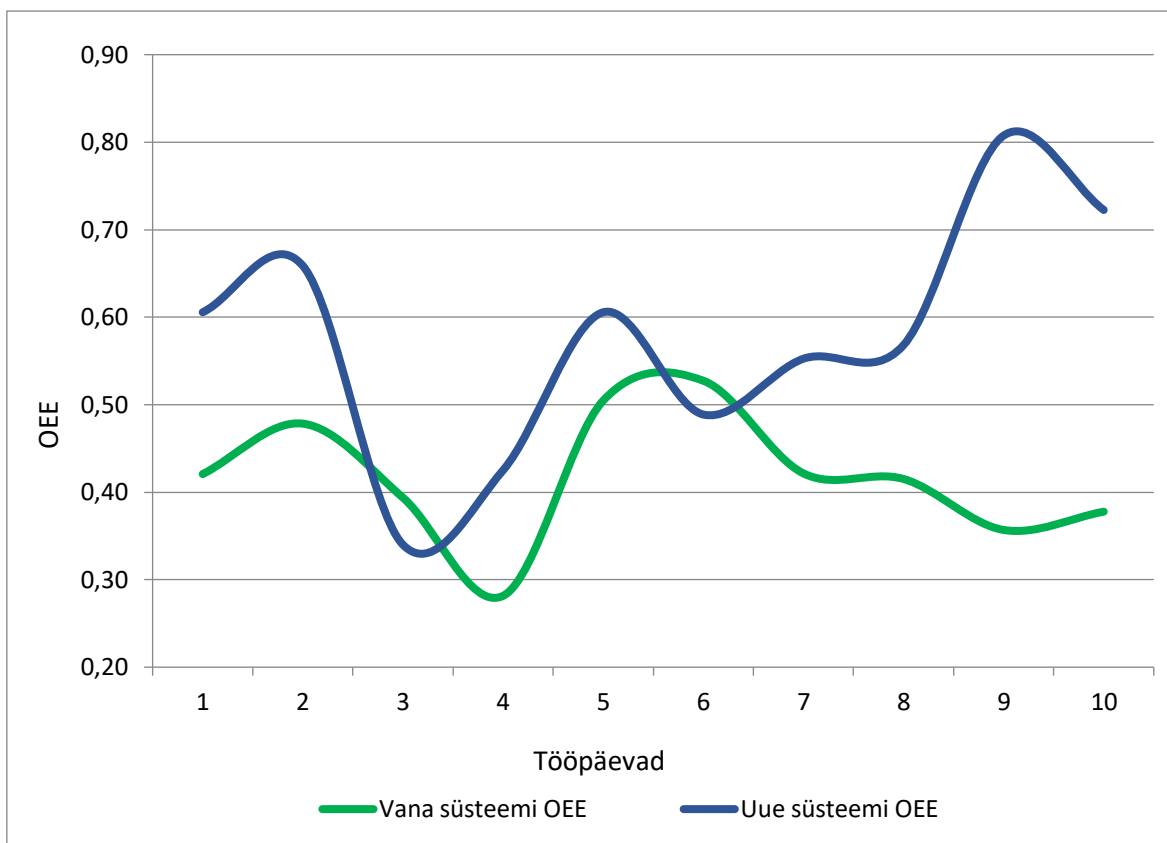
OEE- seadme kasutamise tõhusus hindamise mudel, mis arvestab lõpp-hindamisel painutuspinkide saadavust, tootlust ja kvaliteeti. Painutuspinkide kasutamise tõhusus on arvatud vastavalt valemile 3.6 [11].

$$OEE_{VS} = 0,615 \cdot 0,7 \cdot 0,973 = 0,419$$

$$OEE_{US} = 0,68 \cdot 0,85 \cdot 0,999 = 0,577$$

Vaatlusperioodi jooksul kogutud andmete põhjal on vana Amada hüdraulilise painutuspingi OEE 41,9 % ja uuel liinil 57,7 %, mis näitab oluliselt suuremat efektiivsust uue seadme kasuks. Uus painutuspink edestas igas elemendis vana seadet, ent kindlasti on ruumi arenemiseks ka sellel veelgi, kuna süsteem on endiselt üsna värske. Eks inimesel ongi raske masina vastu võistelda, kes

eksib vähem, ei vaja puhkepause ega väsi. Sellest lähtuvalt on ettevõtte eesmärk järk-järgult üha efektiivsemalt koormata EBe5 automaatset painutuspink, mille võimsuse abil oma tehase tootlikkust vastavalt turu suurele lehtmetsa nõudlusele tõsta.



