



Jürgen Truu

**TOOTMISHOONE ASENDIPLAANI
PARENDAMINE INCAP ELECTRONICS
ESTONIA OÜ NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut

Tootmine ja tootmiskorraldus

Juhendaja: Anna Truver

Tallinn 2023

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

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

Juhendaja Anna Truver (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jürgen Truu

sünnikuupäev: 03.01.2000

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Tehasehoone asendiplaani parendamine Incap Electronics Estonia OÜ näitel

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

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

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

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. ETTEVÖTTE ÜLDTUTVUSTUS	6
1.1. Toodetavad tooted	6
1.2. Ettevõtte positsioon turul.....	6
2. ASENDIPLAANI PÕHIOLEMUS JA ETTEVÖTTES KASUTUSEL OLEVAD SEADMED JA TEHNOLOOGIAD.....	7
2.1. Detailse ja läbimõeldud asendiplaani vajalikkus.....	7
2.2. Erinevad asendiplaani tüübid.....	7
2.2.1. Protsessipõhine asendiplaan.....	7
2.2.2. Tootepõhine asendiplaan.....	8
2.2.3. Kombineeritud asendiplaan.....	9
2.2.4. Fikseeritud asendiplaan.....	9
2.3. Spagetidiagramm	9
2.4. Ettevõttes kasutusel olevad tehnoloogiad ja seadmed.....	10
2.4.1. Lainejootmismasin	10
2.4.2. SMA liin.....	11
3. ASENDIPLAANI ÜMBERMUUTMINE	14
3.1. Vana asendiplaani kirjeldus.....	14
3.1.1. Esimese sektori kirjeldus ja selle kitsaskohad.....	14
3.1.2. SMA-ala vana asendiplaan.....	15
3.1.3. Selektiiv- ja lainejootmismasinate ala vana asendiplaan	16
3.1.4. Neljanda sektori vana asendiplaan	17
3.2. Spagetidiagrammi analüüs.....	18
3.3. Tehasehoone uus asendiplaan ja selle väljatöötamine.....	19
3.3.1. SMA-ala uus asendiplaan.....	19
3.3.2. SMA-komponentide lao ja selle juures asuva käsimontaaži ala uus asendiplaan.....	21
3.3.3. Selektiiv- ja lainejootmismasinate ala uus asendiplaan	24
3.3.4. Neljanda sektori uus asendiplaan	26
4. MUUD VÄLJA PAKUTUD LAHENDUSED JA PARENDUSED	29
5. TULEMUSED.....	30

KOKKUVÕTE.....	31
SUMMARY	32
KASUTATUD KIRJANDUS	33

SISSEJUHATUS

Õige tootmishoone asendiplaani valik on tootmisettevõtte jaoks väga suur võtmeküsimus. See aitab tagada tootmisprotsessi efektiivsust ja vähendada tootmiskulusid ning tootmiseks kuluvat aega.

Lõputöö valik osutuks selliseks seetõttu, et autor läbis oma inseneripraktika ettevõttes Incap Electronics Estonia OÜ ja praktika raames anti talle ülesandeks mõelda välja ettevõtte tootmishoonele uus asendiplaan. Uut asendiplaani oli vaja kuna ettevõtte plaanis soetada uue SMA-liini, mis pühenduks täielikult prototüüpide tegemisele. Kuna antud hetkel ettevõttes selle jaoks ruumi polnud, pidi autor leidma mooduse kuidas antud liin sinna võimalikult ruumisäästlikult ja efektiivselt paigutada. Lisaks eelnevale on ettevõtte klientuur pidevalt suurenemas, mistõttu tekkis vajadus ka uute töökohtade loomisele. Kuna ettevõtte vana asendiplaan valmis mitmed aastad tagasi ja vahepeal on palju muutunud otsustati üle vaadata ka ülejäänud tehasehoone. Töö ülesandeks on kaardistada olemasolevad ja vajaminevad seadmed ja tööpingid ning leida nendele uus ja võimalikult tõhus paigutus.

Töö eesmärk on pakkuda ettevõttele välja uus asendiplaan, mis võimaldaks ettevõttesse paigutada uue SMA-liini, elimineeriks ruumiraiskamise ja kasutaks tootmishoone pinda võimalikult efektiivselt. Lisaks eelnevale on eesmärgiks ka vähendada toodete liikumiseks kuluvat teekonda ja aega.

Töö on jagatud neljaks suuremaks peatükiks, millest esimeses tutvustatakse ettevõtet üldiselt, selleks, et saada aimu millega Incap Electronics Estonia üleüldiselt tegeleb. Töö teisest peatükist leiab informatsiooni erinevate asendiplaanide olemuse kohta, spagetidiagrammi kasutamise tõhususest asendiplaani loomisel ja ettevõttes kasutusel olevate tehnoloogiate kohta. Kolmandas peatükis on kirjeldatud vana asendiplaani ja väljatulnud kitsaskohti ja tutvustatakse uut asendiplaani. Lisaks analüüsitakse uue asendiplaani eeliseid võrreldes vanaga. Viimases annab autor ülevaate muudest parendusettepanekutest, mis antud tööd läbiviies tekkisid.

1. ETTEVÕTTE ÜLDTUTVUSTUS

Ettevõtte Incap Electronics Estonia OÜ on kiiresti kasvav elektroonikatööstuse ettevõtte, mis omab tootmisüksuseid neljas erinevas riigis (Eestis, Indias, Inglismaal ja Slovakkias). Eestis asuv tehas asub Kuressaares ja on suuruselt teine – 7300 ruutmeetrit ja 119 töötajat. Firma on tegutsenud Eestis alates 2000. aastast. Maksustatav käive perioodil 01.09.2022 – 31.11.2022 oli 11 581 151,53 eurot. Ettevõttel on palju erinevaid kliente, kuid suurimad neist on näiteks Corvus Energy ja Bolt. Ettevõtet on tunnustatud kaks korda Saaremaa parima ettevõtte tiitliga. Lisaks sellele on Incap tunnustatud ka peresõbralikuks ettevõtteks ja on olnud ka Äripäeva TOP 20 ettevõtete hulgas. Lisaks neile on ettevõttel ka hulgaliselt muid auhindu. [1]

1.1. Toodetavad tooted

Incap Electronics Estonia OÜ toodab põhiliselt elektroonikakoostusid ja valmistooteid. Toodete valik on suur ja peamiselt tehakse tellimustöid, ehk toodetakse seda mida kliendid soovivad. Näiteks toodetakse antud firmas laevade ja veesõidukite akusid, rallisimulaatoritele rooli- ja pedaalisüsteeme, poodidele turvaelemente ja nutikodudesse erinevaid tooteid.

1.2. Ettevõtte positsioon turul

Valdavalt toodetakse tooteid välismaistele turgudele ja klientidele. Incap Electronics'i positsioon võrreldes konkurentidega on üsnagi hea, kuna omatakse paljudes erinevates riikides ja asukohtades tehaseid. See annab võimaluse üle maailma laiali olevate klientide nõudmised kergema vaevaga täita. Eestis on Incap Electronics Estonia OÜ oma ala üks edukamaid. Ettevõtte suureks eesmärgiks on saada maailma üheks juhtivaks ettevõtteks oma tegevusalal.

Ettevõtte põhitegevusalaks on määratud mõõte-, katse- ja navigatsiooniseadmete tootmine ja 2021 aasta seisuga hoidis Incap Electronics Estonia e-krediidiinfo andmetel kindlalt teist kohta 19 miljonilise müügituluga. Ettevõtte peamiseks konkurentideks Eesti turul on Flir Systems Estonia OÜ ja Comodule OÜ. [2]

2. ASENDIPLAANI PÕHIOLEMUS JA ETTEVÕTTES KASUTUSEL OLEVAD SEADMED JA TEHNOLOOGIAD

2.1. Detailse ja läbimõeldud asendiplaani vajalikkus

Korralik ja läbimõeldud asendiplaan on iga tootmisettevõtte jaoks ülimalt oluline. Asendiplaani peamiseks eesmärgiks on saada võimalikult suur tulu läbi läbimõeldud töökohtade asetuse elimineerides võimalikult palju väärtust mittelisavaid liigutusi ja kulukohti (pudelikaelad, pikad vahemaad erinevate tootmisetappide vahel jne). [3]

Õige asendiplaan aitab parendada järgnevaid aspekte [3]:

- Materjalide käitlemiskulu;
- Töötajate, masinate ja ruumi efektiivne kasutamine;
- Tööohutus;
- Vähendada pooltoodete kogust;
- Olemasolevate pudelikaelade likvideerimine;
- Vajamineva tehnika peale kuluva raha vähendamine;
- Kiirendada tootmisprotsessi.