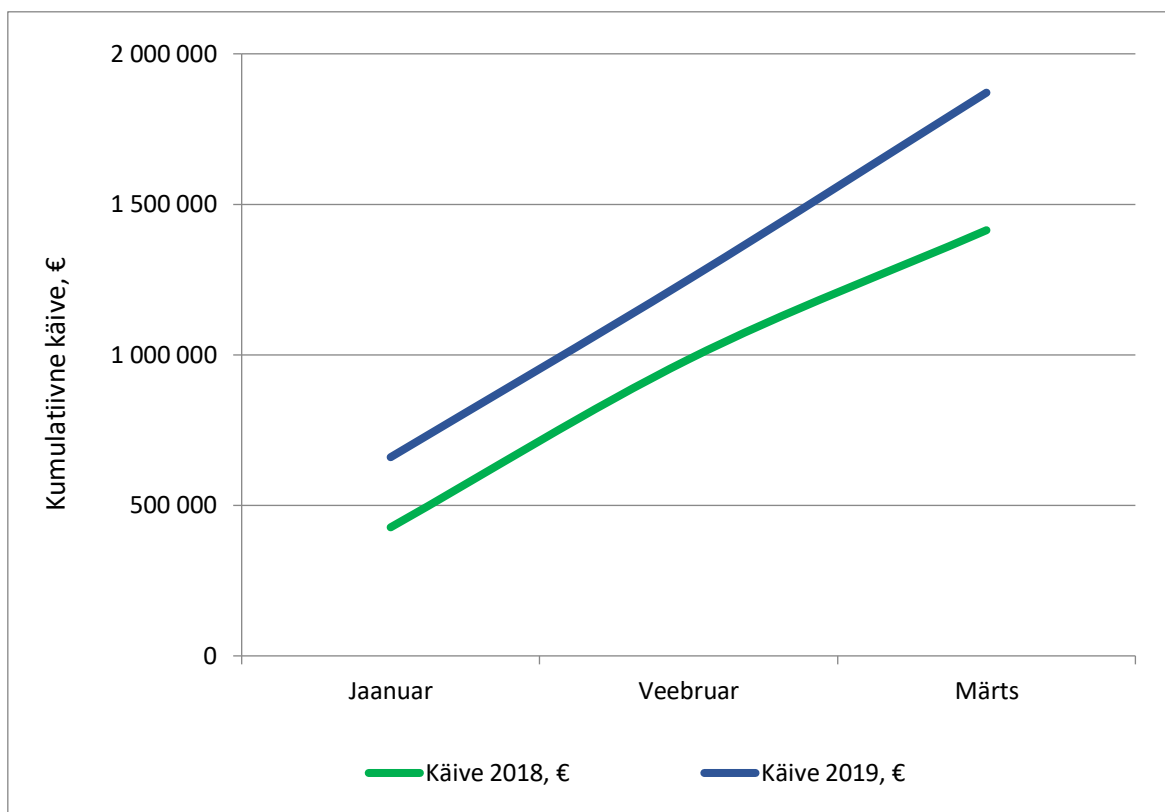
Sele 3.4 Painutuspinkide OEE

### 3.4 Uue paindootmisliini mõju ettevõttele

Eelnevast tootmissüsteemid analüüsist võib järeldada, et uue PSBB paindootmisliini olemasoluga on AS Harju Elekter Teletehnika tootmisvõimekus oluliselt suurem, kui see oli varasemalt. Toormaterjali torniga lehekeskus pakub kiiret ning usaldusväärset stantsimist, kus erinevalt vanast lehekeskusest, ei pea tegelema pidevate remontimiste ja kuluosade vahetamisega. Seega on seadmetega seotud riskid ettevõttes paremini jaotatud ning ühe pingi pikemaajalisem rike ei mõjuta enam nii tugevalt tootmist. Automaatne painutuspink EBe5 töötab umbes sama efektiivselt nagu 3 – 4 hüdraulilist Amada painutuspink. Seega on painutusosakonda lisandunud võimekus märkimisväärne.



Lisaks tootmise tulemuslikkuse võtmenäitajatele on uus paindtootmisliin aidanud AS Harju Elekter Teletehnikal järk-järgult kasvatada stabiilselt sama suure töötajaskonna juures müügi käivet (Sele 3.3) ning võimaldanud osaleda mahukatel hangetel, mille kaudu soetatud liini maksimaalselt koormata.



Sele 3.5 AS Harju Elekter Teletehnika kumulatiivne müügi käive

Lisaks tõstavad uued seadmed töötajate motivatsiooni, kui ettevõtte liigub üha suurema automatiseerituse ja kõrgema tehnoloogia suunas. Samuti aitab uute seadmete kaudu *Industry 4.0* olemasolu reklaamida firmat potentsiaalsetele klientidele ning näidata end olemasolevatele partneritele positiivses valguses. Tööstuse kiire arengu juures on oluline, et ettevõtte konkurentidest tehnika poolest väga kaugelt maha ei jääks ning suudaks ikka tempos püsida. Vastasel juhul on tihedas turukonkurentsivanas vananenud, puudulike funktsioonidega või aeglase tehnikaga äärmiselt keeruline konkureerida.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli analüüsida ja võrrelda AS Harju Elekter Teletehnika kahte erinevat tootmissüsteemi stantsimise ja painutamise operatsioonide teostamisel, kus põhiline rõhk oli suunatud tehnoloogilisuse ja tulemuslikkuse analüüsile. Vana tootmissüsteemi moodustab 1997. aastal valmistatud Finn-Power SG6 revolverstantsist koos giljotiinlõikajaga ning Amada HFE hüdraulilised painutuspingid. Uueks tootmissüsteemiks on 2018. aastal valmistatud Prima-Power PSBB paindootmisliin, mis koosneb toormaterjali tornist, SG6 revolverstantsist, giljotiinlõikajast, detailide markeerijast, pinnalaotuste puhveralast ning automaatselt painutuspingist EBe5.

Vana tootmissüsteem on tänu oma pikale eale ettevõttes hästi juurdunud ning kogu süsteemi toimimise tagab suur kogemuste pagas, mis aitab kergesti üle saada erinevatest tehnilistest viperustest või puudustest, mis aeg-ajalt ülesse kerkivad. Ajalugu on näidanud, et suurema koormuse all hakkab vana lehekeskus märkimisväärselt sagedamini lagunema ning varuosade vahetust vajama, mistõttu rakendatakse seadmeid mõistliku koormusega, kus põhiline toodete voog on suunatud juba uuele paindootmisliinile. Tehnoloogia mõttes on vana tootmissüsteem algelisem ja operaatoritele tülikam, kuna tihedamini peab vahetama stantsimisel ja painutamisel tööriistu ja detailide käsitlemine toimub inimjõu abil.

Uus paindootmisliin järk-järgult juurdub tootmisesse sisse, mille viitavad aina lühemad seisakud ja efektiivsem tööaja kasutus tööpäevade jooksul. Süsteem on ise väga tark ja võimekas, ent kogu protsess vajab aega ja harjumist, et detailid tootmist lodusalt läbiksid. Operaatorite jaoks on paindootmisliinil töötamine mugavam, kuna ei pea kogu aeg toormaterjali aluseid vahetama, lehekeskuses ja painutamises olevaid detaile käsitsi liigutama- kogu selle töö teeb pink automaatselt ise ära. Tuluse vahendusel on tootmisprogrammide tegemine CAM- tehnikutele samuti kiirem kui vana süsteemi JetCam'i vahendusel see oli.