2.2. Erinevad asendiplaani tüübid

Kokku on olemas 4 erinevat asendiplaani tüüpi: protsessipõhine asendiplaan, tootepõhine asendiplaan, kombineeritud asendiplaan ja fikseeritud asendiplaan. [3]

2.2.1. Protsessipõhine asendiplaan

Protsessipõhine asendiplaan kujutab endast seda, et kõik seadmed, mis täidavad sarnaseid funktsioone ja ülesandeid on koondatud kokku. See tähendab, et toode liigub ühest grupist teise vastavalt toote valmistamisprotsessile ja vajadusele. Taolist tootmisviisi soovitatakse kasutada ettevõtetes kus tootmismahud ei ole suured ja tootevariatsioon on suur. [3]

Protsessipõhise asendiplaani plussid [3]:

- Seadmed on praktilisemalt kasutatud ja vajatakse vähem sarnaseid masinaid;
- Suur paindlikkus tootmises;
- Vajab vähem investeeringuid, kuna ühte masinat saab kasutada erinevate toodete jaoks;
- Töö ettevõttes mis kasutab taolist asendiplaani on vaheldusrikas;
- Vastutaval isikul on oma vastutusala üle lihtne kontrolli hoida.

Protsessipõhise asendiplaani negatiivsed omadused [3]:

- Toodete liikumist erinevate tootmisetappide vahel ei saa automatiseerida, mis omakorda lisab kulu;
- Kuna toode liigub erinevate üksuste vahel võib tekkida seisakuid kui üks seade on juba töös (pudelikaelad);
- Kui masinad vajavad erinevate toodete jaoks seadistamist, kulub tootevahetusele pikk aeg.

2.2.2. Tootepõhine asendiplaan

Tootepõhises asendiplaanis on masinad ja tööpingid järjestatud vastavalt toote valmimisprotsessile ja seda kasutatakse üldiselt tehastes, kus toodetakse suurtes kogustes standardseid tooteid. Suured kogused on vajalikud seetõttu, et masinad ei ole universaalsed ja selleks, et need end ära tasuksid peavad tootmismahud olema suured. [3]

Tootepõhise asendiplaani plussid [3]:

- Toote liikumine on sujuv ja loogiline;
- Suurte koguste pooltoodete tekkimine on vähetõenäoline;
- Lihtne automatiseerida;
- Väikesed materjali käsitlemiskulud;
- Pudelikaelade tekkimine on vähetõenäoline;
- Töötajad ei vaja suuri oskuseid.

Tootepõhise asendiplaani miinused [3]:

- Ühe seadme rike võib peatada kogu tootmisliini järgmiste etappide töö;
- Tootedisaini muutus võib nõuda suuri muutusi asendiplaani ülesehituses;
- Kõige aeglasem etapp määrab tootmisaja;

- Võib vajada suuri investeeringuid.

2.2.3. Kombineeritud asendiplaan

Kombineeritud asendiplaan kombineerib mõlema eelmise asendiplaani eelised. Näiteks saab masinate ja seadmete asetusel kasutada protsessipõhist asendiplaani ja järgnevate etappide jaoks tootepõhist asendiplaani. Taolist asendiplaani kasutatavat ettevõtet on väga keeruline automatiseerida ja paindlikustada. [3]

2.2.4. Fikseeritud asendiplaan

Fikseeritud asendiplaan (tuntud ka kui projektipõhine) on kasutusel ettevõtetes, kus toodetavad tooted on väga suured või rasked. See tähendab seda, et toode seisab kogu tootmisaja paigal ja töötajad viivad komponendid ja vajalikud masinad töökohale. [4]

Fikseeritud asendiplaani plussid [4]:

- Suur paindlikkus;
- Sobib suurte konstruktsioonide valmistamiseks;
- Töötajaid ja seadmeid saab liigutada vastavalt vajadusele.

Fikseeritud asendiplaani miinused [4]:

- Vajab kõrge kvalifikatsiooniga töötajaid;
- Võib vajada palju ruumi;
- Vajalik tööde ülevaataja olemasolu;

2.3. Spagetidiagramm

Spagetidiagramm on üks olulisemaid ja levinumaid LEAN tööriistu mis on kasutusel tootmis-, teenindus- ja logistikaettevõtetes. Selle ülesandeks on visuaalselt näidata inimeste, toodete ja varude liikumine ettevõttes, tuvastades seeläbi pudelikaelad ja üleliigsed liikumised. Visualiseerimine annab võimaluse muuta asendiplaani nii, et viia väärtust mittelisavad liigutused võimalikult madalale hoides seeläbi kokku väärtuslikku aega ja läbi selle ka raha. [5]

Spagetidiagrammi koostamiseks on esmalt vaja tuvastada kitsaskohad mis vajaksid parandamist. Lisaks eelnevale on vaja ka ettevõtte asendiplaani, millele kantakse toote/töötaja läbitav maa. [5]

Seejärel saab analüüsida ja teha järeldused liikumise tõhususe kohta. Kui leitakse otsitavad pudelikaelad saab teha asendiplaanis vastavad parandused nende likvideerimiseks. [5]

Võimalikud parandused on [5]:

- Vähendada tootmisüksuste vahelisi vahemaid;
- Tuua vajaminevad materjalid töötajatele lähemale;
- Automatiseerida võimalikult palju vähendades seeläbi töötajate läbitavaid vahemaid;
- Liigutada järjestikku tehtavate tööde masinad/lauad üksteisele lähemale.

2.4. Ettevõttes kasutusel olevad tehnoloogiad ja seadmed

Incap Electronics Estonia OÜ's on kasutusel suurel hulgal erinevaid seadmeid ja vahendeid, mis on elektroonikatööstuses väga olulisel kohal. Näiteks on ettevõttes kolm SMD liini, kaks lainejootmismasinat, erinevaid testereid ja muid väiksemaid seadmeid. Kõige suuremad ja kallimad neist on SMD liinid, mis on ettevõttes renditud. See annab võimaluse hoida oma masinapark varustatud kõige moodsamate ja arenenumate masinatega.

2.4.1. Lainejootmismasin

Lainejootmismasinat kasutatakse elektroonikatööstuses THT (Through Hole Technology) komponentide hulgijootmiseks. See tähendab seda, et trükkplaadid lastakse masinasse ja masin joodab komponendid trükkplaadile kordades kiiremini kui inimene seda teha suudaks. [6]



Pilt 1. Lainejootmismasin [7]

Lainejootmismasina tööpõhimõte seisab selles, et masina sees on joodisepann, mis on täidetud sulatinaga. Joodisepannis olevad pumbad tekitavad lainet meenutava, seisva, joodisejoa. Trükkplaat juhitakse vastavalt operaatori valmistatud programmile üle joodisejoa, mis joodab vajalikud kohad ja komponendid trükkplaadile kinni. Enne plaadi väljumist masinast jahutatakse see külma õhuga. [6]

2.4.2. SMA liin

SMA liin ehk Surface Mounting Assembly liin, on masinate jada mis valmistab trükkplaate kandes tühjale trükkplaadile komponente, mis võivad olla väga erinevas suuruses (alustades millimeetrites, lõpetades sentimeetrites), sulatab laotud komponendid trükkplaadile ja lõpuks kontrollib need ka üle.

Esimene masin selles liinis on pastaprinter, mille tööpõhimõte seisneb selles, et tühjale trükkplaadile kantakse stensiili (šabloon) abil jooteväljadele kindla paksusega joodisepastat millele hiljem hakatakse komponente laduma. [8] Incapis kasutatav pastaprinter on täisautomaatne, ehk operaator peab sisestama vaid õige programmi ja printer teeb ülejäänud töö ise.



Pilt 2. Pastaprinter [9]

Teise masinana liinis on SMD (Surface Mounting Device). SMD masin laob trükkplaatidele vastavalt koostatud programmile kõik vajalikud komponendid. Incapis kasutusel olevad masinad suudavad laduda kuni 90 000 komponenti tunnis ja teevad seda seejuures ülima täpsusega (kuni 0,035mm). [8]



Pilt 3. SMD- masin [11]

Pärast SMD masinat tuleb jootmisahi, kus trükkplaadile paigaldatud komponendid jootuvad trükkplaadile. Ahjus on erinevad tsoonid, mis kuumutavad toodet erinevate kuumustega (õiged kuumused on määratud programmis).



Pilt 4. Jootmisahi [12]

Kuna SMD masin võib teha viga, on pärast ahju AOI (Automated Optical Inspection) mis pildistab valmis trükkplaadi kõik komponendid madala resolutsiooniga üles. Kui masin arvab, et näeb viga pildistab ta kahtlustatava koha kõrgema resolutsiooniga üle ja seejärel saadab pildid operaatori arvutisse, kes võrdleb neid perfektse toote piltidega. [13] Kui tegemist on reaalse veaga, märgistab

operaator selle koha ja plaad saadetakse remonti. See vähendab oluliselt kvaliteediosakonna tööd, kuna ei ei pea kõiki plaate läbi vaatama, vaid piisab pistelisest kontrollist.



Pilt 5. AOI [14]

Incapis on kombeks igat valmistoodet testida. See tõstab toodete töökindlust ja vähendab oluliselt ka hilisemalt tagasisaadetavate toodete kogust ja nende remondile kuluvat aega ja raha.

3. ASENDIPLAANI ÜMBERMUUTMINE

3.1. Vana asendiplaani kirjeldus

Esimese sammuna koostas autor vana asendiplaani kohta detailse ja põhjaliku joonise.