Kahenädalase vaatlusperioodi jooksul analüüsitud tootmistulemustest selgus, et uue ja vana lehekeskuse erinevus tootlikkuse seisukohast ei ole väga märkimisväärne. Paindootmisliini küll stantsib ja viib läbi erinevaid abitegevusi kiiremini, ent kaua juurdunud vana lehekeskus kompenseerib seda suurema keskmise tootmisajaga, kus esineb vähem erinevaid seisakuid. Samas on uuel liinil olemas lisafunktsioonid keermestamise ja lasermarkeerimise näol, mille olemasolu on ettevõttel juba korduvalt vaja läinud. Selgelt joonistub välja tendents, kus uuele

liinile on suunatud suurema massiga detailide seeriade valmistamine, et säästa operaatoreid nende tõstmisest. Seega läbib uut tootmissüsteemi vanaga võrreldes oluliselt rohkem toormaterjali.

Painutamise võrdluses oli tootlikkuse vahe mitmekordne. Sama ajaperioodi jooksul painutas EBe5 automaatne painutuspink rohkem paindeid ja detaile, mis olid lisaks eelnevale ka keskmiselt neli korda suurema massiga. Vaja on piisavat suurt partiilisust, et oleks mõistlik hakata tegema painutusprogramme. Samuti selgus, et inimene eksib manuaalse painutuspingi taga suurema töönaosusega kvaliteedinõuete vastu, kui seda teeb EBe5, mis teeb automaatse painutuspingi seeläbi väga võimekaks ja usaldusväärseks seadmeks.

Seega on uus tootmisliin oma stantsimise ja painutamise võimekusega tootlikum, kui seda on vana tootmissüsteem. Lisandunud seadmeпарк on aidanud AS Harju Elekter Teletehnikal aasta-aastalt suurendada oma müügikäivet ja võimaldanud osaleda mahukatel hangetel. Lisaks on Harju Elekter kontserni seisukohast oluline varustada lehtmetailiga võimalikult suures osas teisi grupi ettevõtteid. Tootmisega seotud riskid on uute pinkide lisandumisega rohkem hajutatud, mis tagab ettevõtte juhtkonnale ja klientidele suurema kindlustunde. Samuti aitab investeringute tegemine turul silma paista ning potentsiaalsetele klientidele oma seadmete näitamisega muljet avaldada.

## SUMMARY

The goal of the present Master's thesis was to analyse and compare two different production systems of AS Harju Elekter Teletehnika, performing punching and bending operations, where the main focus was on technology and performance analysis. The old production system consists of a Finn-Power SG6 punching machine made in 1997 with a guillotine cutter and Amada HFE hydraulic bending machines. The new production system is the Prima-Power PSBB flexible manufacturing system, made in 2018, which consists of a raw material tower, SG6 revolver, guillotine cutter, markers for details, buffer zone for flat patterns and automatic bending machine EBe5.

Thanks to its long life, the old production system is well implemented in the company and the performance of the whole system is guaranteed by the abundance of experience that helps easily overcome various technical issues or flaws that occasionally occur. The history has shown that under a greater load, the old sheet centre tends to break down significantly more often and spare parts require replacement, therefore the equipment is applied at a reasonable load, where the main stream of products is already directed to the new FMS line. In terms of technology, the old production system is rather primitive and causes more trouble for operators since when performing punching and bending operations, tools and details need to be manually handled more often.

The new bending line is gradually being introduced into the production, as demonstrated by shorter idle time periods and more efficient use of working time during working days. The system itself is very smart and capable, but the whole process takes time and habit in order that details could pass smoothly through the production. For operators, it is more convenient to work on the bending line because they do not have to change the raw material pallets all the time or to move details in the punching centre and on the bending operation as the machine automatically completes every process. Creating production programs for CAM technicians is also faster compared to the old JetCam system.

The production results analysed over the two-week reference period revealed that the difference between the new and the manufacturing system in terms of productivity is not very obvious. Although FMS line punches and carries out various auxiliary activities faster, the long-established old sheet metal punching centre compensates for this with a higher average production time with

fewer various idle time periods. On the other hand, the new line has additional functions in the form of threading and laser marking, the existence of which has been repeatedly required. There is a clear trend towards the production of series of heavier details for the new FMS line to save operators from raising them. Thus, significantly more raw material passes through the new production system compared to the old one.

The comparison of bending showed multiple difference in the productivity. During the same period of time, the EBe5 automatic bending machine bent more sheets and more details, which in addition to the above had an average of the four-fold weight. There is a need for a great deal of division in order to start creating bending programs. It also turned out that a person is more likely to make a mistake with the quality requirements when working on a manual bending machine than on the EBe5, which makes an automatic bending machine a very powerful and reliable device.

All in all, the new flexible manufacturing line with its punching and bending capabilities is more efficient than the old production system. The expanded equipment park has helped AS Harju Elekter Teletehnika to increase its sales turnover year by year and has enabled the company to participate in large-scale procurements. In addition, it is important for the Harju Elekter Group to provide as many other companies in the group as possible with sheet metal. Production-related risks are more scattered with the introduction of new machines, which gives greater confidence to the company management and customers. Besides, making investments helps to stand out in the market and impress potential customers by demonstrating their equipment.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Harju Elektri kodulehekülg [WWW] <https://harjuelekter.ee/> (15.02.2019)
- [2] Technical information and operation manual. Kauhava : Liibacka Corporation, 1996.
- [3] Pikner, R. Saareväli, A. Lehtmetalli töötlemistehnoloogiad : õppematerjal kutsekoolidele. Tallinn : Innove, 2014.
- [4] Hydraulic press brake. Operator's manual. Tremblay : Amada, 2002.
- [5] Amada kodulehekülg [WWW] <https://www.amada.com/> (27.02.2019)
- [6] Groover, Mikell P. Principles of Modern Manufacturing. 5th ed. SI Version. Singapore: Wiley, 2013.
- [7] Prima Poweri kodulehekülg [WWW] <https://primapower.com/> (05.03.2019)
- [8] User guide Shear Genius SG. Machine series 16.2. Kauhava : Finn-Power Oy, 2018.
- [9] Häkkinen, J. Taivutusautomaatin ominaisuuksien hyödyntäminen ohutlevy tuotteiden suunnittelussa : opinnäytetyö. Jyväskylän Ammettikorkeakoulu, Jyväskylä, 2013.
- [10] Zhu, L., Johnsson, C., Mejvik, J., Varisco, M, Schiraldi, M. Key performance indicators for manufacturing operations management in the process industry [WWW] [https://www.researchgate.net/publication/323131190\\_Key\\_performance\\_indicators\\_for\\_manufacturing\\_operations\\_management\\_in\\_the\\_process\\_industry/](https://www.researchgate.net/publication/323131190_Key_performance_indicators_for_manufacturing_operations_management_in_the_process_industry/) (01.04.2019)
- [11] Behzadirad, A., Stenfors, F. Key Performance Indicators (KPIs). A study of key performance indicators (KPIs) at one of the production sites of Fresenius Kabi in Brunna, Sweden: magistritöö. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 2015.
- [12] Lavin, J. Ettevõtte strateegilised eesmärgid, kriitilised edutegurid ja tegevuse võtmenäitajad [WWW] <https://www.itera.ee/2016/07/ettevotte-strateegilised-eesmargid-kriitilised-edutegurid-ja-tegevuse-votmenaitajad/> (17.04.2019)