Incap Electronics Estonia tehasehoone koosneb kahest omavahel ühendatud hoonest, millest üks on tehtud juurdeehitusena (seetõttu kutsutakse neid uueks ja vanaks osaks). Incap Electronics Estonia vana tehaseruum on jagatud suures osas neljaks erinevaks sektoriks. Esimeses sektoris on SMA komponentide ladu ja kuue erineva kliendi toodangu käsimontaaži ala. Lisaks eelnevale asub seal ka kvaliteediosakond ja käsimontaaži tiimijuhtide lauad. Teises sektoris on kaks SMA liini ja nendega seonduvate toimingute (ettevalmistus, pooltoodang, röntgen) tegemise ala. Kolmandas sektoris asuvad laine- ja selektiivjootmismasinad pluss nende juurde kuuluvad ettevalmistuslauad. Lisaks neile on seal ka kolme kliendi toodangu käsimontaažilauad. Neljandas sektoris asuvad töötajate lauad, kus toimub pea kogu ülejäänud toodangu käsimontaaž. See hõlmab endas käsijootmist, trükkplaatide lõikamist, testimist ja toodete monteerimist korpusesse. Tehaseruumi uues pooles toodetakse Corvus Energy laevade akusid ja Bolti tõukerataste elemente.

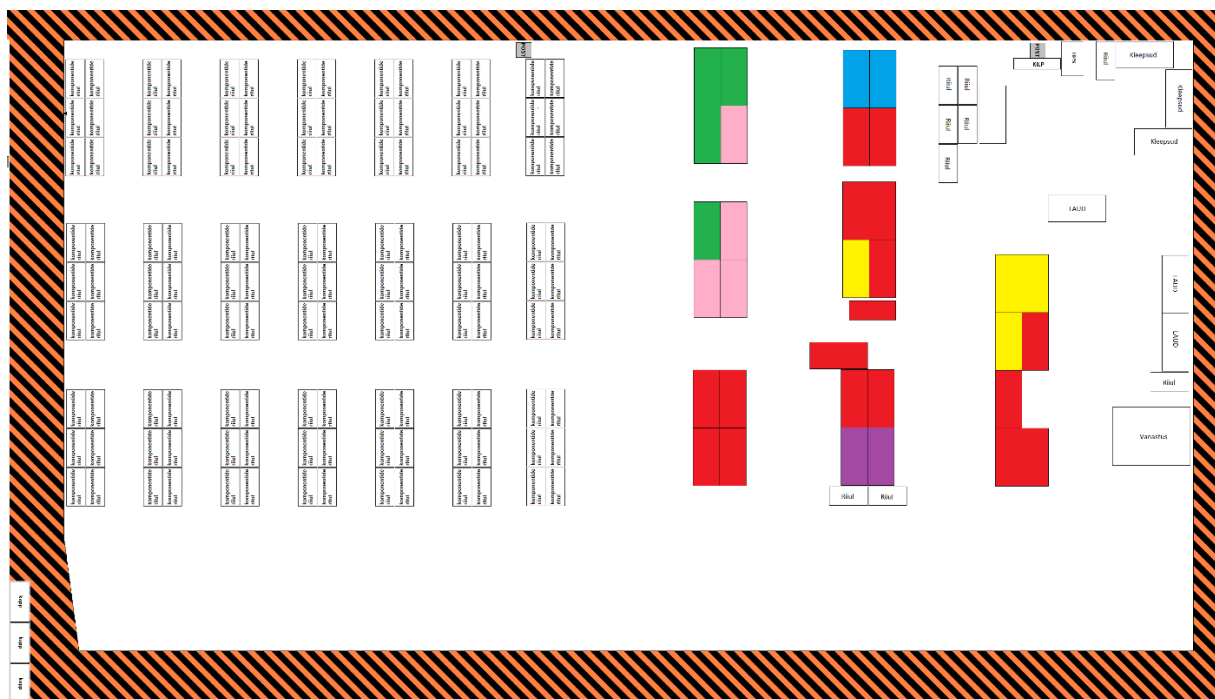
Kuna uus hoonepool on väga hästi organiseeritud tegeles autor põhiliselt vana poole korrastamisega ja võimalusel toodangu tootmise üle toomisega uuest poolest vanasse.

3.1.1. Esimese sektori kirjeldus ja selle kitsaskohad

Esimeses sektoris on vana asendiplaani kohaselt (Joonis 1) kokku kuue erineva kliendi toodangu valmistamise ala (erinevad kliendid on märgistatud erinevate värvidega). Lauaread on paigutatud üksteisest 2,5 meetriste vahedega, mis võimaldab nende vahel kärudega mugava liikumise. Kokku on alale paigutatud 32 töölauda.

Töölaudadest vasakule jääb SMA- komponentide lao-ala. Riiuleid on kokku 126. Iga riiulirivi vahe on üks meeter.

Alal asub ka kvaliteediosakonna ja käsimontaaži tiimijuhtide tööala, mis asub joonise järgi üleval paremal nurgas.

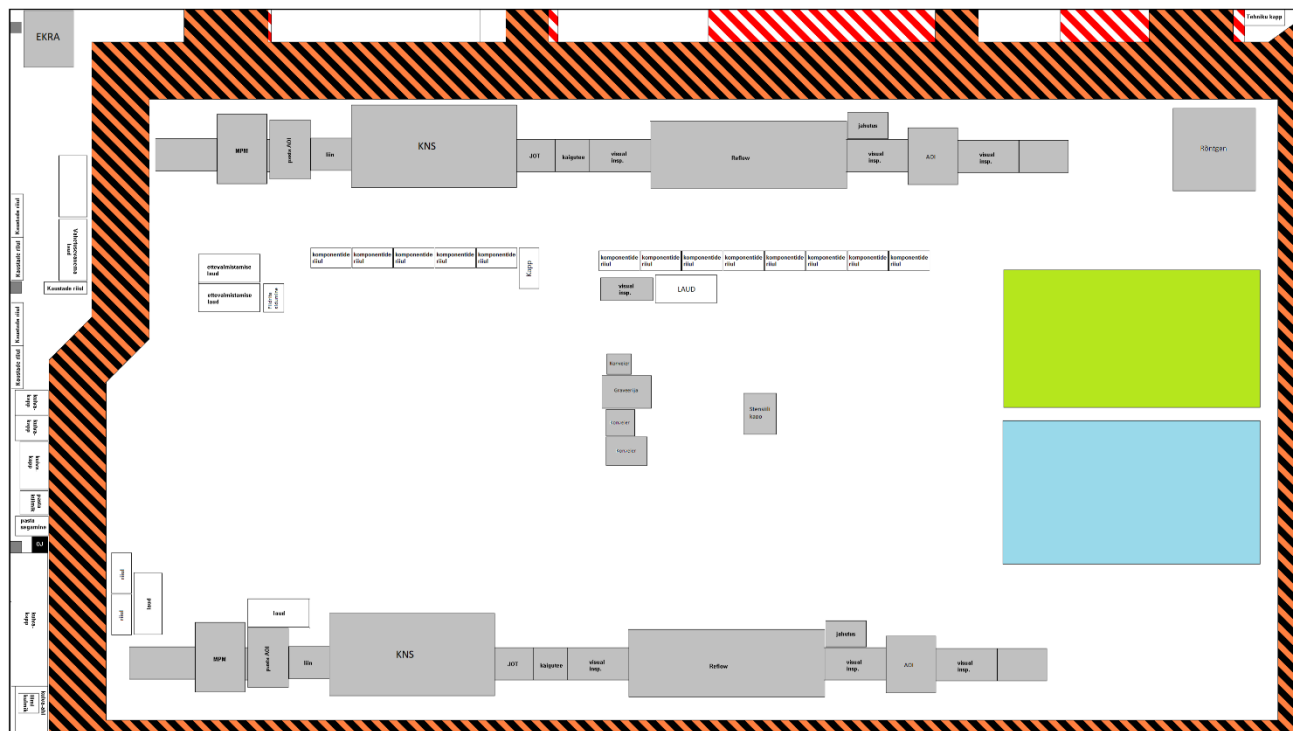


Joonis 1. Esimese sektori vana asendiplaan

3.1.2. SMA-ala vana asendiplaan

SMA-alal asub kaks tootmisliini, mis on märgitud joonisel pikkade hallide kastide jadana (Joonis 2). Mõlemad asuvad üksteisest võimalikult kaugele paigutatult. Tootmisliinide vahel asub ettevalmistusala, kus tehakse vajaminevad ettevalmistavad ülesanded tootmisliinide võimalikult sujuvaks ja efektiivseks tööks. Lisaks asub seal ka graveerimismasin, mis graveerib trükkplaatidele QR koodid, mille järgi saab omavahel eristada erinevaid partiisid. Rohelise ja sinise värviga on märgitud valmistoodangu ladustamisala.

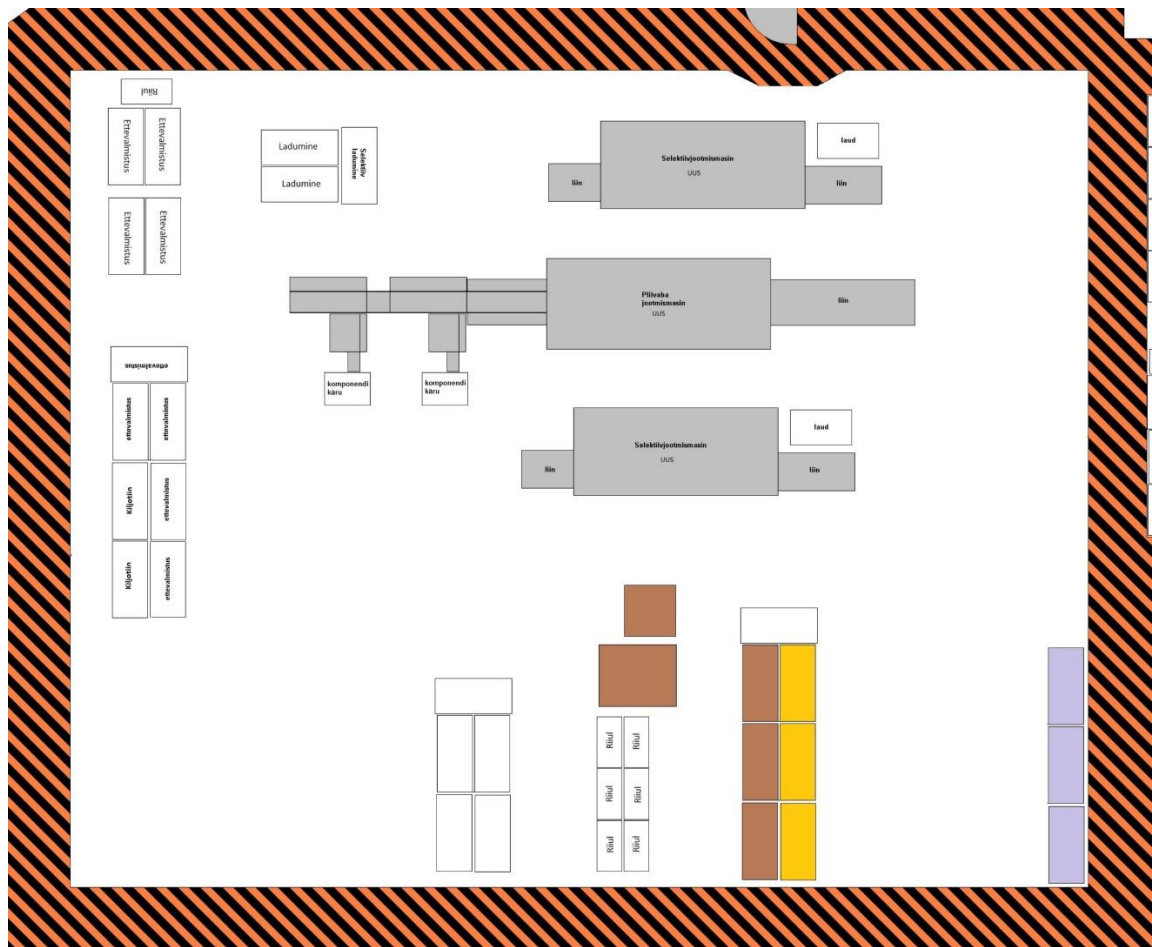
Antud alale tuleb mahutada veel üks SMA- liin, mistõttu tuleb sellel alal läbi viia kõige suuremad muudatused.



Joonis 2. SMA-ala vana asendiplaan

3.1.3. Selektiiv- ja lainejootmismasinate ala vana asendiplaan

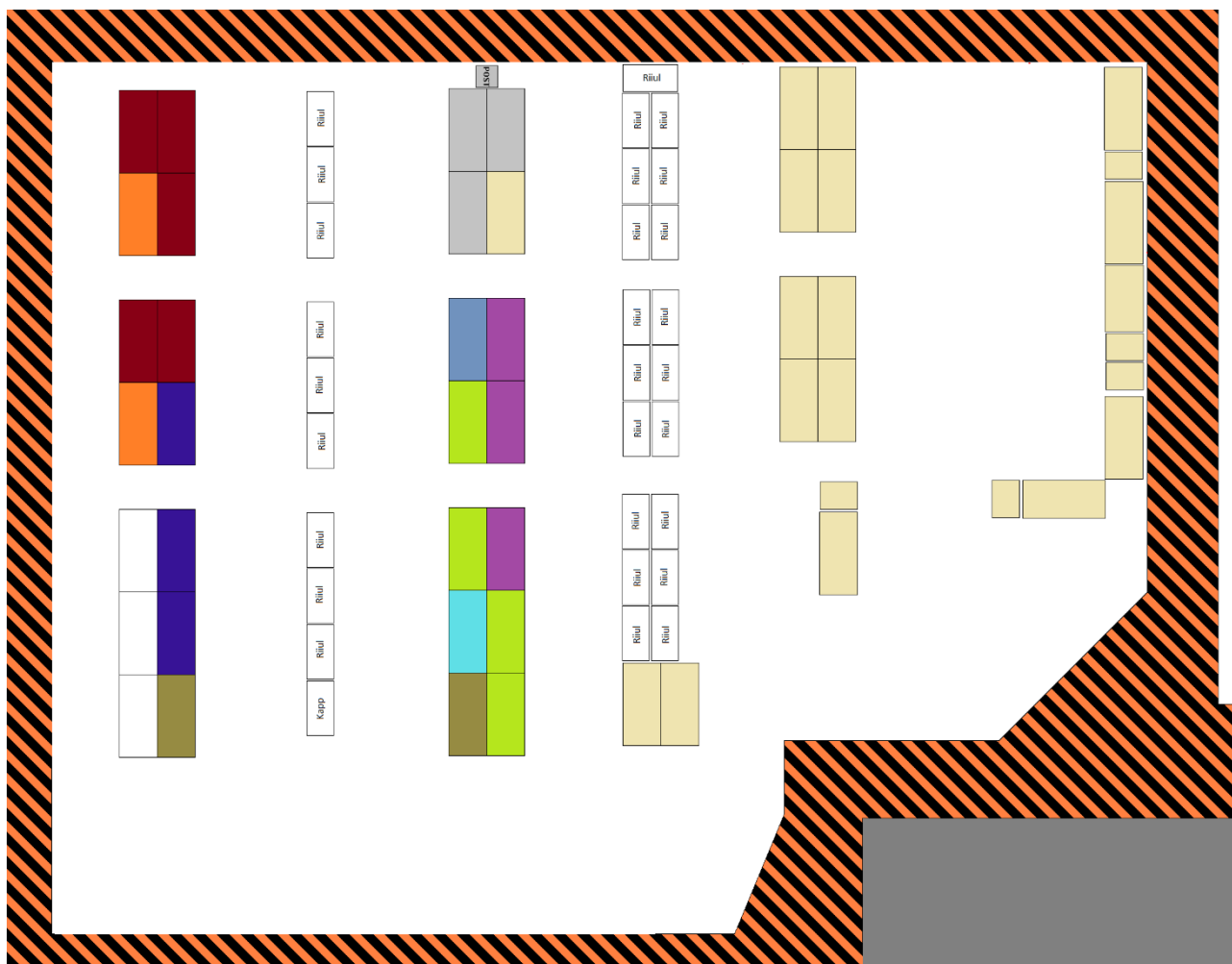
Ettevõttes on kasutusel kaks identset selektiivjootmismasinat ja üks lainejootmismasin. Lisaks masinatele on antud alal ka abitööde lauad (komponentide ettevalmistus, trükkplaatide giljotiin, jootmiseelne käsiladumine). Joonise järgi masinatest allpool on erinevate klientide käsimontaažilauad, mis on märgitud erinevate värvidega. Valgeks jäetud lauad, on kasutusel juhutöödena ja ei oma kindlat ülesannet. (Joonis 3).



Joonis 3. Selektiiv- ja lainejootmisala vana asendiplaan

3.1.4. Neljanda sektori vana asendiplaan

Neljandas sektoris asuvad ainult käsimontaaži laud ja kõik muu, mis selle juurde kuulub. Kokku on antud sektoris 42 lauda ja hulgaliselt erinevaid testereid. Lauaridade vahele on paigutatud riulid vajaminevate abivahendite ja tootekaustade hoidmiseks (kokku 29 riulit). Iga riulirivi ja laua vaheks on 1,8 meetrit, väljaarvatud joonise järgi kõige parempoolsem kül, kus on laudade omavaheliseks vaheks 4,5 meetrit. See vahe on teistest suurem, kuna seal hoiustatakse pooltoodangut, mis on tulnud testimisest või omakorda läheb testimisele. Antud laudade juures asub selle kliendi toodangu ala, mis on ettevõtte suurima tootmismahuga ja seetõttu vajab see väga palju põrandapinda..



Joonis 4. Neljanda sektori vana asendiplaan

3.2. Spagetidiagrammi analüüs

Spagetidiagrammi koostas autor selliste toodete ja tegevuste kohta mida tehakse ettevõttes pea igapäevaselt. Nendeks on SMA- ettevalmistajate ülesannete täitmiseks läbitava teekonna kaardistamine ja kolme suurema kliendi toodangu teekonna vaatlemine. Valikuks osutusid SMA-ettevalmistajad just seetõttu, et nende igapäevatöö hõlmab endas pidevat liikumist kahe tootmishoone vahel.