**LISAD**

## Lisa 2 JETCAM'i programmilehe näidis



<p><b>General</b>      Stenver</p> <p><b>Prg Name :</b> DET02670</p> <p><b>NC File :</b></p> <p><b>Nest Date :</b> Tue May 14 08:12:53 2019</p> <p><b>Prg Runs :</b> 1</p> <p><b>Machine :</b> Finn-Power SG6 16P</p> <hr/> <p><b>Material</b></p> <p><b>Material :</b> KZn</p> <p><b>Thickness :</b> 1.5 (mm)</p> <p><b>Sheet Size :</b> 3000.0 x 1500.0 (mm)</p> <p><b>#Sheets :</b> 1</p>	<p><b>Calculations</b></p> <p><b>Sheet Util. (Real) :</b> 67.6 %</p> <p><b>Time per Sheet :</b> 01 : 06 : 06</p> <p><b>Prg Size :</b> 36255</p> <p><b>Distance Travelled :</b> 331757.23 (mm)</p> <p><b>Single Hits :</b> 9824</p> <p><b>Nibble Hits :</b> 0</p> <hr/> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Clamp</th> <th style="width: 45%;">Position</th> <th style="width: 40%;">Remarks : DE2670</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">420.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1080.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">1765.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Clamp	Position	Remarks : DE2670	1	420.0		2	1080.0		3	1765.0	
Clamp	Position	Remarks : DE2670											
1	420.0												
2	1080.0												
3	1765.0												

**Number of tools :**

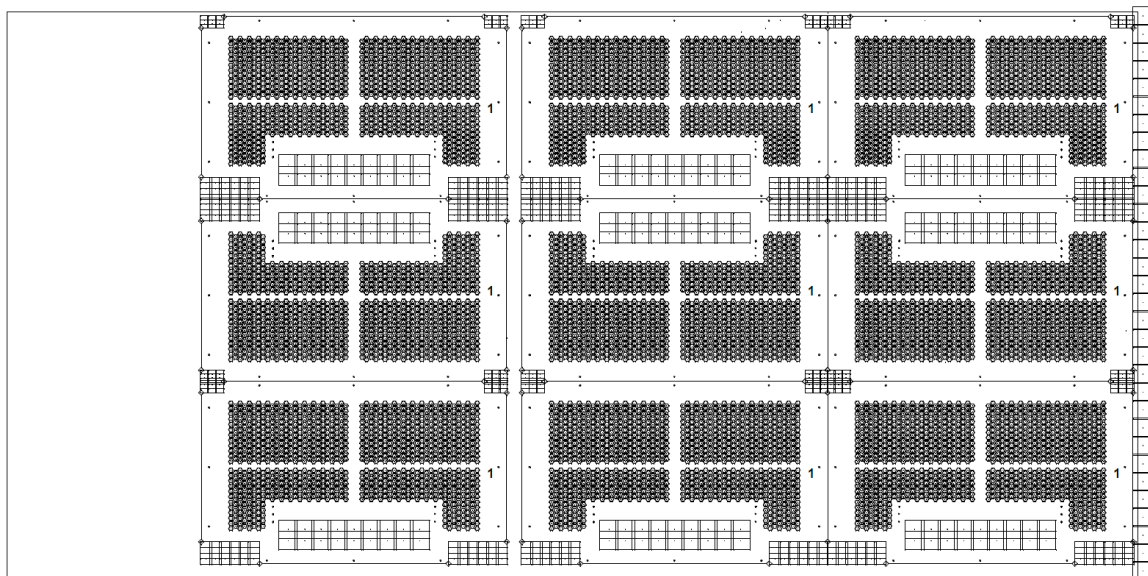
Shape	Tool Description	Dimensions	Angle	Indexed	Die Clearance	Station	Flags
Circular	Rd4.0	4.0	0.0	No	0.15	32	M24X36R36
Circular	Rd5.0	5.0	0.0	No	0.15	37	M24X43R43
72	6_Kant_O11.1	N/A	0.0	No	0.2	2	X62R62
Square	Sq10	10.0	0.0	Yes	0.15	1	X65R65
Square	Sq22	22.0	0.0	No	0.15	14	X66R66
Square	Sq30	30.0	0.0	No	0.15	10	X67R67
Square	Sq50	50.0	0.0	Yes	0.15	11	X55R55

**Component Orders**

#	Component	Revision	Qty	Order ID	Dimensions (mm)	Base Name
1	DET02670		9		811.0 x 483.0	<b>DET02670</b>

Prg Name : DET02670

Nest Date : Tue May 14 08:12:53 2019





## Lisa 2 Marsruutkaardi näidis

### MARSRUUTKAART 289205

Tarnekuupäev 16.05.2019



Kood	Nimi	Kogus	Ühik
DET02670	DP vahelagi 8x10-1/2 tuulutatav kaabliuugiavaga	9,00	tk
Konfiguratsioon Värv	7035S		

### OPERATSIOONID

**Operatsioon 10 Stantsimine** 16.05.2019 - 16.05.2019 Aeg kokku: 72 min

Töökeskus .....: LEHEKESKUS Stantsimine  
Viide .....