Spagetidiagrammi analüüsidest selgus, et vaadeldavad tooted liiguvad sageli mööda tehist kaootiliselt (ühe ja sama kliendi toodangu tootmiseks mõeldud lauad on paigutatud erinevate kohtade peale, kohati ka erinevatesse hoonepooltesse), mis lisab toote valmimiseks läbitavat vahemaad hulgaliselt. Lisaks tähendab see ka seda, et töös olevad pooltooted peavad pidevalt kuskil seisma, võides takistada teiste toodete sujuvat liikumist. Seetõttu tuleks leida moodus, kuidas paigutada kõik lauad nii, et need oleksid grupeeritud klientide kaupa, mis annaks võimaluse

vähendada toodete poolt läbitavat teekonda, hoides kokku seeläbi raha, aega ja tootmispinda. Lisaks eelnevale, looks see ka parema ülevaate tiimijuhtidele oma vastutusalade kohta.

Teiseks sai spagetidiagrammi analüüsides aimu, kui pika maa peab SMA- ettevalmistaja liikuma tuues komponente, mis asuvad ettevalmistusala peaaegu 150 meetri kaugusel. Normaalsel tempol liikudes kulub komponentide otsimiseks ja ettevalmistusala toomiseks ligikaudu 6 minutit. See andis märku sellest, et kõik SMA- komponendid võiksid asuda SMA- ala vahetus läheduses. Kuna ettevalmistajad töötavad pidevalt, peavad nad päevas antud vahemaad kõndima ligikaudu 10 korda, mis tähendab seda, et tehase teises laos asuvate komponentide toomiseks kulub päevas ligikaudu 60 minutit. Võttes arvesse keskmise töötleva tööstuse tööjõukulu tunnis 2022. aastal (14,79 eurot) [15], teeb see tööandja aastakuluks ligikaudu 3860,19 eurot.

3.3. Tehasehoone uus asendiplaan ja selle väljatöötamine

Võttes arvesse ettevõtte soove, nõudmisi ja spagetidiagrammi analüüsides välja tulnud kitsaskohti, töötas autor välja uue asendiplaani, elimineerides võimalikult palju pudelikaelu. Lisaks pakkus autor välja ka erinevaid ettepanekuid töökorralduse parendamiseks, põhimõttega tööliste tööd lihtsamaks muuta.

3.3.1. SMA-ala uus asendiplaan

Ettevõtte nõudmised ja soovid uuele SMA-ala asendiplaanile:

- Etteantud ala peab jääma samaks (ruutmeetrid, kuju jms), kuna käiguteede suurus on kindlaksmääratud seaduste järgi;
- Kolmas liin peab olema paigutatud nii, et kõiki vajaminevaid toiminguid saaks teha võimalikult efektiivselt ja ohutult;
- Pooltoodete hoiustamise ala peab olema märgistatud, vältimaks segaduse ja ohtude tekkimist;

Koostöös ettevõtte tehnoloogiajuhiga leidis autor, et kõige targem oleks paigutada kaks olemasolevat liini (edaspidi KNS1 ja KNS2) üksteisele võimalikult lähedale nii, et nende vahel peab olema võimalik teha kõiki toiminguid nii nagu varem. Mõõtmistulemuste käigus selgus, et KNS1 ja KNS2 ladumismasinade (SMD masinate) vahe peab olema vähemalt 2,5 meetrit (mõõdetuna mõlema ladumismasina kõige rohkem väljaulatavatest kohtadest). 2,5 meetrit seetõttu, et kahe masina vahel toimetavad operaatorid peavad mahtuma liikuma abitöödelauaga ja üksteisest

mööduma tekitamata liigseid ohtusid ja takistusi. Lisaks eelnevale annab selline kaugus võimaluse paigutada KNS2 liini ootel olevate tööde kärud KNS1 liini ahju taha, lihtsustades ja kiirendades tootevahetusele kuluvat aega. Kuna kärud on suured ja liikumisteed kitsad kulus ainuüksi kärude vahetamisele ligikaudu 5 minutit. Nüüd, kui kärusid saab ladustada liinile lähemal vähenes kärude vahetusaeg ligi poole võrra.

Kuna KNS2 on KNS1-st 2,3 meetrit lühem otsustas autor, et mõistlik oleks need liigutada üksteisest natuke nihkesse, nii et KNS2 liini ette saaks panna ootel olevate toodete trükkplaadid. See annab võimaluse ladustada töösse minevaid tooteid liini ees, vähendades aega, mis kuluks trükkplaatide toomiseks kuskilt kaugemalt. Lisaks sellele aitab taoline lähenemine säästa ka ruumi, kuna vähendab kasutuna seisvat põrandapinda. Võrreldes vana asendiplaaniga jäi KNS1 liin täpselt samasse kohta.

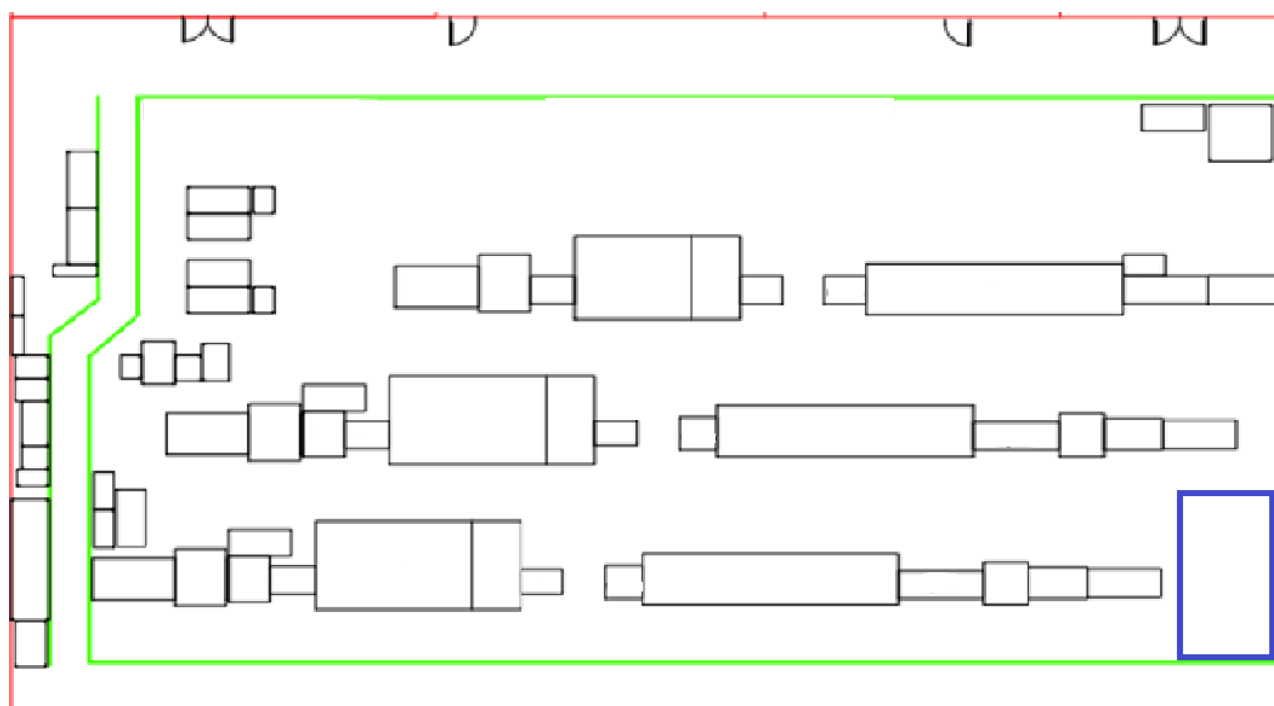
Valmistoodangu ala otsustas autor vähendada 30m²-lt 15m²-le, kuna leidis, et vana ala oli liialt suur ja täidetavus oli jälgitaval perioodil alati alla 50%. Kuna liinidelt tulev pooltoodang läheb enamasti otse järgmistesse tootmisetappidesse ja pooltoodangu ladustamiseks kasutatavad magasiinid saab asetada üksteise peale on 15m² piisav kahe liini toodangu ladustamiseks (prototüüpide ladustamiseks vajadus puudub, kuna toodangu kogused on väga väikesed ja pooltooted liiguvad otse prototüüpide käsimontaaži alale).

Kolmas liin (KNS0) otsustati paigutada KNS2 samuti nihkesse ja 2,5 meetri kaugusele. Kuna uus liin on teistest 9 meetrit lühem, leidis autor, et kõige mõistlikum oleks see paigutada nii, et liini lõpp oleks käiguteele võimalikult lähedal. Selline paigutus võimaldab liigutada ettevalmistuslauad KNS0 ette suurendades põrandapinda, mis on mõeldud ladumismasinade kärude ladustamisalana. Kuna kärusid ja tooteartikleid on palju, peab see ala olema võimalikult suur.

Vanas asendiplaanis oli kärude ladustamise alal ka 13 riiulit (kogupikkusega 13 meetrit), kus hoiustati SMA trükkplaate ja komponente. Autor otsustas antud riiulid liigutada SMA komponentide laovalasse, kuna lisaks põrandapinna vabastamisele loob see ka rohkem süsteemsust ja vähendab võimalikke segadusi komponentide leidmisel (kõik vajaminevad komponendid oleksid ühes alas).

Lisaks selgus spagetidiagrammi analüüsides ka see, et osade toodete tegemisel peavad operaatorid pea iga plaadi pastaprinterist väljumisel kõndima ahju ees oleva kontroll-laua juurest printeri juurde, kuna automaatne pasta kontrollimissüsteem on avastanud vea. Pea 95% kordadest on kuvatavad vead valehäired ja seetõttu kulub operaatoril valehäirete õigeks määramiseks väga pikk

aeg. Kontroll-lauast printerini on 11 meetrit ja enamasti on ühe tellimuse suurus ligikaudu 100 plaati. Seega peab operaator edasi-tagasi jalutama 2200 meetrit tellimuse kohta. Pika päeva lõpuks muutub see kurnavaks, kuna lisaks sellele, peavad operaatorid pidevalt ka komponentide laost uusi komponente tooma ja päeva lõpuks võib läbitud vahemaa ulatuda ligikaudu kümne kilomeetrini. Selleks, et pasta prindikvaliteedi kontrollimist masinaoperaatorite jaoks lihtsustada leidis autor, et mõistlik oleks paigutada kontroll-laua juurde ekraan, mis kuvaks sama pilti, mida näitab printeri kontrollsüsteem. Taolist süsteemi kasutades väheneks oluliselt päeva jooksul läbitav teekond pea ühe viiendiku võrra. Seeläbi väheneks ka plaatide kontrollimiseks kuluv aeg, kuna operaator saab püsivalt olla kontroll-laua juures tehes kahte asja korraga.



Joonis 5. SMA-ala uus asendiplaan

3.3.2. SMA-komponentide lao ja selle juures asuva käsimontaaži ala uus asendiplaan

Võttes arvesse spagetidiagrammi ja vana asendiplaani analüüsi, seadis autor antud ala kohta järgmised eesmärgid:

- Lauarivide omavahelist kaugust tuleks vähendada, mis teeks võimalikuks lisada alale uusi töökohti (hetkel on lauad paigutatud nii, et nende vahel oleks hulgaliselt ruumi ladustada punase kliendi pooltoodangut);

- SMA- ladu tuleks suurendada nii palju, et sinna oleks võimalik koondada ka kõik need komponendid, mis asuvad vana asendiplaani kohaselt uues tehasehoones;
- Kuna vanastuskappi ei kasutata, tuleks see alalt eemaldada (hetkel hõivab see koos masina teenindusalaga ligi 5m²);
- Kuna tootmismahud on pidevas kasvutrendis, oleks kvaliteediosakonnal laudu juurde vaja (see tagaks sujuvama kontrollsüsteemi).

Kuna tootmisala põrandapind on kaetud ESD materjaliga, peab uut asendiplaani koostades jälgima seda, et kõik mahuks antud alale nii, et miski ei ulatuks sealt üle (see seaks ohtu komponentide töökindluse ja võib need koguni lõhkuda). Seetõttu pidi laopinda suurendades järgima antud reeglit, et kõik peab mahtuma olemasolevale põrandapinnale mis on märgitud uuel joonisel rohelistes joontega. Vaadeldes vana asendiplaani leidis autor, et iga riiulirivi saab pikendada ühe riiuli võrra, mis looks juba võimaluse suurendada riiulite arvu 126-lt riiulilt 140-ne riiulini (riiulite juures hoiustatakse kaubaalustel ka suuremaid komponente, mis riiulitesse ei mahu, seetõttu pidi ka neile ruumi jätma). Võttes arvesse, et igal riiulil on keskmiselt viis astet ja igal astmel on ligikaudu viie erineva komponendi ladustamisala tähendab see seda, et ühel riiulil ladustatakse ligikaudu 25 sorti erinevaid komponente. Lisades 14 uut riiulit loob see võimaluse uutele riiulitele ladustada umbes 350 erinevat komponenti. Kuna ettevõtte uuemas osas hoiustati SMA- komponente kaheksal riiulil, saab kogu seal oleva lao-osa tuua üle SMA- lattu jättes ruumi ka veel uutele komponentidele. Kuna SMA- alal hoiustati samuti komponente kokku 13-l riiulil, leidis autor, et ka need oleks mõistlik teisaldada kõnealusesse lattu. 12 riiulit paigutati neist ühe rivina olemasolevate riiulite ette ja üks riiul otsustati kasutada SMA- alal kaustade ja muu vajaliku hoiustamiseks. Kokku oleks uue paigutuse kohaselt laotalal 152 riiulit, kuhu saaks paigutada ligikaudu 3800 erinevat komponenti.

Vana asendiplaani uurides leidis autor, et olemasoleval paigutusel on laudad paigutatud üksteisest väga suurte vahedega. Iga lauarivi vahe oli 2,5 meetrit, kuna vana plaani koostades arvati, et selline vahemaa annab võimaluse ladustada pooltoodangut lauarivide vahel. Koostöös antud alal töötavate töölistega leiti, et minimaalne laudade vahemaa antud alal võib olla ligikaudu kaks meetrit (seda just seetõttu, et see võimaldaks kärudega mugavalt liikumise ja samal ajal ka laua taga töö tegemise).

Varasemalt oli laorüüulite ja nende juures olevate laudade vaheks 3,3 meetrit. Uute rüüulite paigutamine vanade ette, jätis uueks vahemaaks rüüulite ja lauarivi vahele 2,3 meetrit, mis on piisav selleks, et laua taga tööd teha ja samal ajal ka rüüulist komponente otsida või neid sinna paigutada. Ülejäänud laudad otsustas autor paigutada üksteisest täpselt kahe meetri kaugusele. Võttes arvesse, et

antud alal asuv vanastuskapp liigutati tootmisalast väljapoole, andis selline paigutus võimaluse lisada 14 uut töökohta (Joonis 6, valged lauad), mida oleks võimalik kasutada tulevaste klientide tööaladena või vanade klientide tootmiskahtude suurenemisel lisalaudadena. Uued lauad otsustati paigutada olemasolevatega võrreldes risti, kuna see kasutab olemasoleva põrandapinda võimalikult efektiivselt ja maksimeerib uute laudade koguse.

Kui varasemalt hoiustati pooltoodangut lauarivide vahel, siis uue paigutuse kohaselt see enam võimalik ei ole. Seetõttu otsustati kasutada ära joonise järgi laudadest allpool asuv ligikaudu 30 m² suurune ala, kuhu saab lihtsasti ladustada kogu pooltoodangu.

Kuna kvaliteediosakonna laudade vana paigutus võimaldas sinna laudu juurde panna väga kergesti, otsustas autor, et jätab selle asetuse samaks ja lisab sinna lihtsalt kaks lauda juurde. Uusi laudu saab kasutada vajamineva tehnika (mikroskoobid, luubid, arvutid) hoiustamiseks.

Vana asendiplaani kohaselt ei olnud lauad paigutatud vastavalt klientidele, mistõttu leidis autor, et toodete läbitavate teekondade vähendamiseks ja süsteemsuse loomiseks tuleks lauad paigutada nii, et ühe kliendi toodang valmiks ühes kohas. Seetõttu koondas autor lauad vastavalt klientidele ja selle tulemusena valmis süsteemne asendiplaan, mis lihtsustab tootmisprotsesse ja annab parema ülevaate vastutavate töötajate vastutusala kohta.

Tabel 1. Võrdlus uue ja vana asendiplaani vahel.

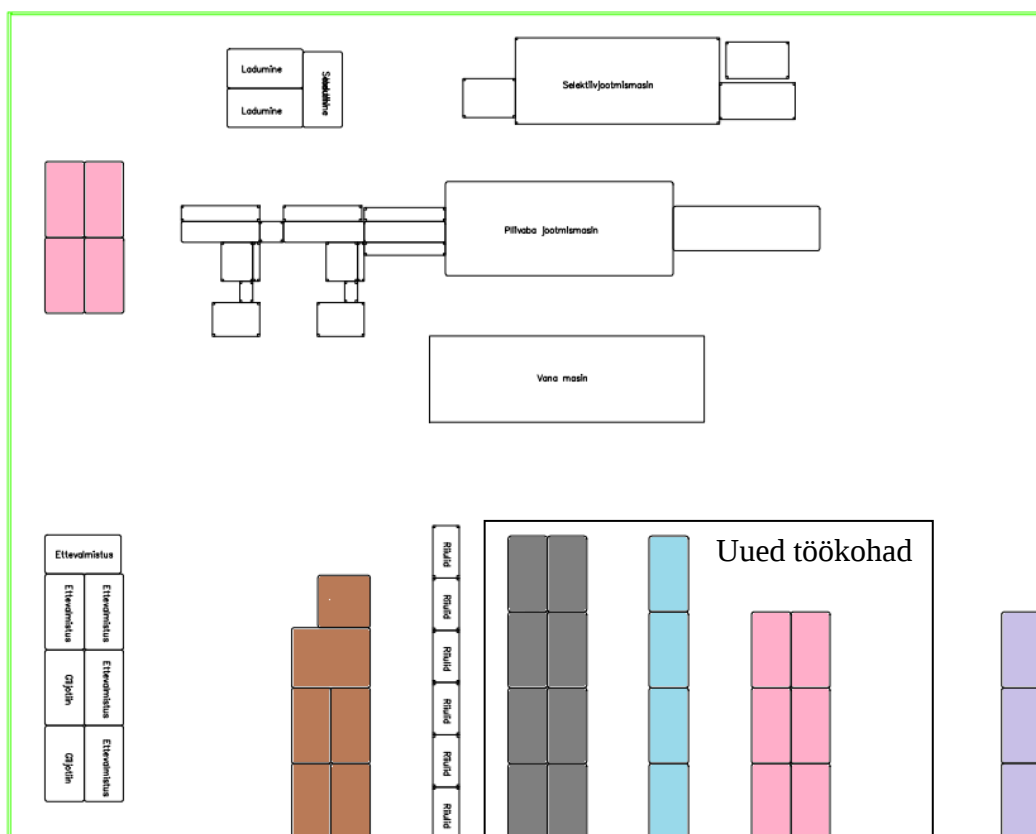
	Vana asendiplaan	Uus asendiplaan
Võimalike töökohtade arv:	32	46
Riiulite arv:	126	152

ja normaalset istumisasendit leidis autor koostöös ettevõtte tootmisspetsialistidega, et laudade ja riiulite vahe võiks olla senise 1,8 meetri asemel 1,6 meetrit. Selline paigutusviis võimaldaks tuua antud alale senise 15 töökoha asemel 25 töökohta.

Juurde tekkinud 10 töölauda otsustati kasutada seni ettevõtte uues pooles toodetavate toodete käsimontaažiks. Kuna tehasehoone uues pooles toodetav toodang on üldjuhul suurem kui mujal, leiti, et mõistlik oleks kõnealuses alas teha kõik muu peale korpustesse monteerimise (väljaarvatud Bolti toodang, sest nende tooted on üldiselt inimese käelaba suurused, mistõttu ei teki nende transportimisega probleeme). Seda just seetõttu, et üldjuhul annab elektroonikatööstuses toodetele suuruse ja massi toote korpus. Kui tuua ka korpustesse monteerimine antud alasse, tekitaks see uue probleemi valmistoodangu väljasaatmisalasse transportimise näol. Raskeimad tooted on ligi 50kg mistõttu ei oleks mõistlik nende transportimiseks vajaminevat vahemaad suurendada. Kuna ühe laua suurus on 0,7m × 1,5m, vabastas nende 10 laua toomine uuest osast kõnealusesse alasse 10,5 m². See annab võimaluse tootmishoone mahtude suurenemisel kasutada vabanenud põrandapinda uue poole tootmispinna suurendamiseks.

Lisaks otsustati ära kasutada ka laine- ja selektiivjootmismasinade ees olev ala Bolti trükkplaatide testimiseks. Kuna varem testiti neid tehasehoone teises pooles tähendas see seda, et trükkplaadid liikusid SMA- alalt ettevõtte uuemasse poolde läbides selleks 40 meetrise vahemaa. Pärast testimist liikusid need tagasi laine- ja selektiivjootmismasinade alasse (lisandus ligikaudu 20 meetrit), kus tehti nendega järgmised vajaminevad toimingud. Hiljem liikusid tooted tagasi uude poolde, kus toimusid järgmised tootmiseks vajaminevad etapid. See tähendab seda, et toode liikus vahepeal edasi-tagasi 80 meetrit selleks, et jõuda uue tootmisetapini. Kuna nüüd toodetakse kogu Bolti toodang ühes alas vähendab see toote liikumisteede ligikaudu 80 meetri võrra. Selline paigutusviis aitab säästa väärtuslikku aega ja lihtsustab tootmisetappide ülesehitust märkimisväärselt.

Varasemalt oli antud alal ka kolm lauda, mis kuulusid ühe kliendi toodangu jaoks (Joonis 3, kollased lauad). Need lauad otsustati teisaldada neljandasse sektorisse, kus oli hulgaliselt vaba ruumi. Selline lähenemisviis tekitas võimaluse antud ala võimalikult efektiivselt kasutada ja suurendada võimalike töökohtade arvu.



Joonis 7. Selektiiv- ja lainejootmismasinate ala uus asendiplaan

3.3.4. Neljanda sektori uus asendiplaan

Antud ala analüüsidest selgunud kitsaskohad:

- Laudade ja riiulite omavaheline kaugus on liialt suur, mistõttu ei ole vana asendiplaani kohaselt alal nii palju töökohti kui sinna tegelikkuses mahuks;
- Joonise järgi kõige parempoolsem külg, kus hoiustatakse pooltoodangut on liialt suur (hakkama saaks palju väiksema alaga);
- Lauad võiks paigutada vastavalt klientidele nii, et mida suurem on antud kliendi toodang, seda lähemal asub selle kliendi tootmisala väljasaatmisalale.

Võttes arvesse antud ala vana asendiplaani kitsaskohad alustas autor sellest, et leidis kõige optimaalsema lauaridade vahelise kauguse. Varasemalt oli selleks 1,8 meetrit, mis vähendati 1,6 meetrini. Kuna antud alas toimub liikumist palju katsetati selline vahemaa ka praktiliselt läbi ja selgus, et see on laudade vahel liikumiseks enam kui piisav. Joonise järgi oli varasemalt antud ala parempoolse külje laudade vahemaaks 4,5 meetrit, mis andis võimaluse seal hoiustada

pooltoodangut. Kuna selektiiv- ja lainejootmismasinate taga oli hulgaliselt vaba ruumi (Joonis 7), otsustas autor, et tooted mis vajavad testimist jäävad antud masinate taha ootele, mitte ei liigu otse järgmisesse alasse. See annab võimaluse kasutada ära tühjana seisva ruumi ja samas tõsta ka laudu kokku poole. Seeläbi vähendati kõnealuste laudade omavahelist vahemaad kahe meetri võrra, ehk 4,5-lt meetrilt 2,5 meetrini.

Teisalt selgus vaatlustulemusel, et antud alale koondatud 29 riiulit on liiga palju, kuna enamus riiuleid seisid vaatlusperioodil tühjana. Autor otsustas, et riiulite arvu tuleks vähendada 29-lt riiulilt 24-le riiulile. See andis samuti võimaluse suurendada töökohtade arvu antud alas.

Kõike eelnevat arvesse võttes tekkis võimalus antud alal asuvate töökohtade arvu suurendada 14 võrra, mida saaks hilisemalt kasutada uute klientide toodangu valmistamise laudadena, või tootmismahdade suurenemisel vanade klientide tööaladena.

Kuna vana asendiplaani kohaselt olid kliendid paigutatud laudadele kaootiliselt, otsustati üle vaadata ka nende asetus. Kuna antud alal toimub enamus tööst, leiti, et mõistlik oleks need paigutada nii, et mida suurem on kliendi toodang, seda rohkem tootmishoone paremas servas (laole lähemal) talle mõeldud lauad asuvad. Seeläbi on võimalik vähendada vajadust vedada suuri tootepartiisid pikki vahemaid.

4. MUUD VÄLJA PAKUTUD LAHENDUSED JA PARENDUSED

Seoses käesoleva tööga, pakkus autor ettevõttes töö lihtsustamiseks ja parendamiseks välja ka teisi lahendusi, millest osad on ka juba läbi viidud.

Seoses riiulite arvu vähendamisega erinevates sektorites tekkis probleem, seoses vajalikkude tootekaustade ladustamisega. Tootekaustad on olulised, kuna neis on kirjas kogu vajalik informatsioon toodete valmistamiseks, seetõttu ei saa ettevõtte ilma nendeta toimida. Üheks lahenduseks antud probleemile leiti, et võimalik oleks kasutada digitaalseid tootekaustasid, mis vähendaksid vajatavat riiulite kogust ja koondaksid kogu vajamineva informatsiooni digitaalsesse võrku. Kuna ainuke osakond, kus ümbermuutmised olid kirjutamishetkeks läbiviidud, oli SMA-osakond otsustati taolist viisi selles osakonnas esimesena katsetada. Kasutusele võeti Microsoft Windowsi operatsioonisüsteemil põhinevad tahvelarvutid, mis on ühenduses kogu ettevõtte digitaalse teabega. Läbi nende saavad operaatorid kogu vajamineva informatsiooni alustades vajalikest masinaprogrammidest, lõpetades joonistega trükkplaatidest. Taoline lähenemisviis võimaldab kaotada kõik tootekaustad ja ladustada tahvelarvutid ühele riiulile, mis võimaldab vähendada ettevõtte poolset paberikasutust ja viia riiulite vajaduse minimaalseks.

Teiseks leidis autor, et seoses tootmismahtude pideva kasvamisega ja ruumipuuduse lahendamiseks, oleks mõistlik ettevõtte uues pooles kasutusele võtta korruslao süsteem, mis võimaldaks ladustada komponente kahel erineval tasapinnal, mis tõstaks käsimontaaži lao mahutavust pea poole võrra. Kuna tootmishoone uuemas pooles on laod kõrgemad, kui vanemas, leiti et selline lahendus oleks lihtsaim ja parim võtta kasutusele just sealses laos. Uurimise tulemusel selgus, et vajaminevad ettevalmistused on juba hoonet projekteerides tehtud ja seega, kaalutakse antud lahenduse kasutuselevõtmist tõsiselt.

5. TULEMUSED

Autor pakkus ettevõttele Incap Electronics Estonia OÜ välja uue ja parendatud asendiplaani. Uus asendiplaan täidab kõik eesmärgid ja lisaks lahendab analüüsi käigus selgunud probleeme. Tehasehoonesse mahutati uus prototüüpidele pühendatud SMA- liin, mis tõstab ettevõtte tootlikkust suurel määral. Antud liin on nüüdseks töötanud juba ligikaudu kuus kuud.

Lisaks lahendati ka töölaudade puudus, kuna uue asendiplaani kohaselt on ettevõtte vanas pooles senise 89 töölauda asemel 127, ehk laudade kogus ettevõtte kasvas ligikaudu 30%. Uued töökohad saab kasutada ära vanade klientide tootmismahutuste suurenemisel lisalaudadena või uute klientide tulekul nende toodete tootmise aladena.

Töö tulemusena koondati ka kogu SMA- komponentide ladu vanasse tehasepoolde. Vana asendiplaani kohaselt olid SMA- komponendid paigutatud mööda tehasehoonet laiali, mistõttu pidid SMA- ettevalmistajad komponentide ettevalmistusalasse toomiseks liikuma päevas ligikaudu kolm kilomeetrit. Tänu kõikide komponentide üleviimisele SMA-lattu vähenes antud teekond ligikaudu 80%. Uue asendiplaani kohaselt on uues SMA- laos 26 riiulit rohkem kui vanas asendiplaanis. Teisaldades riiulid uuest poolest vanasse, tekkis võimalus suurendada ka tehasehoone uues pooles asuvat käsimontaaži komponentide ladu, mis on tänu suurenevatele tootmismahutustele äärmiselt vajalik.

Autor pakkus välja ka uusi parendusettepanekuid millest osad on juba katsetamisel. Näiteks pakkus autor välja kasutusele võtta korruslao süsteemi, mis pea kahekordistaks laopinda. Lisaks tõi autor välja ka selle, et tootekaustade asemel võiksid ettevõttes kasutusel olla elektroonilised kaustad, mis vähendaksid kaustade hoiustamiseks vajaminevate riiulite arvu ja lisaks hoiaksid kokku ka hulgaliselt paberit. Antud lähenemine on katsetamisel SMA- alas.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli pakkuda välja ettevõttele uus asendiplaan, mis mahutaks tehasesse paigutada uue SMA- liini ja vähendaks ruumiraiskamist.

Autor koostas tehasehoone vana asendiplaani, mille põhjal sai teha vajaminevad analüüsid ja leida vana asendiplaani kitsaskohad. Kõige enim viis autor muudatusi läbi SMA- alas kuhu oli vaja paigutada uus SMA- liin. Ülejäänud alad püüdis autor jätta ettevõtte soovil võimalikult sarnaseks vanadega, vähendades laudade ja riiulite vahemaid ja muutes klientide paigutust laudadel.

Uue asendiplaani kohaselt suurenes võimalike töökohtade arv tehases ligikaudu 30%, ehk 89 töölauda asemel on nüüdsest 127. Lisaks vähenes SMA- ettevalmistajate poolt läbitav teepikkus päevas ligikaudu 80%, ehk kolmelt kilomeetrilt 400 meetrini. Seeläbi hoiab tööandja kokku umbes 3088 eurot aastas. Tänu ümberpaigutustele koondati osade toodete käsimontaaž ainult tootmishoone vanemasse poolde, mis aitab vähendada toodete liikumist kahe hoonepoole vahel, hoides kokku aega ja seeläbi ka raha.

Lisaks grupeeris autor klientide toodanguks mõeldud lauad nii, et kõikide klientide toodang valmib nüüdsest ühes kohas. Varasemalt olid töökohad paigutatud laiali ilma tagamõteteta. Tänu sellele, hoitakse kokku ruumi, mis varasemalt oleks olnud hõivatud tänu pooltoodete seismisele teiste klientide laudade juures, takistades mugavat töötegemist ja sujuvat liikumist töölaudade vahel. Lisaks pidas autor silmas ka seda, et suuremate toodangukogustega kliendid asuksid väljasaatmisalale kõige lähemal, mis aitab likvideerita vajaduse transportida suuri tootepartiisid pikki vahemaid.

Kuna uus asendiplaan on osaliselt juba realiseeritud ja kasutuses (SMA- ala ja SMA- ladu ja selle juures olev käsimontaaži ala), hindaks autor antud lõputöö edukaks. Ettevalmistused muudatuste läbiviimiseks teistes alades on hetkel läbiviimisel.

SUMMARY

The graduation thesis "Improvement of Production Plant Layout" is based on the example of Incap Electronics Estonia OÜ, which is located in Saaremaa, Kuressaare. The primary reasons for the need to redesign the current layout arise from an increase in production volumes and the need for more working areas.

The aim of this thesis is to offer the company a new layout that can accommodate a new SMA-line and use the company's floor space as efficiently as possible. The new layout should give the company the opportunity to install the new SMA-line and increase the working area as much as possible.

The thesis is divided into five different sections. In the first paragraph, the author gives the reader information about Incap Electronics Estonia OÜ. The second paragraph focuses on different types of layouts and technologies used in Incap. The third paragraph consists of analyzing the old layout and describing the changes made in order to make a new layout. In the fourth paragraph, the author gives information about possible changes in the company that would make the work easier and more efficient. The fifth chapter analyzes the results of the new layout and compares them to the old one.

After making changes, Incap has now three SMA- lines instead of two. New SMA- line has already been in use for six months. According to the new layout plan, the number of possible workplaces in the factory increased by approximately 30%, from 89 workstations to 127. In addition, the distance traveled by SMA preparers per day was reduced by approximately 80%, from three kilometers to 400 meters, saving the employer about 3088 euros per year. Thanks to the rearrangement, some products are now assembled only in the older part of the production building, which helps to reduce the movement of products between the two parts of the building, saving time and money.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Incap Corporation, „Incap Estonia,“ Incap Electronics, [Võrgumaterjal]. Available: <https://incapcorp.com/estonia/>. [Kasutatud 8. märts, 2023].
- [2] e-krediidiinfo, „Incap Electronics Estonia OÜ,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.e-krediidiinfo.ee/10637036-INCAP%20ELECTRONICS%20ESTONIA%20OÜ>. [Kasutatud 8. märts, 2023].
- [3] S. A. Kumar ja N. Suresh, Production and Operations Management, New Delhi: New Age International Publishers, 2006.
- [4] Tootmissüsteemid, „Layout,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://tootmissysteemid.ee/layout/>. [Kasutatud 9. märts, 2023].
- [5] T. Hessing, „Spaghetti Diagram,“ Six Sigma Study Guide, [Võrgumaterjal]. Available: <https://sixsigmastudyguide.com/spaghetti-diagram/>. [Kasutatud 27. veebruar, 2023].
- [6] Millennium Circuits Limited, „Wave soldering vs. reflow soldering,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mclpcb.com/blog/wave-soldering-vs-reflow-soldering/#connection>. [Kasutatud 11. märts, 2023].
- [7] HB Technology, „Wave soldering machine HWS-450/HWS-350 NEW,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.smt-hb.com/product-wave-i_11313.htm. [Kasutatud 23. aprill, 2023].
- [8] Frost & Sullivan, „Surface Mount Technology (SMT) Screen Printers Disrupting the SMT Dispensers Market,“ 25. veebruar, 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.frost.com/frost-perspectives/surface-mount-technology-smt-screen-printers-disrupting-smt-dispensers-market/>. [Kasutatud 25. veebruar, 2023].
- [9] SMTnet, [Võrgumaterjal]. Available: https://smtnet.com/company/index.cfm?fuseaction=view_company&company_id=54774&component=catalog&catalog_id=27796. [Kasutatud 24. aprill, 2023].
- [10] Kulicke & Soffa, „iX 502/iX 302,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kns.com/Products/Equipment/Electronics-Assembly/iX-502-iX-302>. [Kasutatud 18. märts, 2023].
- [11] ICCO, „iX502/302, iX 302,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.icco.ro/en/emt/products/kulicke-soffa/ix-502-302-ix-302>. [Kasutatud 21.

aprill, 2023.].

- [12] AMS, „HTS1002 10 Zone Lead Free Reflow Oven,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ams-electronics.co.uk/shop/capital-equipment/soldering/reflow-soldering/10-zone-lead-free-reflow-oven/>. [Kasutatud 25. aprill, 2023.].
- [13] Millennium Circuits Limited, „What is Automated Optical Inspection?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mclpcb.com/blog/automated-optical-inspection/>. [Kasutatud 17. märts, 2023].
- [14] MEK, „MEK Inline AOI,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://marantz-electronics.com/inline-aoi-systems/>. [Kasutatud 28. aprill, 2023.].
- [15] Statistikaamet, [Võrgumaterjal]. Available: https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__palk-ja-toojeukulu__palk__aastastatistika/PA001/table/tableViewLayout2. [Kasutatud 20. märts, 2023.].