### LISAINFO

**Operatsioon 20 Painutus** 16.05.2019 - 16.05.2019 Aeg kokku: 11 min

Töökeskus .....: PAINUTAJAD Painutajad  
Viide .....

### PROGRAMM

**Operatsioon 30 Värvimine** 16.05.2019 - 16.05.2019

Töökeskus .....: VÄRVILIIN Üldvärvid  
Viide .....

### LISAINFO

Lattu: Pooltoodangu ladu /

### KASUTATAVAD MATERJALID

Kood	Nimi	Värv	Ladu	Ope r	Kogus ühikule	Kogus	Ühik
MET0120	KZN 1.5mm DX51D+Z275g		MET	10	6,20	55,80	kg
PV072	PV RAL 7035 MIX L helehall		VÄRV	30	0,18	1,58	kg

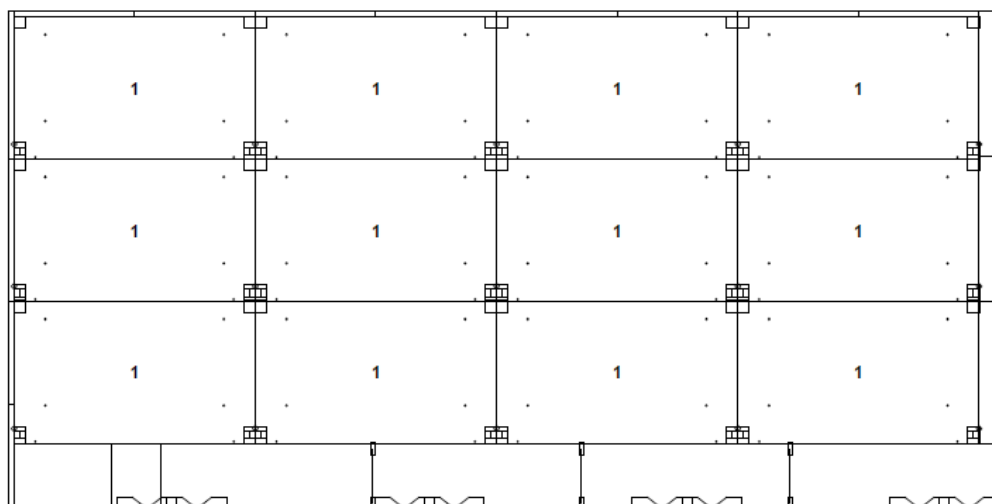
KINNITAJA: Stenver Matt

LÜHINUMBER:

## Lisa 3 NC Expressi programmilehe näidis



### Setup Report Teletehnika\_SG



NC file name: **HETR-55 KATUS001.xml** Material: **DX51D+Z275-N-A-C, 1.5mm**  
 Clamps: **1@350 2@999 3@1648 4@2297** Sheet size: **2500x1250**  
 Utilisation: **81.7%**  
 Time: **17:13** Sheets: **4**

Station	Tool	Load angle	Hits	Die	Size
46	● ROUND_5.0_MT	0	96	0.20	MT24-8
50	● ROUND_6.0_MT	0	192	0.20	MT24-8
3	■ SQUARE_30	0	288	0.20	C i
59	■ SQUARE_10	0	60	0.20	MT3Ri i
4	▬ RECT_30X11	0	72	0.20	C i

**48 x MDET015030** #1  
 Work order:  
 Customer:  
 Due date: **5.09.2018**  
 Sorting: **PSR**  
 Time: **0:21.5**  
 Size: **608.069 x 356.845**  
 Weight: **2.489**  
 Revision:  
 Note:

