

**ABB AS DRIVES TEHASE SISESTE PUHVRITE  
OPTIMEERIMINE**

**THE OPTIMIZATION OF ABB JSC DRIVES FACTORY  
INTERNAL BUFFERS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Raili Kaasik

Üliõpilaskood: 191960EALM

Juhendaja: Jelizaveta Janno, PhD

Tallinn 2021

*(Tiitellehe pöördel)*

## **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.

*/kuupäev digiallkirjas/*

Autor: Raili Kaasik

*/allkirjastatud digitaalselt/*

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

*/kuupäev digiallkirjas/*

Juhendaja: Jelizaveta Janno

*/allkirjastatud digitaalselt/*

Kaitsmisele lubatud

*/kuupäev digiallkirjas/*

Kaitsmiskomisjoni esimees: Jelizaveta Janno

*/allkirjastatud digitaalselt/*

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Raili Kaasik, 191960EALM  
**Õppekava, peeriala:** EALM02/18- Logistika (tarneaahela juhtimine)  
**Juhendaja(d):** Jelizaveta Janno, PhD

### Lõputöö teema:

ABB AS Drives tehase siseste puhvrite optimeerimine  
The Optimization of ABB JSC Drives Factory Internal Buffers

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Optimeerida tootmisliinide tootmispinda
2. Luua süsteem kärude ringluse jälgimiseks
3. Suurendada protsesside läbipaistvust
4. Kasutusele võtta *Kanban* süsteem *Set-Pick* kärude kõrvale.

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Hetkeolukorra kaardistamine- Määratlemine	September 2019
2.	Probleemi sõnastamine ja visualiseerimine- Määratlemine	
3.	Andmete kogumine- Mõõtmine	Oktoober 2019
4.	Andmete korrastamine- Mõõtmine	
5.	Andmete analüüs- Analüüsimine	November 2019
6.	Protsesside kaardistamine- Analüüsimine	
7.	Juurpõhjuste väljaselgitamine- Analüüsimine	
8.	Parendustegevuste kaardistamine- Parendamine	Jaanuar 2020
9.	Tegevuslisti koostamine- Parendamine	
10.	Uue jälgimissüsteemi loomine- Parendamine	

11.	Uute andmete kogumine- Ohjamine	August 2020
12.	Uute andmete analüüsimine ja võrdlemine eelmistega- Ohjamine	
13.	Järelduste tegemine- Ohjamine	
14.	Jätkutegevuste kaardistamine- Ohjamine	
15.	Erialase kirjanduse kogumine ja analüüsimine	19.03.2021
16.	Teoreetilise osa kirjutamine	1.04.2021
17.	Metoodika kirjeldamine	19.02.2021
18.	Empiirilise osa kirjutamine	19.02.2021
19.	Järelduste kirjutamine	16.04.2021
20.	Töö lõplik vormistamine	06.05.2021

**Töö keel:** eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "26."mai 2021.a

**Üliõpilane:** Raili Kaasik ..... /kuupäev digiallkirjas/  
/allkirjastatud digitaalselt/

**Juhendaja:** Jelizaveta Janno ..... /kuupäev digiallkirjas/  
/allkirjastatud digitaalselt/

**Programmijuht:** Jelizaveta Janno ..... /kuupäev digiallkirjas/  
/allkirjastatud digitaalselt/

Käesoleva magistritöö pealkirjaga „ABB AS DRIVES TEHASE SISESTE PUHVRITE OPTIMEERIMINE“ on taotletud kinniseks nii kaitsmisel kui ka töö avaldamisel perioodil 5.05.2021- 5.05.2026.

# SISUKORD

SISUKORD.....	6
EESSÕNA .....	8
MÕISTETE SELETUS.....	9
SISSEJUHATUS .....	10
1. PROTSSESSIDE JUHTIMINE JA OPTIMEERIMINE .....	12
1.1. Operatsioonide juhtimine .....	12
1.2. <i>Lean</i> kontseptsioon ja raiskamine.....	15
1.3. <i>Six Sigma</i> kontseptsioon .....	20
1.4. <i>DMAIC</i> mudel.....	22
1.4.1. Määratlemine ( <i>Define</i> ) .....	24
1.4.2. Mõõtmine ( <i>Measure</i> ).....	26
1.4.3. Analüüsimine ( <i>Analyze</i> ).....	28
1.4.4. Parendamine ( <i>Improve</i> ) .....	29
1.4.5. Ohjamine ( <i>Control</i> ) .....	31
1.5. Varasemad uurimused .....	31
2. LÄHTEÜLESANDE PÜSTITUS.....	34
2.1. ABB AS <i>Drives</i> tehas.....	34
2.2. Tootmispinna planeerimine .....	35
2.3. Lähteprobleemi defineerimine .....	39
3. METOODIKA .....	42
3.1. Uurimustöö strateegia kujundamine .....	42
3.2. Andmete kogumine ja analüüs .....	44
3.3. Projekti meeskonna töö juhtimine .....	48
4. <i>SET-PICK</i> KOMPLEKTEERIMISKÄRUDE PUHVRI OPTIMEERIMINE .....	49
4.1. Määratlemine ( <i>Define</i> ) .....	49
4.2. Mõõtmine ( <i>Measure</i> ).....	51
4.3. Analüüsimine ( <i>Analyze</i> ).....	62
4.4. Parendamine ( <i>Improve</i> ) .....	72
4.5. Ohjamine ( <i>Control</i> ).....	77
4.6. Järeldused ja ettepanekud.....	79
KOKKUVÕTE .....	83
SUMMARY.....	85
KASUTATUD KIRJANDUS .....	87
LISAD .....	90
Lisa 2.1 ABB AS <i>Drives</i> tehase liinid.....	90
Lisa 4.1 ICD protsessi kaardistus.....	91

Lisa 4.2 Juurprobleemid .....	92
Lisa 4.3 Väljatöötatud lahendused .....	95
Lisa 4.4 WIND uus protsessikaart .....	100

## EESSÕNA

Käesolev lõputöö on koostatud ettevõtte ABB AS *Drives* tehases. Üha suurenevate toomismahtude tõttu vajab ettevõtte laiemat tootmispinda, mis tuli leida läbi efektiivsema ruumikasutuse. Töö autor osales projektis projektijuhina ning sai abi tiimilt, kes igapäevaselt antud toomisprotsessis tegutsevad. Projektis olid abiks planeerijad, liinijuht, töödejuhatajad, insenerid, logistikajuht, operatsioonide juht, kvaliteedijuht ning IT osakond. Projektijuhina soovib töö autor tänada kõiki, kes projektis kaasa löid ning eriliselt tänada operatsioonide- ja kvaliteedijuhti igakülgse abi ja juhendamise eest *Lean Six Sigma* ja projektijuhtimise vallas.

Uurimustöö probleemiks oli potentsiaalse tootmispinna kasutamine ebaefektiivselt komplekteerimiskärude puhvriks. Uurimustöö autori eesmärk oli leida lahendused, et optimeerida puhveralade kasutust ning vabastada põrandapinda potentsiaalsetele uutele tootmisliinidele. Töö käigus kaardistas autor kitsaskohad ning mõtles välja koos tiimiga tegevused, kuidas olukorda parandada ning vabastada põrandapinda toomisele puhveralade arvelt. Uurimustöö läbiviimiseks ja projekti juhtimiseks kasutas autor *DMAIC* mudelit, mis aitab hoida fookust ning keskenduda etteantud probleemile. Andmed saadi ettevõtte andmebaasist ning kontrolli faasi läbiviimiseks oli vaja oodata, et rakendatud parendustegevused hakkaksid mõjuma. Seega alustati projektiga juba 2019. aastal ning projekt lõpetati 2020. aasta lõpus, mil oli võimalik teostada kontrolli tulemuste üle. Peale kontrolli oli võimalik autoril teha järeldusi ning pakkuda välja jätkutegevusi.

Eeldatavate tulemustena soovis autor:

- Optimeerida toomisliinide toomispinda
- Luua süsteem kärude ringluse jälgimiseks
- Suurendada protsesside läbipaistvust
- Kasutusele võtta *Kanban* süsteemi *Set-Pick* kärude kõrvale.

Erilised tänud soovib autor esitada enda juhendajale Jelizaveta Jannole, kes oli oma ideede ja oskustega igakülgset toeks. Lisaks soovib autor tänada Mihkel Mustat, kes mõtles kaasa ja arutles parimate lahenduste üle; Kaarel Lahtveed aja eraldamise ja mõistva suhtumise eest; Karmen Nammi terava pilgu ja õigekeelsuse paranduste eest ning Lauri Kalmi töö retsenseerimise eest.

# MÕISTETE SELETUS

## **Mõiste**

*Boxplot*

*Bill of materials (BOM)*

*DMAIC*

*Enterprise resources planning (ERP)*

*Jidoka*

*Just-in-time (JIT)*

*Kanban*

*Layout*

*Lean*

*Muda*

*Mura*

*Muri*

*PDCA*

*Poka- Yoke*

*Power BI*

*Set-Pick*

*Six Sigma*

*Stock transfer order (STO)*

*Toyota Production Systems (TPS)*

## **Seletus**

Kast ja vurrud graafik, mis näitab andmete hajuvust

Tellimuses kasutatavate materjalide loend

Viie astmeline meetodika parendamiseks

Ressursside planeerimise süsteem

Vigade tuvastamine süsteemis

Toyota tootmissüsteemi osa, mille eesmärgiks on vähendada erinevaid aegu toomises

Signaal, mis tõmbab eelmise tööprotsessi väljundit

Paigutusplaan  
Süsteematiseeritud raiskamise elimineerimine. Timmitud tootmine.

Raiskamine

Raiskamine, mis on tingitud varieeruvusest või ebatasasustest

Raiskamine, mis on tingitud ülekoormusest

Nelja astmeline meetodika parendamiseks ja kontrollimaks protsesse.

Eksimisvaba töökorraldus  
Äri analüütika tööriist raportite loomiseks

Ühele tööle komplekteeritud materjalid.

Parendamise meetod, mis kasutab statistilisi tööriistu

Tehase ja lao vaheline materjali tellimus

Toyotast alguse saanud tootmissüsteem

## SISSEJUHATUS

Iga toomissettevõtte üheks eesmärgiks on toota nõudlus lähedaselt, kui seejuures nii väikeste kuludega kui võimalik. Saamaks tooted, mida klient vajab tuleb antud ressursid muundada. Mida kiiremini ja efektiivsemalt muudatus ellu viiakse, seda produktiivsemad ja väärtust loovamad ettevõtted on. (Heizer & Render, 2014, 13) Produktiivsuse juures on paigutusplaan üks võtmetähtsusega otsus, mis tagab pikaajalise efektiivsuse (Heizer & Render, 2014, 358).

Uurimustöö probleemiks on ABB AS *Drives* tehases potentsiaalse tootmispinna kasutamine ebaefektiivselt komplekteerimiskärude puhvriks. Antud teema oli aktuaalne, kuna ettevõtte tootmismahud olid tõusujoones ning üha enam oli vaja leida ruumi uute tootmisliinide tarbeks. Mahtude tõus seadis tehase olukorda, kus toomiseks oli vaja leida efektiivsemaid lahendusi. Tuli leida viise kuidas muuta protsessid läbipaistvamaks ja kõigile üheselt mõistetavaks. Lisaks aitab efektiivne pinnakasutus vähendada kulusid ning võimaldab toota uusi tooteid, mis omakorda suurendab ka tulu. Pikalt eksisteerinud ettevõtetel on tihtipeale raske leida uusi vaateid ning minnakse pigem kergemat teed- tehase laiendamise suunas.

Uurimistöö autori eesmärk oli leida lahendused, et optimeerida puhveralade kasutust ning vabastada põrandapinda potentsiaalsetele uutele tootmisliinidele. Eesmärgist tulenevalt püstitas autor järgmised uurimisküsimused:

1. Milliseid lahendusi oleks võimalik kasutada tootmises, et optimeerida tehasepinna kasutust?
2. Kuidas tellitakse materjalid majja töö alustamiseks?
3. Millised on *Set-Pick* kärude mahud puhveralas?
4. Milliseid tööriistu oleks võimalik arendada, et parandada materjalide majja tellimist ja planeerimist?

Käesolev töö on arendusuurimus, mille autor viis läbi konkreetses ettevõttes ning milles põhiliseks uurimismeetodiks kasutas juhtumiuurimust. Uurimustöös esineb läbivalt mõisteid, millele on eesti keelne vaste olemas, kuid käesolevas töös kasutatakse inglise keelseid väljendeid. Inglise keelsed väljendid on kasutuses, kuna töö põhiliseks kasusaajaks on ABB AS *Drives* tehas, kus igapäevaselt antud mõisteid just inglise keeles kasutust leiavad.

Uurimustöö esimene osa keskendub teooriale, mis on tugevasti seotud läbiviidava projektiga. Fookuses on operatsioonide juhtimine kasutades *Lean* ja *Six Sigma* teooriaid. Lisaks annab autor põhjaliku ülevaate *DMAIC* mudelist. Töö teises osas annab

autor ülevaate ettevõttest ning selle seosest *Lean* ja *Six Sigma*ga. Samuti puudutab autor tehase paigutuse planeerimise teooriaid ning annab ülevaate selle tähtsusest. Teise osa lõpus sõnastab autor lähteülesande. Kolmandas osas räägib autor uurimustöö strateegiast ja selle kujunemisest, andmete kogumisest ja analüüsimisest ning projekti juhtimisest ja meeskonnatöö korraldusest. Uurimustöö viidi läbi kasutades empiirilises osas *DMAIC* mudelit ning lähenedes probleemile kui projektile. Sellest tulenevalt oli projekti kaasatud ka projektimeeskond, kes oli abiks algsete protsesside kaardistamisel, probleemide määratlemisel ja lahenduste välja pakkumisel ning viimaste juurutamisel. Empiirilises osas kaardistas töö autor probleemi ning kogus algsed andmed määratlemaks probleemi olemuse ja ulatuse. Peale mõõtetulemuste analüüsimist korraldas autor ajurünnaku, kus osalesid nii projekti tiimi liikmed kui ka teised töötajad, kes igapäevaselt protsessidega kokku puutuvad. Ühise nimetajana nimetati neid töös fookusgrupiks. Ajurünnaku esimeses osas kaardistati kõik puhveralaga seotud probleemid. Teise etapina kaardistati kõik probleemid mõju ja sagedus maatriksil, mille korrutisena selgus, millised probleemid vajaksid esmajärjekorras tähelepanu ja lahendust. Ajurünnaku kolmandas osas tuvastati koos meeskonnaga, milliste probleemidega oleks võimalik tegeleda ning kaardistati lahendused, mille tulemusena lõi autor tegevuskava. Kõikide tegevuste täitmise järgselt viis autor läbi kontrollfaasi, kus teostas kordusanalüüsi uuele protsessile. Analüüsi käigus tehti kindlaks, kas antud parendustegevused aitasid kaasa puhverala vähendamisele. Töö lõpus tegi autor järeldused ning kaardistas jätkutegevused.

Ühe lahendusena loodi süsteem, mis aitab jälgida komplekteerimiskärude puhvris seismise aega. Uurimustöö aitas parendada ABB AS *Drives* tehasepinna kasutust ning on laiendatav ka teistele ABB tehastele. Uurimustöö käigus vähendati ABB AS *Drives* tehases puhverala 95 ruutmeetrit. Tööst joonistus selgelt välja, et *DMAIC* mudeli kasutamine probleemide lahendamiseks on kasulik ja võiks rakendust saada ka teistes toomissettevõtetes.

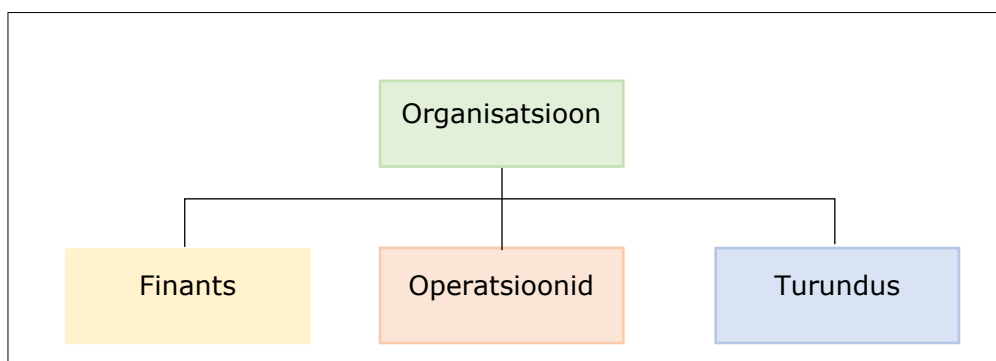
# 1. PROTSESSIDE JUHTIMINE JA OPTIMEERIMINE

## 1.1. Operatsioonide juhtimine

Operatsioonide funktsioon on osa organisatsioonist, mis vastutab toodete või teenuste loomise eest (Slack et al, 2013, 3). Operatsioonide juhtimine kirjeldab, kuidas ettevõtte toodab ning tarnib oma teenust või toodet.(Slack et al, 2013, 4) Operatsioonide juhtimine on tegevus, mis juhib ressursse, kes loovad ja tarnivad toodet või teenust. Operatsioonide funktsioon eksisteerib igas ettevõttes, kuna kätkeb endast tegevuste juhtimist. Operatsioonide juhtimine on üks kolmest ettevõtte põhifunktsioonist (Slack et al, 2013, 6-7):

1. Turundusfunktsioon- nende ülesandeks on kommunikeerida ettevõtte teenust või toodet turule
2. Toote või teenuse arendamise funktsioon- ülesandeks luua uued ja modifitseeritud teenused või tooted, et täita tuleviku klientide vajadusi
3. Operatsioonide funktsioon- ülesandeks toote või teenuse toomine ja tarnimine vastavalt kliendi nõudmistele.

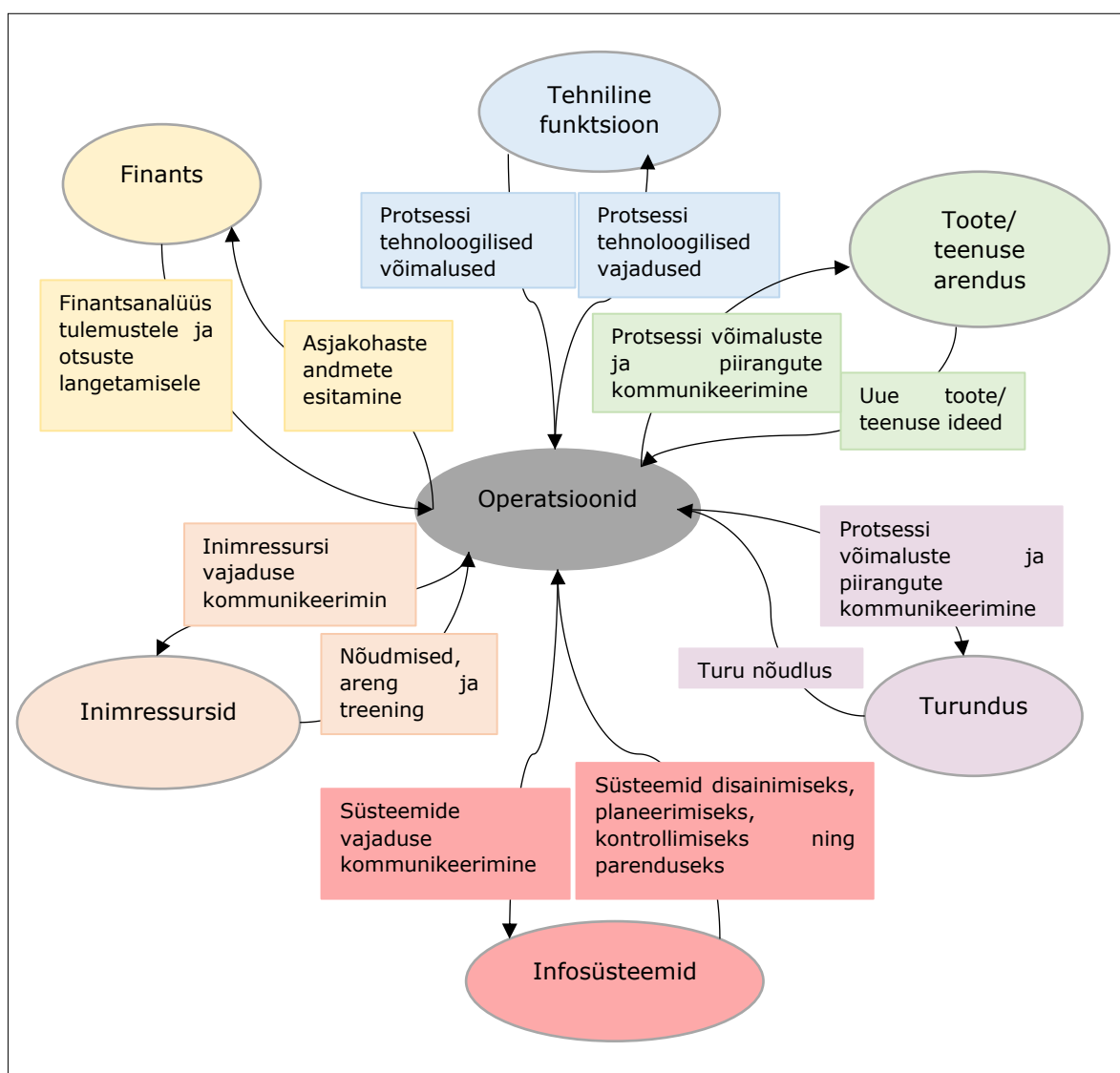
Samas väidab Stevenson (2015), et kolmeks põhifunktsiooniks on finants-, turundusfunktsioon ja operatsioonide funktsioon. Joonisel 1.1 on selgelt näidatud just Stevensoni lähenemine. Selles on iga osa on eraldiseisev, aga organisatsiooni laitmatuks tööks on vaja, et need toimiksid koos ja püüdleksid ühise eesmärgi poole.



Joonis 1.1 Organisatsiooni põhilised funktsioonid

Allikas: Stevenson, 2015, 4. (Autori poolt kohandatud)

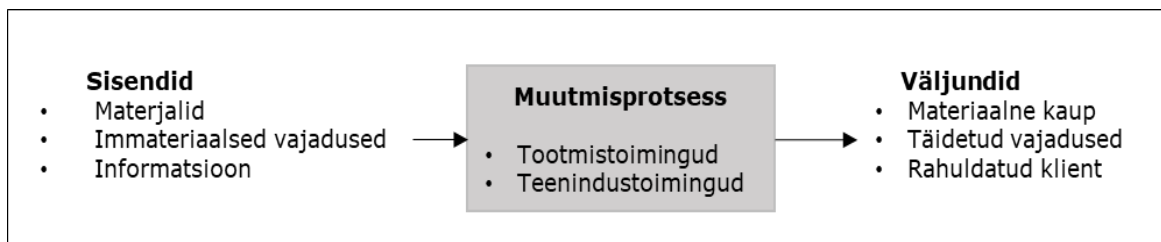
Hoolimata sellest, mis on iga ettevõtte põhi funktsioonid eksisteerivad nende kõrval ka tugifunktsioonid, mis võivad olla näiteks personali- ja informatsioonisüsteemide funktsioon. Tihti ei ole viimased selgesti eristatavad kuid teevad siiski igapäevaselt ettevõtetes tugevalt koostööd nii omavahel kui ka põhifunktsioonidega. Ettevõtte edukuse ja efektiivsuse tagamiseks, peab operatsioonide juht tegema koostööd teiste funktsioonidega. (Slack et al, 2013, 7) Joonisel 1.2 on välja toodud põhi- ja tugifunktsioonide omavaheline toimimine ja koostöö. Lisaks on lahti kirjutatud, millised on operatsioonide poolt tulevad sisendid ning millised on tugifunktsioonide poolt pakutud väljundid.



Joonis 1.2. Operatsioonide osakonna sisendid ja väljundid teistele osakondadele  
 Allikas: Slack et al, 2013, 8. (Autori poolt kohandatud)

Operatsioonide funktsiooni olemuses on luua väärtust läbi ümbertöötlemise. Väärtuse loomine on mõiste, mida kasutatakse, et selgitada sisendite hinna ja väljundite hinna või väärtuse erinevust. Organisatsioonides, kus kasumi teenimine on eesmärgiks, mõõdetakse väljundite väärtust kliendi suutlikkuses maksta antud teenuste või toodete eest. (Stevenson 2015, 7) Lihtsalt öeldes peab iga ettevõtte tootma tooteid või pakkuma teenuseid, mis on kellelegi maailmas vajalikud. Operatsioonide funktsiooni eesmärgiks on vastutada selle eest, et antud toode või teenus selline oleks.

Traditsiooniline viis operatsioonide vaatamiseks on nende kujutamine muudatuste protsessina, kus võetakse sisendid ning muudetakse need läbi protsessi väga heaks väljundiks, mis omab kliendi jaoks ka väärtust. Eelpool kirjeldatud seletab hästi joonis 1.3.



Joonis 1.3. Operatsioonide juhtimine kui muudatuste elluviimise protsess

Allikas: Bozarth, Handfield, 2013, 4. (Autori poolt kohandatud)

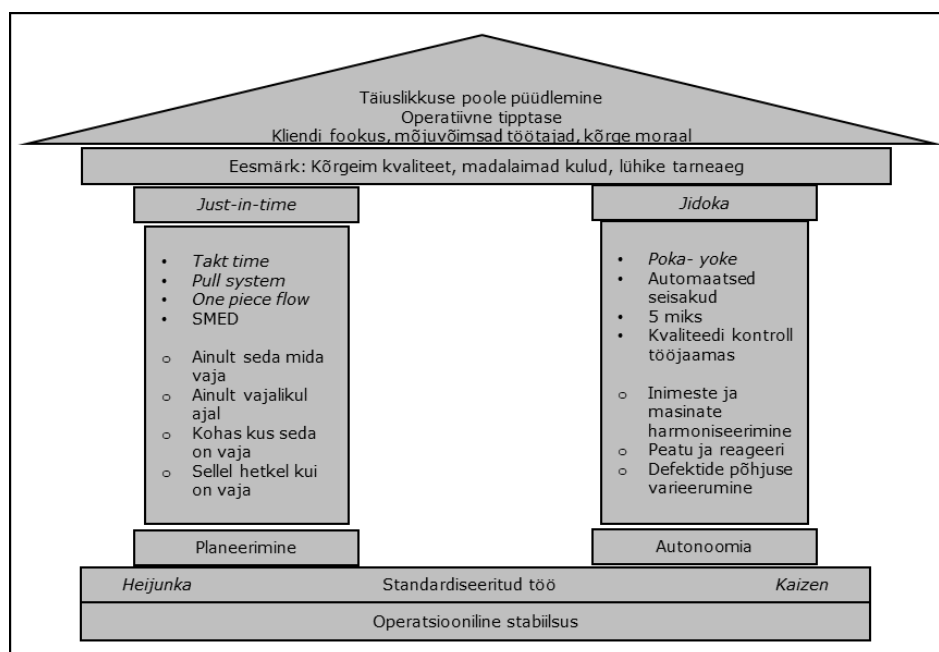
Operatsioonide juhtimise läbivaks aspektiks on protsesside juhtimine. Protsess koosneb ühest või mitmest tegevusest, mis muudavad sisendi väljunditeks. Igasugune äri koosneb paljudest protsessidest, kuid suures pildis võib need jagada kolmeks (Stevenson 2015, 12):

1. Juhtkonna protsessid- need protsessid hõlmavad endas kõiki operatsioone läbi ettevõtte. Näiteks organisatsiooni strateegia kujundamine.
2. Operatsioonide protsessid- protsessid, mis tekitavad väärtusahela. Näiteks: ostu- ja turundusprotsessid.
3. Tugiprotsessid- protsessid, mis toetavad ettevõtte põhitegevust. Näiteks IT ning personalijuhtimine.

Protsesside juhtimiseks on mitmeid mooduseid ja ideoloogiaid ning järgmistes peatükkides annab autor ülevaate kahest neist.

## 1.2. Lean kontseptsioon ja raiskamine

Käesolevas peatükis annab autor ülevaate *Lean* (timmitud tootmise) kontseptsioonist ja selle ning raiskamiste olemusest ja vähendamisest. *Lean* mõtlemine ja kontseptsioon sai alguse Jaapanist ning täpsemalt *Toyota* tootmisest. Sellest tulenevalt nimetatakse *Lean* kontseptsiooni ja tootmisfilosoofiat ka *Toyota Production Systemiks (TPS)*. (Stevenson 2015, 606). II maailmasõda oli laostanud Jaapanit ning sellest tulenevalt pidi *Toyota* tegema otsuseid tootmise ümberkujundamiseks. *Toyota* juhtidele sai maailmas reisides selgeks, et kogu tootmises on kaks suuremat murekohta: suured laovarud ning toodete parandamine ja ümber tegemine peale esmast kokkupanekut. Nii loodi ettevõttele uus süsteem, mis toetus kahele sambale: *Just-in-time* (õigeaegsus) ning *Jidoka* (vigade tuvastamine ja vähendamine). Nende kahe samba tulemusena tekkis *Toyotas* tootmisvoog, kus toodetakse vaid nõudluse olemasolul ning milles varud on viidud miinimumini. (Modig, 2016,84) TPS voo paremaks mõistmiseks on joonisel (Joonis 1.4) toodud *TPS* maja, kus on selgelt näidatud, mis kuulub ühte ja mis teise sambasse ning millised on nende peamised sisendid ja väljundid. Lisaks eelkirjeldatud sammastele on joonisel toodud näited *Jidoka* ja *JIT* süsteemiga seotud tööriistadest, mis aitavad kaasa vigade tuvastamisele ja vähendamisele ning õigeaegsusele.



Joonis 1.4. *TPS* maja

Allikas: Munro et al, 2015, 32. (Autori poolt kohandatud)

*Lean* mõtteviis ei ole võlukepp, mis kõik äri probleemid lahendab. Arusaamaks, mis on *Lean*, peab mõistma, et definitsioone on mitmeid. Sellest hoolimata hõlmavad kõik definitsioonid kindlasti kolme aspekti (Eaton, 2013, 23):

1. Parima väärtuse pakkumine kliendile.
2. Pakkuda kliendile parimat ja isegi rohkem, tegutsedes ja kulutades ise seejuures vähem.
3. Olla kindel, et suurematest kogustes tarnides ei kaota tooted või teenused kvaliteedis, ohutuses ega stabiilsuses.

*Lean* kontseptsioonini jõudis *Toyota* tänu limiteeritud ressurssidele tolle aja Jaapanis. Jaapanlased oli väga tundlikud raiskamise ja ebaefektiivsuse osas. Seega sai *Toyota* eesmärgiks elimineerida raiskamise igas protsessi osas ning igas kontekstis. Raiskamist kirjeldati kui tegevust, millel puudub väärtus lõppkliendi mõistes. (Stevenson 2015, 606)

Seega võib lühidalt öelda, et *Lean* mõtteviis on raiskamise kõrvaldamine, mille abil kiirendada toomist ja selle voogu. (Goldsby, Martichenko, 2005, 4) Lisaks on see vorm pidevast parendusest. Peamiseks tegevuseks *Lean* mõttelaadi juures on raiskamise vähendamine, kus raiskamine on defineeritud kui tegevus, mis ei anna lisaväärtust lõppkliendile. (Myerson, 2012, 2) Siinkohal tuleks selgitada, mida tähendab väärtus ja miks see oluline on. Väärtus on tegevus või mingi protsessi osa, mille eest on klient valmis maksma. (Antony et al 2016, 53)

Raiskamised (*muda*) on tegevused, mis ei anna kliendi vaatenurgast mingit lisaväärtust. Sellised tegevused tuleks minimeerida või võimalusel üldse kõrvaldada. Mõistmaks, kas tegevus on väärtust lisav või ei, peab see vastama kolmele küsimusele (Antony et al, 2016, 57):

1. Kas tegevus täiustab toodet?
2. Kas tegevus on esmakordne?
3. Kas klient on valmis antud tegevuse eest tasuma?

Vastates kõikidele küsimustele jaatavalt on tegevus väärtust omav. Vastates kasvõi ühele küsimusele eitavalt, tuleks tegevus likvideerida.

Tulenevalt *TPS* süsteemi kaardistusest leiti, et raiskamise võib suures pildis jagada kolmeks (Antony et al, 2016, 55-56):

- *Mura*- raiskamine, mis on tingitud varieeruvusest või ebatasasustest
- *Muri*- raiskamine, mis on tingitud ülekoormusest
- *Muda*- raiskamine

Raiskamist kaardistades suutis *Toyota* leida kaheksa erinevat raiskamise liiki. Nendeks on (Modig & Ahlström, 2016, 88-89; Munro et al., 2015,41-44):

- Ületootmine (*overproduction*)
- Ootamine (*waiting*)
- Transport (*excess movement*)
- Üle töötlemine (*excess processing/overprocessing*)
- Varud (*inventory*)
- Liigsed liigutused (*excess motion*)
- Vigaste toodete tootmine (*defect correction*)
- Tööjõu intelligentsi raiskamine (*Underutilisation of workforce expertise*)

Käesolev töö keskendub enim ootamise ja varude raiskamise vähendamisele. Sellest tulenevalt kirjeldab autor järgmistes lõikudes neid kahte kategooriat lähemalt.

Ootamine (*waiting*)- seda liiki raiskamine tekib siis, kui kaks üksteisest sõltuvat protsessi ei ole sünkroniseeritud (Antony et al, 2016, 56). Lisaks eeltoodule võib ootamine tekkida tulenevalt materjalide või teiste ressursside puudusest või erinevatest mittevastavustest. (Munro et al, 2015, 41). Kuna ootamine segab ühtlase voo toimivust ning seetõttu ei kannata mitte ainult antud töökoht vaid ka kõik järgnevad, siis peetakse seda ka raiskamiseks. Ootamise tavalised juurpõhjused on masinate ja inimeste vähene orienteeritus, halb planeerimine ning ka pikad üleminekuajad, kus näiteks üks komponent tuleb toimetada ühest tehase otsast teise. Ootamise aega on võimalik vähendada või sootuks kõrvaldada jälgides tööjuhiseid, rakendades 5S'i, *Kanban*'i ja muid tööriistu. (Antony et al, 2016, 56). Puhvrite omamisel on aga omad positiivsed ja negatiivsed küljed. Kui puhvrid on olemas, ei teki tootmisliinil seisakuid ega ka ootamist. Samal ajal ootavad puhvris olevad kärud töösse minemist ja võtavad enda alla väärtuslikku pinda, mida võib samuti pidada raiskamiseks.

Teiseks raiskamiseks, mida antud teema juures käsitleda on varud (*inventory*). Igasugused varud, olgu nendeks kas toormaterjal, valmistoode või pooltoodang tõstab ettevõtte kulusid. Kulude tõus ei ole tingitud ainult suurema laopinna kasutusest vaid ka varude kontrollimisest, dokumentatsiooni pidamisest ja säilitamisest jne. Ükski nendest tegevustest ei anna tootele/ teenusele lõppkliendi jaoks lisandväärtust ning seega ei olda nende tegevuste eest nõus ka rohkem maksma. Varud võivad olla vajalikud, kuid tihti kaasnevad nendega ka erinevad probleemid. Põhiliseks probleemiks, miks varusid liigitatakse kui raiskamist, on nende säilitamisest tulenev kulu.(Munro et al, 2015, 41-42) Antud raiskamist saaks vähendada ja reguleerida *JIT* toomisega. Lisaks *JIT*'le aitab varusid hallata ja optimaalseid koguseid hoida väärtusvoo kaardistamine ning elektrooniliselt kontrollitav tootmine, rakendades viimasesse IT lahendusi ning

kõrvaldades puhvreid. (Antony et al, 2016, 56). Raiskamine on otseselt seotud puhvritega. Seega on selge, et eelnevalt kirjeldatud JIT toomine aitaks raiskamist oluliselt vähendada- seda läbi toomise, kus ruumi kasutatakse optimaalselt ja viiakse läbi vaid väärtust loovaid tegevusi.

Lisaks raiskamisele on *Lean* lähenemisel mitmeid teisi karakteristikuid, nagu näiteks (Stevenson, 2015, 606):

- Pidev parendus- tunnusjoon, pidevad pingutused parenduste tegemiseks.
- Tiimide kaasatus- ristfunktsionaalsete tiimide kaasatus protsesside parendamiseks.
- Lahter töökohad- koos lahter paigutusplaaniga muudavad paremaks kommunikatsiooni ning töötajate kaasatuse.
- Visuaalne kontroll- lihtsad signaalid, mis näitavad efektiivset voogu ja võimalus operatsioone kiirelt hinnata.
- Kõrge kvaliteet- nii protsessides kui ka väljundites.
- Minimaalne laovaru- üleliigset laovaru vaadeldakse kui raiskamist.
- Väljund ainult nõudluse katmiseks- läbi kogu süsteemi keskendudes *pull* toomisele.
- Kiired muudatused- tööriistade ja varustuse paindlikkus ning väljundi varieeruvus ilma segadusteta.
- Väiksed partii suurused- võimaldab partii toomiseks mitmekesisust.
- *Lean* kultuur- Kogu organisatsioon mõistab *Lean* kontseptsiooni ning püüdleb et seda saavutada.

Ühe tööriistana tootmise efektiivsemaks muutmisel kasutas *Toyota Kanban*- süsteemi. *Kanban* tähendab paljusid asju, kuid jaapani keeles tähendab see nähtavat jälge (Oakland, 2006, 71). Samas on *Kanbani* tõlgitud ka kui signaali (Ortiz, 2015, 18). *TPS*'s kasutatakse *Kanban* mõistet kirjeldamiseks visuaalset ja füüsilist signaalisüsteemi, mis seob kogu *Lean* toomissüsteemi tervikuks (Kniberg, 2010, 112). Süsteem ise töötab põhimõttel, kus kaardile on kirjutatud vajalike ühikute tüüp ning kogus ja kaart saadetakse ühe protsessi töötajatelt eelmise protsessi töötajatele. Selle tulemusena on paljud protsessid tehases omavahel seotud. See võimaldab selgemini aru saada materjalide kogustest, mida erinevate toodete koostamiseks vaja on. (Monden, 2012, 9) Näide *Kanban* kaardist toodud joonisel 1.5



Joonis 1.5 Näide *Kanban* kaardist

Allikas: ABB LV Dirves, LAC presentation, S.Seibold 2013.(Dokumentatsioon autori valduses)

*Kanban* süsteemi põhiliseks eesmärgiks on materjalide tõmbamine läbi kogu protsessi just sel hetkel kui neid vajatakse. Sellest tulenevalt kuulub *Kanban* tööriist *TPS* majas just JIT poolele. Seega võib öelda, et JIT süsteem saab toimida ka ilma *Kanban* süsteemita, kuid vastupidine ei ole kuidagi võimalik. (Oakland, 2006, 71) Tootes vaid hetkel, mil nõudlus seda vajab, aitab *Kanban* vähendada puhvreid ning edastab klientide nõudlust ülesvoolu, et käivitada protsessi etapid just õigel ajal. (Cimorelli, 2013,12) *Kanban* süsteem hõlmab nelja peamist elementi (Cimorelli, 2013, 2):

1. Mida tõmmata?
2. Millal tõmmata?
3. Kui palju tõmmata?
4. Kuhu tõmmata?

*Kanbani* kasutamise peamised kasutegurid on (Ortiz, 2015, 18):

- Vähendatud laoseisud
- Väiksemad kulud
- Väiksem põrandapinna kasutus
- Vähem liikumist
- Defitsiidi parem nähtavus
- Tõmbe süsteemi kasutamine
- Kontrollib lao seis
- Loob tugeva ja korratava süsteemi

Kuigi *Lean* tootmine võib tunduda ainuõige valik, siis nagu juba varasemalt mainitud, ei ole see võluvits, millega luua hästi töötav tootmine. Lisaks *Lean* kontseptsioonile on esile kerkinud ka *Six Sigma*, millest autor annab ülevaate järgmises peatükis. Kuna käesoleva töö empiirilises osas on kasutatud nii *Lean* kui ka *Six Sigma* kontseptsiooni, siis annab autor ülevaate ka sellest, miks tuleb *Lean* ja *Six Sigma* lähenemist kasutada koos ja mitte eraldiseisvana.

### **1.3. *Six Sigma* kontseptsioon**

*Six Sigma* (Kuu Sigma) strateegia töötati välja 1980. aastatel Motorollas. See kujutab endast pidevat parendust, kus tulenevalt erinevatest raiskamistest minimeeritakse defekte miljoni tüki kohta. (Cudney, Agustiady, 2017, 2) Süsteemi eesmärk on parendada ärijuhtimist ning tõsta tulemuslikkust ehk teiste sõnadega aitab see juba edukaks saanud äril püsida edukana ka edaspidi. Süsteemis on välja töötatud konkreetsed tegevused, mis aitavad ettevõtetel püsida jätkusuutlikud. (Pande et al, 2002, 23) *Six Sigma* lähenemist on võimalik kasutada nii toodete disainimisel, administratiivtöodes kui ka toomises endas. Süsteem kasutab statistilisi tööriistu vähendamaks variatsioone protsessides. Selle kontseptsiooni peamiseks eesmärgiks on juhtimise ja töökultuuri arendamine ning ettevõtte kui ka töötajate pikaajaliste eesmärkide toetamine. Tööriistade kasutamise tulemusena orienteeruvad ettevõtted paremini oma toodetes ja protsessides, märkavad ja oskavad vähendada erinevaid raiskamisi ning mõistavad, mida klient soovib. Sellega seoses ollakse suunatud meeskonnatööle ja pidevale infovahetusele ning suurendatakse kliendi rahulolu. (Cudney, Agustiady, 2017, 2) Kontseptsiooni tegelik võimekus tuleneb sellest, et kasutatakse teiste meetodikate erinevaid osi ja elemente, mis juhtimise fookuse lisamisega on tõestatud töötama. Sellest tulenevalt hõlmab kontseptsioon suures koguses tööriistu, mis aitavad lahendada kaardistatud probleeme kogu organisatsioonis. Tööriistade kasutuselevõtt ja juurutamine ettevõttes võtab oma aja, kuid viib lõpuks selleni, et ettevõttes on kompetentsed töötajad, kes on saavutanud projektide juhtimises antud tööriistaga erinevaid tasemeid. *Six Sigma* erinevaid tasemeid nimetatakse vöödeks ning kasutusel on valge, kollane, roheline, must ja meister must vöö. (Munro et al, 2015, 3)

*Six Sigma* strateegias on kasutusel järgmised tööriistad (Pande et al, 2002, 34):

- Pidev parendamine
- Protsessi kavandamine
- Variatsioonianalüüs
- Tasakaalustatud tulemusmõõdikud
- Kliendi hääl
- Kreatiivne mõtlemine
- Eksperimentide kavandamine
- Protsessijuhtimine
- Statistiline protsessi kontroll

*Six Sigma* mõõdikutena kasutatakse näiteks (Antony et al 2016, 67-68) :

- Praake materjale miljoni tüki kohta (*DPMO*)
- Sigma kvaliteeditase
- Tootlikkus
- Halva kvaliteedi hind (*COPQ*)
- Protsessi võimekuse indeksid (*PCI*)

Mõõdikute kasutamine sõltub projektide olemusest. Vastavalt projektile näitavad valitud mõõdikud nii protsessi kui projekti väljundeid, arengukohti ning võimalikke muutusi. Mõõdikud on abiks raiskamisete väljaselgitamisel ning juurpõhjusteni jõudmisel. Mõõdikuid saab suures vaates jagada nelja kategooriasse: aja-, kulu-, kvaliteedi- ja väljundimõõdikud. (Antony et al 2016, 67) Kuna käesolev töö keskendub puhvrite vähendamisele, selgitab autor lähemalt aja- ja kulumõõdikuid. Ajapõhised mõõdikud saab liigitada teostusaja, tsükliaja, reageerimisaja, kohaletoimetamise aja ja lisandväärtuse andmise aja mõõdikuteks. Kulumõõdikud hindavad protsessi maksumust, kulude kokkuhoidu ja tööjõu kokkuhoidu. (Antony et al 2016, 67-68)

*Six Sigma* kasutab protsesside parendamiseks projektipõhist juhtimist ning seejuures *DMAIC* mudelit. *DMAIC* mudel sarnaneb suuresti *PDCA* (Planeeri, tegutse, kontrolli, reageeri) mudelile. (Ramu, 2016, 4) Selle mudeli juures on võtmetähtsusega juhtkonna arusaam vajaminevast ajast ning ressurssidest, et saavutada soovitud puuduste kõrvaldamine. Juhtkonna ülesanne on anda projektijuhile aega ning ressursse, et projekt saaks teostatud. (Munro et al, 2015, 21) See on ka üks põhilisi erisusi võrreldes teiste metoodikatega. Metoodika juurutamisel kaasab ettevõtte kõik töötajad, kelle eesmärgiks on parenduskohtade leidmine enda töökohal. Lihtsustatult tuleb iga idee ja raiskamisega viia läbi järgmised viis sammu (Ramu, 2016, 4):

- Määratle (*Define*)- leia probleem, mis vähendab kliendi rahulolu, toob kaasa ohuolukordi, on seotud tarnija kvaliteediga jne.
- Mõõda (*Measure*)- kogu protsessist andmeid ning kontrolli nende õigsust.
- Analüüsi (*Analyze*)- uuri kogutud andmeid ning leia selle tulemusena probleemi juurpõhjused
- Parenda (*Improve*)- tegutse, et leida juurpõhjused ja muuta protsess efektiivsemaks.
- Ohja (*Control*)- kontrolli, kas muudatused aitasid parendada protsessi.

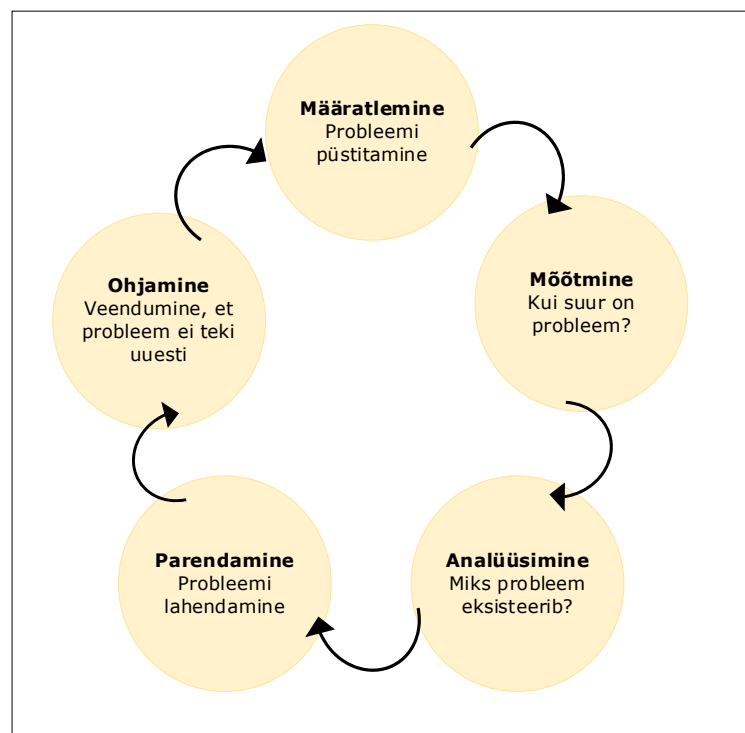
Igas faasis on palju erinevaid tööriistu, mis lihtsustavad antud faasi eesmärgi saavutamist. Nendest tuleb lähemalt juttu peatükis 1.4

Osad ettevõtted usuvad, et *Lean* ja *Six Sigma* meetod on kaks alternatiivset lähenemist protsessi parendamiseks. Teised jälle usuvad, et need kaks lähenemist on üksteist täiendavad ning koos kasutades võivad viia suurepärase tulemusteni. *Lean* meetodika püüdleb väärtust mitte loovate tegevuste eemaldamise poole, kasutades seejuures lihtsaid tööriistu. See fokuseerib protsessi kiiruse maksimeerimisele ning kasutab tööriistu, et analüüsida ja parenda protsessi voogu. Sellest hoolimata on kõikides protsessides variatsioon. Variatsiooni mõistmine ning vähendamine on oluline kvaliteedi parendamise seisukohalt. *Lean* tööriistad üksinda ei suuda saavutada statistilist protsessi kontrolli ning *Six Sigma* ei suuda jällegi üksinda saavutada parendatud protsessi kiirust ja voogu. Kui kasutada neid kahte meetodit kombinatsioonina ehk integreerida *Lean* põhimõtted ja *Six Sigma* statistiliste tööriistadega variatsioonide eemaldamiseks, siis saadakse süsteem, mis hoiab voogu ja kvaliteeti balansis. (Stevenson 2015, 12) Sellest tulenevalt on ka *Six Sigma* sertifikaadi omanikke nimetatud näiteks *Lean Six Sigma Green Belt*. *DMAIC* projektijuhtimise süsteemiga saab aimu mõlema lähenemise tööriistadest ning nende kasutusest.

## 1.4. *DMAIC* mudel

Antud peatükk keskendub *DMAIC* mudelile. Peatükis lahkab autor igat *DMAIC* osa põhjalikumalt ning kirjeldab seal kasutatavaid tööriistu ja nende olemust ning kogu faasi eesmärki. *DMAIC* lühendi taga peituv tähendus:

- **D- Define-** Määratlemine. Selles faasis kaardistatakse probleem ning saadakse aru kas probleem ka päriselt eksisteerib.
- **M- Measure-** Mõõtmine. Teises faasis tehakse esimesed mõõtmised ja kogutakse andmed, et aru saada, mis on hetke seis.
- **A- Analyze-** Analüüsimine. Kolmandas faasis analüüsitakse antud mõõtetulemusi ja andmeid ning püütakse leida probleemi juurpõhjused.
- **I- Improve-** Parendamine. Neljandas faasis tehakse ettepanekud parendustegevusteks, tehakse vajadusel piloot ning viiakse selle järgselt sisse parendustegevused.
- **C- Control-** Ohjamine. Viiendas faasis kontrollitakse, kas sisse viidud muudatused aitavad olukorda parandada ning kas kõik muudatused on juurutatud ning kõigi poolt samamoodi mõistetavad.



Joonis 1.6 DMAIC mudel

Allikas: Koostatud autori poolt

Basu (2009) on oma raamatus välja toonud, et hoolimata sellest, et kõik *Six Sigma* ja *DMAIC* tööriistad on lihtsad, võib nende valesti valimine ja kasutamine viia halvimal juhul projekti läbikukkumiseni. Tööriistu lahterdatakse vastavalt *DMAIC* mudelile ning igale faasile on määratud oma tööriistad, mis aga ei välista osade tööriistade kasutamist teistes faasides. *DMAIC* mudeli ulatuslik kasutus muudab selle kergesti mõistetavaks.(52)

### 1.4.1. Määratlemine (*Define*)

*DMAIC* mudeli esimeseks faasiks on määratlemine. Faasi peamiseks eesmärgiks on probleemi ja selle olemuse mõistmine. Kogu projekt saab alguse, kui probleem on sõnastatud. Esimene etapp aitab mõista, miks probleem on tekkinud ja kas selle lahendamise jaoks peaks edasi minema. Selles faasi peamised sammud on (Brook, 2014, 14):

- Juhtumi määratlemine
- Kliendi mõistmine
- Protsessi määratlemine
- Projekti haldamine struktureeritud plaani koostamisega
- Projekti tšarteri koostamine

Juhtumi määratlemine ning põhiprobleemi mõistmine on projektis võtmetähtsusega. Selles faasis pannaks paika lähtejoon, mis võimaldab järgmistel etappidel järgida struktureeritud metoodikat ja eeldatavaid kvaliteedistandardeid. Määratlemise faasis kasutatavad tööriistad on peamiselt andmete kogumiseks ning need mõjutavad projekti alguspunkti ja lähteülesande koostamist. Peamised tööriistad on (Basu, 2009,53):

- *IPO* diagramm
- *SIPOC* diagramm
- Voodiagramm
- *CTQ* puu
- Projekti tšarter

Nagu eespool mainitud on määratlemise faasis kasutusel tööriist nimega projekti tšarter. See on dokument, mis aitab defineerida lähteülesande igale *Six Sigma* projektile. Dokumendist võib sõltuda projekti kulg ja edu. Tšarteris tuleks kindlasti märkida ressursid ning piirid, et püsida fookuses. (Basu, 2009, 60-61) Näide projekti tšarterist toodud joonisel 1.7.

<b>Projekti tšarter</b>		<b>ABB</b>
<b>Pealkiri:</b>	<b>BB/GB:</b>	
<b>Hetkeolukorra kirjeldus/ Ärивajadus</b>	<b>Finants mõju</b>	
	<b>Ajagraafik:</b>	<b>Tegelik</b>
	Plaanitud	
<b>Klient</b> Väline: Sisene:	<b>Projekti ulatus:</b> Protsessi algus: Protsessi lõpp: Ulituses: Ulatusest väljas:	
<b>Mõõdikud</b> Esmane: Teisene: Tagajärgne:	<b>Tiim:</b>	
<b>Probleemi kirjeldus</b>	<b>Juhendaja:</b>	
<b>Tulemuse kirjeldus</b>		

Joonis 1.7. Projekti tšarter

Allikas: ABB, *Lean Six Sigma*, Jim Riggs, 2019. (Dokumentatsioon autori valduses)

Tšarteri olulised elemendid on (Basu, 2009, 60-61):

- Projekti nimi- hea oleks kasutada SMART mudelit
- Projekti tüüp
- Projekti kirjeldus
- Projekti vajalikkus
- Projekti ulatus
- Projekti mõõdetavad eesmärgid
- Projekti tiim
- Kliendid
- Kulude kokkuhoid
- Ajaline plaan

## 1.4.2. Mõõtmine (*Measure*)

Järgmiseks etapiks on mõõtmise faas. Mõõtmise etapi esimene samm on parima mõõtmisviisi valimine ning valimi defineerimine ja hindamine (Antony et al., 2016, 153). Teisisõnu võib öelda, et mõõtmise faasis tuleb selgeks saada, kas kogutud andmed on adekvaatsed. Faasi eesmärgiks on välja töötada selged ja sisukad mõõtesüsteemid, mille kaudu panna paika protsessi lähtepunkt. Etapi peamised tegevused on (Brook, 2014,34):

- Protsessi mõõdikute väljatöötamine
- Andmete kogumine
- Protsessi käitumise mõistmine

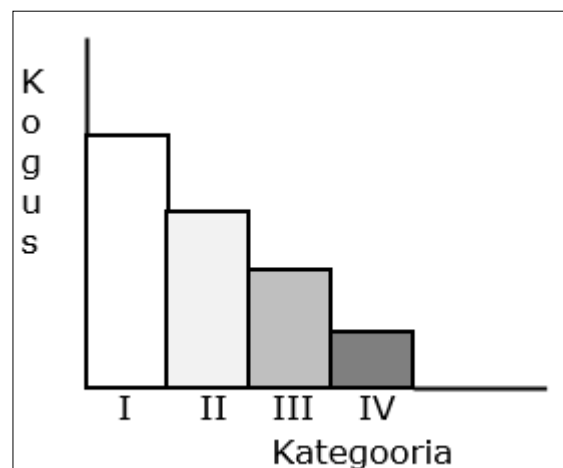
Selle etapi peamiseks eesmärgiks on tekitada arusaam tänasest olukorrast ehk projekti lähtekohast. Mõõtmise faasi ideeks on määratlus faasi ideede ja eesmärkide muutmine struktureeritud hindamis protsessiks. Ressursid jagatakse tulenevalt ideedest ja võimalustest. Just selles faasis saavad selgeks võimalikud parenduskohad. Peamised väljundid mõõtmise faasile on (BASU,2009,64):

- Andmed projekti käivitamiseks- andmete kogumise plaani abil kogutud info, mida kasutatakse protsessi tulemuslikkuse kaardistamiseks.
- Projekti parenduseesmärgi seadmine- konkreetse eesmärgi või standardi seadmine protsessi jõudluse parandamiseks.
- Projekti protsessivõimekus- kvantitatiivne hinnang, kui hästi vastab praegune protsess projekti tulemuslikkusele.

Mõõtmise faasi olulisemad tööriistad (Basu, 2009, 65):

- Kontroll- leht
- Histogramm
- Jooksujärjestuse graafik
- Hajuvusdiagramm
- Põhjus- tagajärg diagramm
- Pareto diagramm
- Kontrollkaart
- Voodiagramm
- Protsessi võimekuse mõõtmine
- Kalaluu diagramm

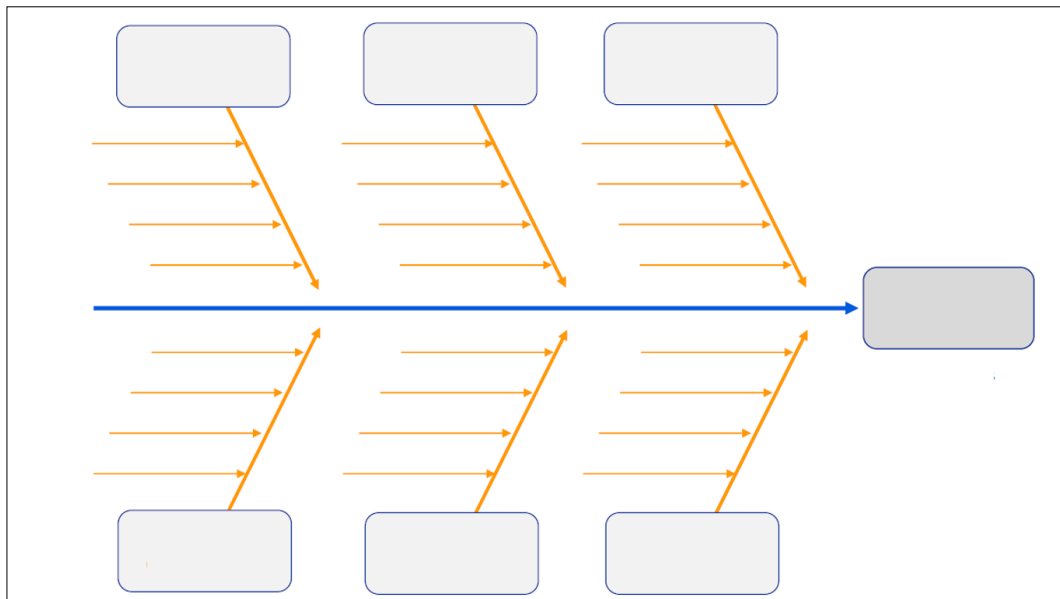
Näitena toob autor välja kaks tööriista. Esmalt Pareto graafik, mis on spetsiaalne tulpdiaagramm, kus tulbad on järjestatud kõrgemast madalamani, et prioriseerida igasuguseid probleeme või ka lahendusi. Oma nime sai see graafiku tüüp alles 19. sajandil, kui Itaalia majandusteadlane W.Pareto täheldas, et 80% mõjutustest on tingitud 20% põhjustest. Sündis 80/20 printsiip. (BASU, 2009, 76) Pareto analüüs otsib ja kuvab kõige sagedamini esinevat kategooriat. Näiteks on selle abil kerge tuvastada, milline defekt esineb kõige sagedamini. See aitab protsessis tuvastada peamiseid probleeme ning annab võimaluse lahendada esmalt need, mis esinevad sagedamini ning teevad enim kahju. (Gupta, Starr, 2014, 292) Joonisel 1.8 on välja toodud näide Pareto graafikust.



Joonis 1.8. Näide Pareto graafikust

Allikas Agustiady, Badiru, 2013, 292. (Autori poolt kohandatud)

Teiseks tööriistaks, mida sageli ei kasutata vaid mõõtmis faasis, on põhjus- tagajärg graafikud, mis korrastavad ja kujundavad kvaliteediprobleemide põhjuste väljaselgitamist ning analüüsivad tulemusi. (Gupta, Starr, 2014,293) Põhjus- tagajärg maatriks on antud efekti võimalike põhjuste graafiline esitus. Seda teatakse ka kui Ishikawa maatriksit, sest tulenevalt selle skeletilaadsest ülesehitusest kasutas just tema seda esimesena kui kalaluu diagrammi. Diagrammi eesmärgiks on aidata ajurünnakul kuvada probleemi juurpõhjuseid ning visualiseerida ja kategoriseerida probleeme teemade kaupa. (BASU, 2009, 73) Näide kalaluust on toodud joonisel 1.9.



Joonis 1.9. Kalaluu diagramm

Allikas: ABB AS, Kaizen Leader valmennusmaterjali 2019. (Dokumentatsioon autori valduses)

Kala pea osale kirjutatakse näiteks probleem ning igale luule ehk tulbale lisatakse pealkiri või kategooria. Kategooriate alla kogutakse kõik ideed, mis ajurünnaku käigus esile kerkivad. (BASU, 2009, 73) Leidmaks lahendusi või juurpõhjuseid, tuleb kalaluu peas olev efekt või mure selgelt kõigile arusaadavaks teha ning see võimalikult selgelt ka diagrammis väljendada. Tihti liigitatakse kategooriad kui 5- M'i. Need tähistavad (Bozarth, Handfield, 2013, 88):

- Tööjõud (*Manpower*)
- Meetodid (*Methods*)
- Materjalid (*Materials*)
- Masinad (*Machines*)
- Mõõdikud (*Measurements*)

### 1.4.3. Analüüsimine (*Analyze*)

Kolmandaks etapiks *DMAIC* mudelis on analüüsimise faas. Selles etapis kasutatakse tööriistu, et leida probleemide juurpõhjused. Eesmärgiks on välja selgitada kõik protsessis eksisteerivad ja võimalikud variatsiooniallikad ning teha vahet eri- ning tavajuhtudel. Selle tulemusel saab täiendada mõõtmise faasis välja toodud ärilist

vajadust värskete andmetega. Kõiki mõõtmise faasis kogutud andmeid uuritakse, et luua prioriseeritud list erinevate variatsioonide allikatest. Analüüsimise faasi peamised väljundid on juurpõhjuste väljaselgitamine ning finantsilise kasu leidmine projektile. (Basu, 2009, 89) Kokkuvõtvalt on Brook (2014) välja toonud analüüsi faasi peamised sammud (96):

- Protsessi analüüsimine
- Teooriate ja ideede väljatöötamine (juurpõhjuste väljaselgitamine)
- Kogutud andmete analüüsimine
- Juurpõhjuse kirjeldamine ning tagajärgede mõistmine

Peamised tööriistad, mida analüüsimise faasis kasutada (Basu, 2009, 89-90):

- Protsessi kaardistamine
- Regressioonanalüüs
- *RU/CS* analüüs
- *SWOT* analüüs
- *PESTLE* analüüs
- 5- Miksi?
- Üldine seadmete efektiivsus

Lisaks nendele kasutatakse analüüsi faasis ka juba varasemalt määratlus- ja mõõtmisfaasis kirjeldatud tööriistu nagu näiteks põhjus-tagajärg maatriks, Pareto diagramm.

#### **1.4.4. Parendamine (*Improve*)**

Neljandaks faasiks ehk etapiks on parenduste tegemine. Kui eelmised etapid on otseselt näidanud, millised kohad protsessis vajavad parendust, siis antud faasis võetakse ideed ja lahendused realselt töösse. Tihti viiakse parima lahenduse selgitamiseks läbi katseid. Tavaliselt parimale lahendusele tehakse nõ pilotprojekt, mis tähendab, et lahendus mängitakse läbi mingi väiksema äri osa peal, et näha, kas see ka realselt töötaks. Selle faasi põhilisteks väljunditeks on variatsioonide vähendamine ja eripõhjuste kõrvaldamine uute lahendustega ning lahendustegevused, mida on katsetatud reaalses olukorras. Tööriistad, mida parenduse faasis sageli kasutatakse (Basu, 2009, 112):

- Afiinsusskeem
- *SMED*
- *5S*
- Vigade tõlgendamine
- Väärtusahela kaardistamine
- Ajurünnak
- Mõttekaardid

Kokkuvõtvalt on parenduse faasis neli peamist tegevust (Brook, 2014, 224):

- Potentsiaalsete lahenduse genereerimine
- Parimate lahenduste valimine
- Riskide hindamine
- Pilootprojekti loomine ja rakendamine

Ühe tööriistana selles kui ka mõnes eelmises faasis on kasutuses ajurünnak. Ajurünnak on parendamise tööriist, mis aitab tiimi liikmetel genereerida loovalt ja efektiivselt suurel hulgal ideid. Selle juures on oluline tiimi liikmete julgustamine, kõikide ideede kaalumine ja negatiivsuse vältimine. (Basu, 2009, 125) Ajurünnakule kaastakse erineva taseme töötajaid erinevatest osakondadest. See aitab probleemi vaadelda eri külgedest, sest protsessiga seotud isikutel on erinevad vaatenurgad. Seega, mida erinevamad on ajurünnakus osalejad, seda erinevamad ja loovamad on ideed. (Agustiady, Badiru, 2013, 195)

Ajurünnakuid on mitmeid erinevaid, kuid põhiliselt kerkivad esile kaks meetodit. Esimene neist on struktureeritud meetod, kus iga liige käib idee välja. Teine viis on struktureerimata ajurünnak, kus ideid pakuvad kõik liikmed läbisegi endale sobival ajal. Ajurünnakud toimivad hästi, kui ühe tiimi liikme idee tekitab teises tiimi liikmes uue idee. Ajurünnaku hästi toimimiseks, peaks paika panema järgmised põhireeglid (Basu, 2009, 125-126):

- Ajapiirangu seadmine
- Kõikide ideede aktsepteerimine- Ideede hindamine ajurünnaku ajal pole lubatud
- Eesmärgiks ideede kvantiteet, mitte kvaliteet
- Ideede kuvamine paari sõnaga
- Põhjuste ja sümptomite rõhutamine
- Ideede kõigile nähtavaks muutmine
- Lõbusa meeleolu hoidmine

Kui ideede genereerimine on lõppenud, vaadeldakse kõik ideed üle, et välja selgitada milliseid neist oleks reaalne rakendada (Agustiady, Badiru, 2013, 195).

### 1.4.5. Ohjamine (*Control*)

Viimaseks kuid mitte vähem tähtsaks faasiks *DMAIC* mudelis on ohjamise või kontrollimise faas. Kontroll faasi eesmärgiks on jagada parendusfaasis õpitud kogu organisatsioonis, implementeerida toimivaid lahendused ja veenduda nende püsivuses. Selline lähenemine viib suuremate saavutusteni, sest kogu õpitu jagamine organisatsiooniga paneb ka teisi liikmeid mõtlema, kuidas teha samu tegevusi ka ettevõtte teistes osakondades. Kontrollimise faasi peamisteks väljunditeks on projekti sulgemiseks vajaliku dokumentatsiooni täitmine, lahenduste juurutamine täies mahus ja õpitu jagamine teistega, kontrollplaani koostamine, et veenduda lahenduste toimimises. (Basu, 2009, 133) Kontrollimise faasi peamised tegevused (Brook, 2014, 244):

- Olemasoleva plaani rakendamine
- Lahenduste standardiseerimine
- Projekti sulgemine

Kontrollimise faasi tööriistad (Basu, 2009, 133-134):

- *Ganti* graafik
- Tegevusvõrgu skeem
- *PDCA* tsükkel
- Teenitud väärtuse haldamine

## 1.5. Varasemad uurimused

Eelpool välja toodult väitis Stevenson (2015), et *Lean* ja *Six Sigma* koos kasutamine on mõttekas ning aitab projekte ja probleeme kergemini, süstemaatilisemalt ning põhjalikult lahendada. *DMAIC* kasutamine projektides ei ole viimase aasta vaade, vaid seda on juba varasemalt kasutatud. Näiteks aastal 2015 viis Lahtvee läbi uurimuse, milles töötas välja metodoloogia ettevõtetele, mille abil kaardistada ja analüüsida enda energia tarbimist. Uurimuse läbiviimiseks kasutas ta *DMAIC* mudelit, mis töö lõpus tõi hulganisti parendusettepanekuid. Samuti on *DMAIC* mudelit kasutanud oma uurimustes veel Kalm (2017), kes rakendas mudelit, et parendada sagedusmuundurite tootmisprotsessi ning Mõisama (2018), kes kasutas mudeli teatud osasid, et tõhustada ekspedeerimisettevõtte tööprotsesse. Kõikidel eelpool nimetatud juhtudel on mudeli

kasutamine toonud edusamme ning aidanud sõltuvalt kontekstist probleeme lahendada ning välja tuua hulganisti parendustegevusi. Eestis *DMAIC* rakendamine uurimustes on siiski vähene, kuid välismaal leiab uurimusi, kus just seda mudeli on kasutatud hulganisti. Näiteks on Nandakumar ja teised (2018) oma uurimuse toiduaine tööstuses läbi viinud kasutades *DMAIC* mudelit. Nende eesmärk oli *DMAIC* mudeli abil leida tootmise pudelikaelad ning parandada protsessi. Töö lõpus tehti ettepanekut, kuidas parandada üleüldiselt tööriistade efektiivsust, tõsta produktiivsust ning vähendada tootmise kõikumisi kasutades *Lean* ja *Six Sigma* metoodikat. Ühe suurema parendusena soovivad töö autorid antud ettevõttes kasutusele võtta 5S mudeli. Lisaks *DMAIC* kasutamisele projektides viidi Mast ja Lokkerboli (2011) poolt läbi uurimus Hollandis, kus hinnati kriitiliselt *DMAIC* olemust ning millistes olukordades antud mudel ei töötaks. Nende tööst selgub, et *DMAIC* mudelit ei oleks võimalik kasutada empiiriliste probleemide lahendamiseks, kus probleem on halvasti struktureeritud või subjektiivne. Samuti sobib *DMAIC* paremini laiahaardelisemate probleemide lahendamiseks, et läbi viia kõik mudeli etapid. *DMAIC* mudel on aga hea viis leidmaks strateegia probleemi analüüsimiseks ja lahendamiseks.

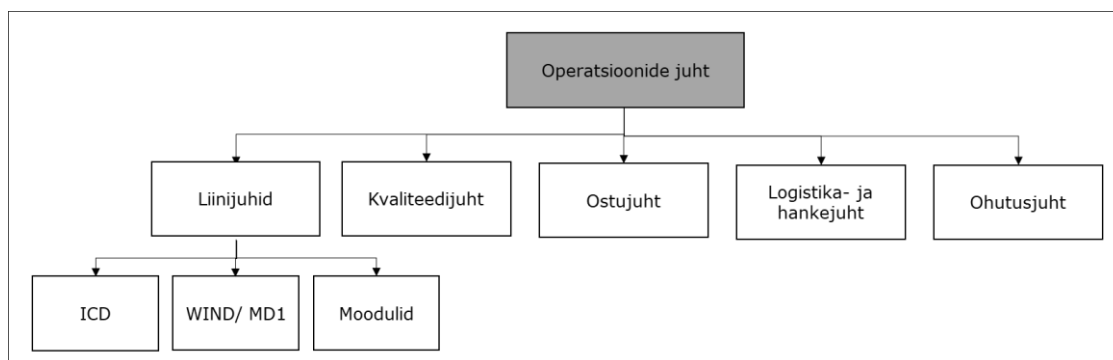
Varude haldamine kannab endas tähtsat rolli. Varudest rääkides teatakse tihti, et tegu on tarneahela osaga ning et varud hoiavad endas kulusid. Kuludena mitte ainult raha, mis on nende soetamiseks loovutatud vaid ka pinda, millel neid hoida. Varude kogus laos peaks olema minimaalne. (Davis, 2016, 2) Samuti on teada, et suurte varude omamine võib peita endas probleeme, mille avastamine ei ole tänu varude suurusele võimalik. Varude omamine annab turvatunde, et kliendi nõudlus on võimalik täita ka tarnijate materjali puuduse korral. (Slack et al, 2013, 368) Varude haldamist ning selle majandamist on uuritud palju nii Eestis kui välismaal. Põhiliselt küll laonduse printsiibist ja toormaterjali omamisest tehases, kuid pigem vähem tehase pinna kasutuse ning juba komplekteeritud materjalide puhvri poolelt. Antoni Ahlstedt (2019) on oma uurimuse loonud väikese toomisettevõtte varude haldamise parendamisele. Ta toob oma uurimuses välja, et antud ettevõttes olid varud algselt suured ning toormaterjali varud moodustasid üle 50% kogu sama aasta tulust. (20) Töö tulemusena loodi süsteem, mis aitas varusid paremini hallata ning tellida toormaterjali juurde vaid hetkel kui seda päriselt vajati. Samas on Süße ja Putz (2021) oma uurimuses öelnud, et tehaste paigutusplaani on uuritud aastaid, kuid tulemused sõltuvad suuresti varasemast kogemusest, ekspertide kaasamisest ja loovusest. Täna aga annab üha suurenev tarkvara areng häid võimalusi, et luua väga häid paigutusplaanid. Antud töös vaatlevad autorid, kas ja kuidas oleks võimalik kasutada ühte loodud tarkvara, milleks on *Generative Design*.

Üha enam üritavad ettevõtted liikuda null varudega toomise poole, mis paneb aga tugeva surve tarnijatele. Seda kõike eesmärgiga saada materjalid tootmisesse just sellele hetkel kui neid realselt vajatakse ning viies kulud alla nii tehases kotades puhveralad kui ka kärpides kulusid ladude pidamise arvelt. Ettevõtted, mis jälgivad *JIT* filosoofiat usuvad, et suudavad parendada oma finantsilist seisu. (Zhoungyuan et al, 2020) Zhoungyuan ja teised (2020) on uurinud null varudega tootmist ning selle juures ladude automatiseerimist. Uurimuse lõpus pakuvad nad omaltpoolt välja ka võimalikud lahendused, kuidas antud süsteem võiks toimida. Selle juures ei kaotata ära puhveralasid tootmises täielikult, vaid need liigutatakse toomisliinile lähemale ning sinna jõuvad materjalid just selleks ettenähtud ajal.

## 2. LÄHTEÜLESANDE PÜSTITUS

### 2.1. ABB AS *Drives* tehas

*Drives* (madalpingeajamite) tehas, mis on ABB AS allüksus, loodi aastal 2005. Tehase peamiseks suunaks on madalpingeajamite ning vaheldite ja pingemuundurite tootmine. Madalpingeajameid kasutatakse elektrimootorite ja generaatorite juhtimiseks ning sagedusmuundurid aiatvad säästa elektrienergiat. (ABB AS, 2020) Teistest Jüris asuvatest ABB tehastest eristub *Drives* oma struktuuri poolest. Kui tavapäraselt müüvad tootmisettevõtted oma tooteid, siis Eesti *Drives* tehas müüb samanimelisele Soome tehasele hoopis tootmiseks kulunud töötunde. Seega on Eestis eksisteeriv *Drives* tehas otseses alluvuses Soome omale. Sellegi poolest on ettevõtte eesmärgiks tegutseda suuremalt ning teenida rohkem kasumit. Joonisel 2.1 on välja toodud operatsioonide osakonna struktuur. Kogu operatsioonide osakond, kuhu kuuluvad tootmine, kvaliteediosakond, ostuosakond, logistika- ja hankeosakond ning ohutusosakond, allub operatsioonide juhile.



Joonis 2.1 ABB AS, *Drives*, Operatsiooni osakonna struktuur (2021)

Allikas: ABB AS, 2021. (Dokumentatsioon autori valduses)

*Drives* tehas on suures pildis jagatud kaheks:

1. Kabinettide toomine
2. Moodulite tootmine

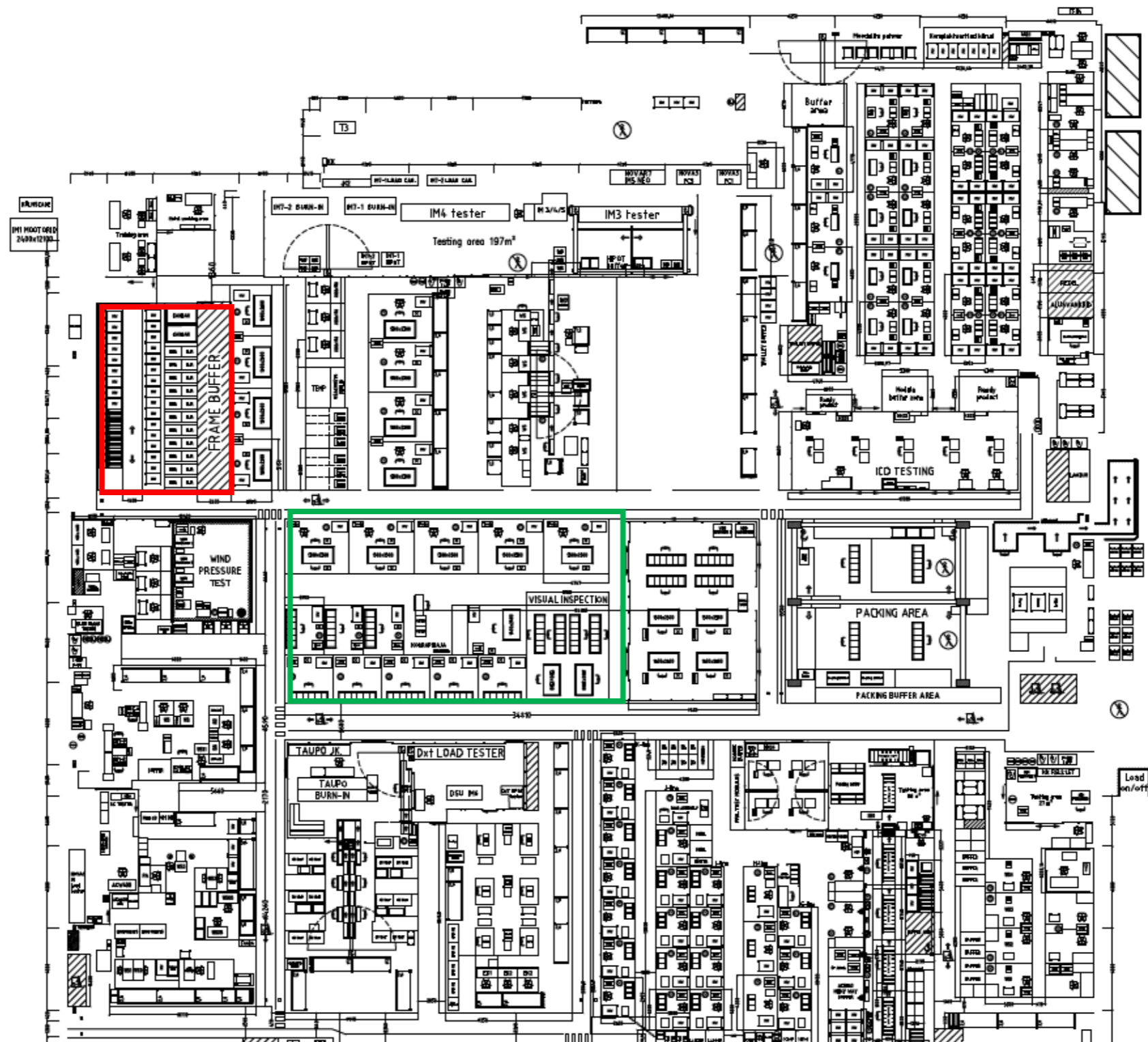
Kabinettide toomises on kolm liini (ICD, WIND, MD1), mis toodavad kõik eriotstarbelisi kabinette. Kõik tehases olevad liinid on loetletud lisas 2.1. Tegemist on vaid liinide nimetustega ning tähelühendite taga ei eksisteeri süsteemi ega tähendust. Neist

suurima pinna võtab enda alla just WIND liin. Liini tehtavad tooted on suured, mis tähendab, et tootmiseks on vaja palju erinevaid komponente, milledest osad on väga mahukad. See omakorda tekitab suured materjalide puhvrid. Lisaks on WIND liinil toomine projektipõhine ning tänaseni pole leitud, et mõne toote müük oleks suurem kui teine. Selle tõttu on WIND liinil keeruline prognoosida tuleviku tellimusi ning luua protsesse, mis sobiksid kokku kõikide projektidega.

ABB AS *Drives* tehases on pidev parendus ja efektiivsuse tõstmine igapäevane eesmärk. Seda tõestavad ka juba kasutuses olevad *Lean* tööriistad nagu näiteks *5S*, mis on antud tehases asendatud *6S*ga kuna juurde on lisatud ohutus (*safety*). Lisaks *6S*le vaadatakse protsesse pidevalt üle, et teha toote koostamine töötajatele võimalikult lihtsaks ja mugavaks. Nii toodete disainis kui ka taustsüsteemides kasutatakse *Poka-Yoke* (eksimisvabu) lahendusi, kus eksimine oleks võimatu. *Drives* tehas koolitab pidevalt kõiki ettevõtte töötajaid *Lean* kui ka *Six Sigma* ja *DMAIC* vallas. Nii on kõik töötajad läbinud vähemalt *White Belt* koolituse, mis annab aimu *Lean Six Sigma* olemusest ning mõtteid sellest, kuidas töötaja saab igapäevaselt oma tööd paremaks ja efektiivsemaks muuta. Lisaks on ettevõttes üks *Black Belt*, 9 *Green Belti* ning 58 *Yellow Belti*. Kõikide parendusprojektide läbiviimiseks kasutatakse tehases *DMAIC* mudelit. Mudel on hinnatud, kuna määratleb selgelt ära, mis on projekti osa ja mis mitte. Nii suures ettevõttes on ülimalt oluline, et projekti käigus ei hakataks teemast kõrvale kalduma ning hoitaks fookust õigel kohal.

## 2.2. Tootmispinna planeerimine

Antud uurimustöös on võtmetähtsusega tootmispinna efektiivne kasutamine. ABB AS *Drives* tootmis korruse plaan on välja toodud joonisel 2.2. Punasega on tähistatud WIND liini puhverala ning rohelisega WIND liin.



Joonis 2.2. ABB AS Drives tootmiskorruse plaan

Allikas: ABB AS Drives Layout. (Dokumentatsioon autori valduses)

*Layout* (paigutusplaan) viitab osakondade, töökeskuste ja seadmete asetusele, mille juures pööratakse erilist tähelepanu toodete/ töö liikumisele läbi kogu süsteemi. *Layout* koostamine on oluline peamiselt kolmel põhjusel (Stevenson 2015, 250):

1. Hea plaan nõuab suuri väljaminekuid ning märkimisväärseid jõupingutusi
2. Need on seotud pikaajalise kohustusega, mis muudab eksimused hiljem raskesti muudetavateks
3. Suur mõju kuludele ja efektiivsusele

*Layout* ümberkujundamine on seotud tavaliselt ebaefektiivsete toimingutega (kõrged kulud, pudelikaelad), õnnetus- või ohutusjuhtumitega, toodete või teenuste disaini muudatustega, uute toodete või teenuste algatusega, tootmismahu tõusuga, moraalsete probleemidega jne. Halb *layout* võib suuresti mõjutada kogu süsteemi toimimist. *Layout* disaini põhieesmärgiks on sujuv materjaluide, töö- ja informatsioonivoog läbi kogu süsteemi. Toetavad eesmärgid *layout* loomisel on tavaliselt (Stevenson 2015, 250):

1. Toote või teenuse kvaliteedi saavutamise hõlbustamine
2. Töötajate ja ruumi efektiivne kasutamine
3. Pudelikaelade vältimine
4. Materjalide käsitlemise kulude minimaliseerimine
5. Töötajate ja materjalide ebavajaliku liikumise elimineerimine
6. Toomise või klienditoe aja minimeerimine
7. Ohutus

*Layout* valimine sõltub suuresti protsessist, seega võib *layout*’i protsessi põhjal jagada kaheks (Stevenson 2015, 250):

1. Korduva töötlemisega protsess
2. Kordumatu töötlemisega protsess

Korduva töötlemisega protsessi juurde kuulub tootepõhine *layout*. Antud süsteemis läbib toode, informatsioon või klient alati ettevalmistatud rada, milles vajalike tegevuste jada vastab protsesside paiknemise järjestusele. Paigutuse muudab eriliseks asjaolu, et vajalikud ressursid on liini kõrval saadaval ning järjestatud vastavalt protsessile. Tänu eelpool mainitule kutsutakse seda *layout*’i ka vooks või liini põhiseks *layout*’ks. Voog on selge, ennustatav ning kergesti hallatav. (Slack et al, 2013, 197) Tootepõhist *layout*’i kasutatakse, kui soovitakse saavutada suurtel volüümidel toodete või klientide sujuv ja kiire voog, mis on võimalik vaid juhul, kui tooted või teenused on standardsed ning töö

protsess korduv. Töö jagatakse tavaliselt standardseteks osadeks, mis võimaldab seadmetele spetsialiseerumist ja efektiivset tööjaotust. (Stevenson 2015, 250-251)

Kordumatu töötlemisega protsesside juurde kuulvad fikseeritud-, protsessipõhine- ning lahter *layout*. Fikseeritud *layout*'i puhul liiguvad materjali, informatsiooni ja kliendi asemel läbi operatsiooni hoopis tööriistad, masinad ja inimesed, kes protsessi täidavad. (Slack et al, 2013, 194) Fikseeritud *layout*'i puhul püsib valmiv toode alati samas kohas. Sellise *layout*'i kasutus tuleneb tavaliselt toote omadustest. Näiteks on toode raske, suuremõõtmeline või temperatuuritundlik, mis muudab selle liigutamise ebasoovitavaks või äärmiselt raskeks. Fikseeritud *layout*'i kasutatakse tihtipeale ehitusprojektide juures. (Stevenson 2015, 254)

Funktsionaalne *layout* on mõeldud toodete töötlemiseks või teenuste pakkumiseks, mis vajavad erinevaid töötlemisnõudeid. See tähendab, et kõik tooted ei läbi alati samu operatsioone vaid need valitakse lähtuvalt kliendi soovidest ja toodete spetsiifikast. Lisaks nõuab toodete mitmekesisus pidevat seadete kohandamist. (valge 253) Funktsionaalse *layout*'i puhul on sarnased ressursid või protsessid seatud samadele kohtadele kuna neid on mugav koos hoida või parendab see ressursside kasutust. (Slack et al, 2013, 194) Näiteks võivad ühel liinil olla puurimise, lõikamise ja lihvimise operatsioonid, aga iga toote puhul viiakse läbi vaid need tegevused, mis on vajalikud just selle toote valmistamiseks. (Stevenson 2015, 253) Funktsionaalsete *layout*'ide peamiseks eesmärgiks on minimeerida operatsioonide kulusid, mis on seotud protsessi vooga. Tihti tähendab see liikumiste vähendamist operatsioonide vahel. *Layout*'i efektiivsuse arvutamiseks on võimalik kasutada valemit 2.1. Mida väiksem on efektiivsuse skoor, seda paremini on *layout* üles ehitatud. (Slack et al, 2013, 205-207).

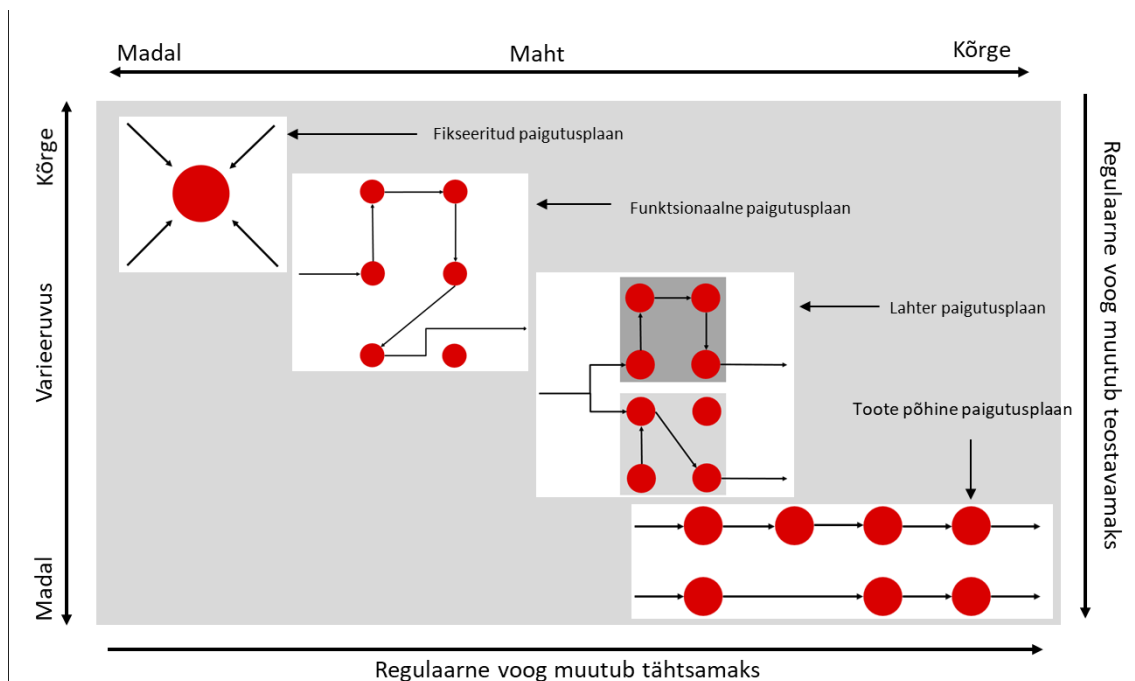
$$\text{Layout'i efektiivsus} = \sum F_{ij} D_{ij}, \text{ kus } i \neq j \quad (2.1)$$

$F_{ij}$  = voog teekondade kaupa tööjaamast  $i$  tööjaama  $j$

$D_{ij}$  = distantis tööjaama  $i$  ja  $j$  vahel

Lahter *layout*'is on töökohad grupeeritud lahtritesse. See tähendab, et töökohad, mida on vaja ühe toote või tootegrupi valmistamiseks, on kokku koondatud. (Stevenson 2015, 256) Lahtris endas võib olla nii funktsionaalne kui ka tootepõhine paigutus. Kui toode on ühes lahtris ümber töödeldud võib see liikuda järgmisesse (Slack et al, 2013, 197). Nii võib olla kaks samasugust lahter paigutust, samade tööjaamadega, aga toode läbib lahtri, läbimata kõiki tööjaamu (Stevenson 2015, 256). Näiteks kasutavad sellist *layout*'i buffet restoranid, kus on grupeeritud ühe lahtrina taimetoit ja teisena veganitele mõeldud toit. Klient jalutab kogu lahtrist läbi, võtmata kõiki pakutavaid roogi. (Slack et al, 2013, 197)

Joonisel 2.3 on välja toodud kõik eelpool mainitud *layout*'i võimalused. Lisaks näitab joonis, milliste mahtude juures ning kui suure toodete variatsiooni juures oleks üks või teine *layout* eelistatud. Näiteks kõrgete mahtude ja madala varieeruvusega toodete puhul tasuks eelistada tootepõhist *layout*'i. Selliste kriteeriumite juures muutub regulaarne voog tähtsaks ning ka teostavamaks.



Joonis 2.3. *Layout*'i ja protsessi ühtlustamine

Allikas: ABB Industrial Engineering, M.Must (2021). (Dokumentatsioon autori valduses)

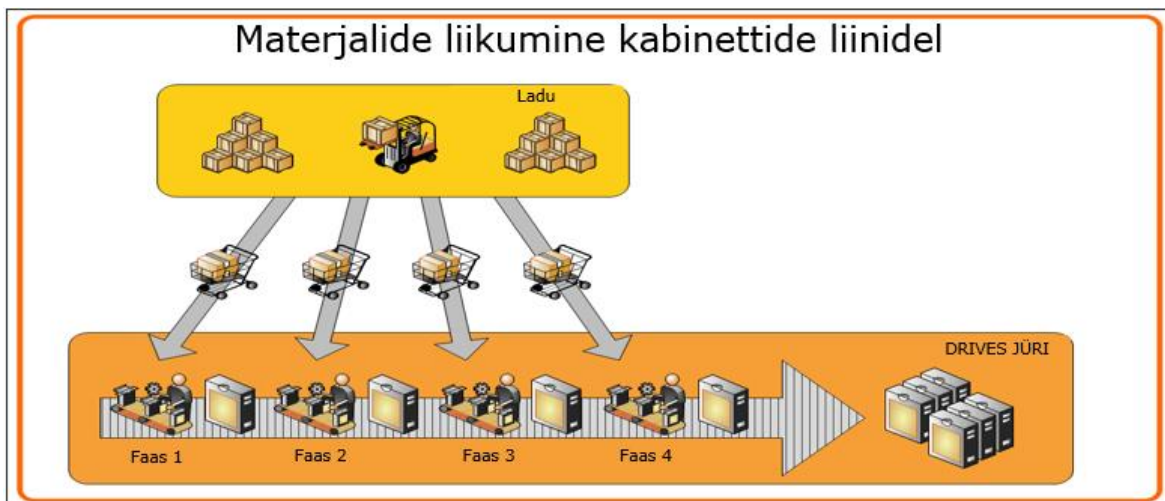
ABB AS *Drives* tehas kasutab kõikide liinide puhul erinevaid *layout* lahendusi. Näiteks mooduli liinide puhul kasutatakse toote põhise *layout*'i. Samas kui WIND liini *layout* on projektipõhiselt kas funktsionaalne või toote põhine.

## 2.3. Lähteprobleemi defineerimine

ABB AS *Drives* tehas kasutab toormaterjalide liigutamiseks kahte võimalust. Üks nendest on *Kanban* ning teine *Set-Pick* komplekteerimiskärude (käru, millele on komplekteeritud vaid ühe töö materjalid) ringlus. Esimese variandi puhul määratakse materjalidele tehases oma kohad (riiuliaadressid) ning määratletakse kogused, mis

peaksid riulis olemas olema. Seejärel luuakse kahe kasti süsteem, mis tähendab seda, et kui üks kast saab materjalist tühjaks, tehakse tellimus uuele kastile ning samal ajal kasutatakse materjale teisest kastist. järele, küdi samaaegselt kasutatakse teisest kastist materjali.

*Set-Pick* komplekteerimiskäruude puhul kasutatakse iga töö jaoks käru/ kärusid, et kõik materjalid majja tellida. See tähendab, et tehases on täpselt nende tööde materjalid, mida tuleb tootma hakata. *Set-Pick* kärud komplekteeritakse ettevõtte kolmanda osapoole laos, kust tuleb auto ABB tehasesse kolm korda päevas. Tellimuste sisestamiseks on määratud kindlad ajavahemikud. See aitab lao töötajal aru saada, millised tellimused peavad millisele autole jõudma. Joonisel 2.4 on lahti joonistatud *Set-Pick* käruude liikumise süsteem. Joonisel 2.5 on välja toodud *Set-Pick* käru.



Joonis 2.4. Materjalide liikumine kabinettide liinidel

Allikas: ABB LV Dirves, LAC presentation, S. Seibold 2013. (Dokumentatsioon autori valduses)



Joonis 2.5. *Set-Pick* komplekteerimiskäru

Allikas: ABB LV Dirves, LAC presentation, S. Seibold 2013. (Dokumentatsioon autori valduses)

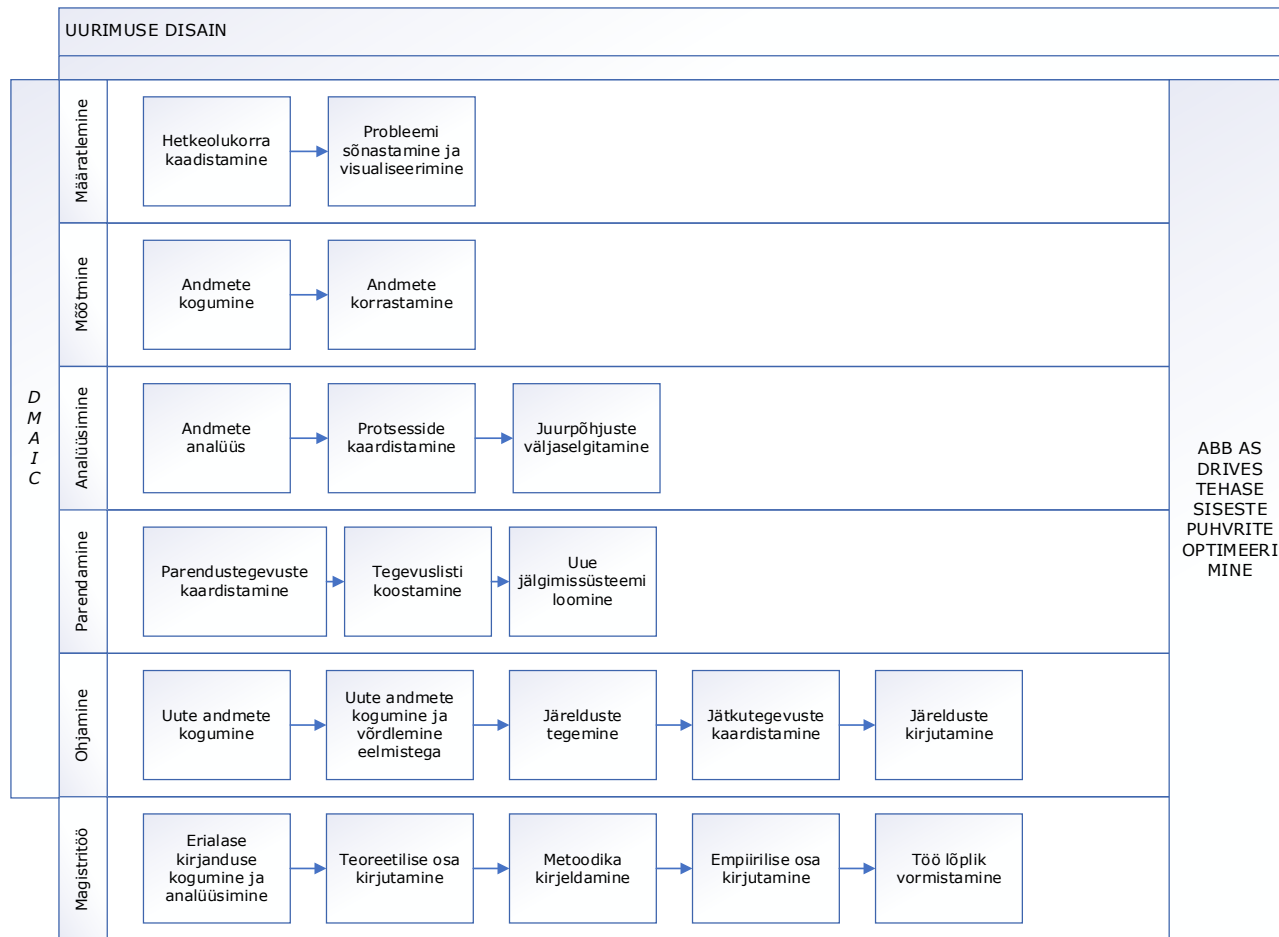
Kõik kabinettide toomisliinid kasutavad *Set-Pick* kärusid ning väidetavalt võtavad kärude puhvrid enda alla suure osa tehase pinnast. Tõusvate toomismahtude valguses on vaja tehases leida ruumi uutele liinidele ning muuta olemasolevate liinide ruumikasutus efektiivsemaks. Suurima probleemina nähakse WIND toomisliini, sest seal koostatakse suuremõõtmelisi kabinette ning pidevalt on toomises näha kärusid, mis on majja saabunud mitu nädalat tagasi, aga pole seni kasutust leidnud. Liini pinnakasutuse efektiivsemaks muutmiseks, tuleb esmalt määratleda probleem ning leida, kas antud väited vastavad tõele. Autori eesmärgiks on välja selgitada probleemi olemus, kaardistada see, viia läbi uurimustöö kärude ringluse ja tehase pinna efektiivse kasutuse osas ning leida koos tiimiga lahendused probleemidele.

## **3. METOODIKA**

### **3.1. Uurimustöö strateegia kujundamine**

Käesolev uurimustöö on koostatud kui arendusuurimus. Arendusuurimuses tegeletakse praktiliste probleemide lahendamisega ning tihti on uurimuse väljundiks praktiline lahendus. Arendusuurimuses lähtutakse vastuolust, kitsaskohast või uue idee sisendist ning püüeldakse parenduse poole. (Krabi & Laherand, 2010, 13) Töös kasutatakse peamise uurimusmeetodina juhtumiuurimust. Juhtumiuurimus on ühe üksuse, ettevõtte, grupeeringu või muu mitmekülgne süvaanalüüs. Uurimuses toetutakse üksuse kirjeldusele, mis hõlmab nii hetkeolukorra kui ka tulemuste kaardistamist. (Strömpl, 2014)

Uurimustöö paremaks ohjamiseks ning etappide kaardistamiseks lõi autor uurimuse disaini. Uurimuse disainis joonisel 3.1 on välja toodud kõik tegevused ja sammud, et uurimus edukalt läbi viia. Disain on ülesehitatud nii, et esmalt viis autor läbi projekti kasutades *DMAIC* mudelit ning sellele järgnevalt vormistas projekti uurimustööks. Kõik kujutatud read on tehtavad üksteise järgi ning järgides ridade sisu.



Joonis 3.1 Uurimuse disain

Allikas: Koostatud autori poolt

## 3.2. Andmete kogumine ja analüüs

Uurimustöö läbiviimiseks kasutab autor eelpool välja toodud *Lean Six Sigma* tööriistu. Kuna tegemist on parendusprojektiga, lähtub autor *DMAIC* mudelist ning viib projekti läbi kasutades antud mudelis väljatoodud etappe. Esmalt määratleb autor, kas kirjeldatud probleem on adekvaatne ning teostab esmase analüüsi, vaadeldes liinide suurust ning müüdnud tundide arvu. Lisaks täidab autor projekti tšarteri, milles kaardistab ära projekti fookuse ja ulatuse ning leiab projektimeeskonna.

Andmete kogumiseks mõõtmise faasis kasutab autor teiseseid süsteemis eksisteerivaid andmeid. Analüüsi teostamiseks vajab autor kahte erinevat andmete raportit- esiteks raportit, milles olid kuvatud tellimuste numbrid ning nende tellimuste töösse võtmise hetk, teiseks andmed tellimuste majja jõudmisest. Joonisel 3.1 on välja toodud näide tellimuste töösse võtmise andmetest ning joonisel 3.2 andmed tellimuste tehasesse jõudmisest.

OrderNumber	ActualStartDate	CompletedDate	ProductionDepartment
104466280	9.11.2018	28.01.2019	WIND
104466281	15.11.2018	6.02.2019	WIND
104466282	27.11.2018	25.01.2019	WIND
104466283	19.12.2018	6.03.2019	WIND
104476050	23.10.2018	5.11.2018	WIND
104476051	29.10.2018	6.11.2018	WIND
104476187	30.10.2018	8.11.2018	WIND
104476224	23.10.2018	5.11.2018	WIND
104476225	29.10.2018	6.11.2018	WIND
104476226	30.10.2018	8.11.2018	WIND
104643564	17.12.2018	15.01.2019	WIND
104643570	17.12.2018	15.01.2019	WIND
104607041	9.11.2018	14.01.2019	WIND
104607042	9.11.2018	14.01.2019	WIND
104551112	17.12.2018	20.12.2018	WIND
104550543	14.12.2018	20.12.2018	WIND
104494716	22.10.2018	23.10.2018	WIND
104494717	23.10.2018	24.10.2018	WIND
104494718	24.10.2018	25.10.2018	WIND
104494719	24.10.2018	29.10.2018	WIND
104494720	29.10.2018	30.10.2018	WIND
104494721	29.10.2018	31.10.2018	WIND
104494868	27.12.2018	2.01.2019	WIND
104494862	13.12.2018	2.01.2019	WIND
104494863	13.12.2018	2.01.2019	WIND
104494864	18.12.2018	8.01.2019	WIND
104494865	18.12.2018	27.12.2018	WIND
104494866	20.12.2018	2.01.2019	WIND
104494867	20.12.2018	10.01.2019	WIND
104494856	6.12.2018	27.12.2018	WIND
104494857	7.12.2018	27.12.2018	WIND
104494858	11.12.2018	27.12.2018	WIND
104494859	7.12.2018	12.12.2018	WIND
104494860	11.12.2018	14.12.2018	WIND
104494861	12.12.2018	13.12.2018	WIND
104494850	23.11.2018	3.12.2018	WIND
104494851	26.11.2018	27.12.2018	WIND

Joonis 3.1 WIND tellimuste töösse võtmise andmed

Allikas: Autori koostatud

SAP GR date	SAP GR time	UNLOADING POINT TEXT	ActualStart date
12.11.2018	9:25:21	S/WAS/104535145/0010	13.11.2018
12.11.2018	9:25:12	S/WAS/104535146/0010	13.11.2018
12.11.2018	8:17:43	S/WAS/104535487/0010	12.11.2018
12.11.2018	8:17:31	S/WAS/104535488/0010	13.11.2018
12.11.2018	8:17:20	S/WAS/104535489/0010	13.11.2018
12.11.2018	8:17:08	S/WAS/104535490/0010	14.11.2018
12.11.2018	9:29:16	S/WAS/104541717/0010	12.11.2018
12.11.2018	9:29:27	S/WAS/104541718/0010	13.11.2018
9.11.2018	19:28:06	S/WAS/104605054/0010	2.11.2018
13.11.2018	8:21:50	S/WAS/104535147/0010	14.11.2018
13.11.2018	8:21:36	S/WAS/104535148/0010	15.11.2018
13.11.2018	9:17:08	S/WAS/104535491/0010	16.11.2018
13.11.2018	9:16:54	S/WAS/104535492/0010	19.11.2018
13.11.2018	9:16:45	S/WAS/104535493/0010	19.11.2018
13.11.2018	9:15:47	S/WAS/104535494/0010	20.11.2018
13.11.2018	8:22:20	S/WAS/104541719/0010	13.11.2018
13.11.2018	8:22:02	S/WAS/104541720/0010	13.11.2018
13.11.2018	14:58:20	S/WAS/104535376/0010	14.11.2018
13.11.2018	14:55:24	S/WAS/104535377/0010	14.11.2018
13.11.2018	14:57:21	S/WAS/104535378/0010	14.11.2018
13.11.2018	15:03:52	S/WAS/104535379/0010	14.11.2018
13.11.2018	20:08:18	S/WAS/104494728/0010	14.11.2018
13.11.2018	20:08:28	S/WAS/104494848/0010	15.11.2018
13.11.2018	20:08:54	S/WAS/104494942/0010	15.11.2018
13.11.2018	20:09:09	S/WAS/104494943/0010	15.11.2018
14.11.2018	15:13:59	S/WAS/104541721/0010	14.11.2018

### Joonis 3.2 WIND tellimuste tehasesse saabumise andmed

Allikas: Autori koostatud

Andmete rühmitamiseks ning ühe tabeli loomiseks tegeles autor andmete korrastamisega. Esmalt pidi autor leidma mõlemas tabelis üles samad tellimused ning need omavahel sobitama. Teiseks sorteeris autor tellimused ka vastavalt osakondadele ja faasidele. Nende kahe sammu lõpuks lõi autor osakondade ja faaside kaupa tabelid, mida järgmises sammus analüüsima hakata. Näide loodud tabelist toodud joonisel 3.3.

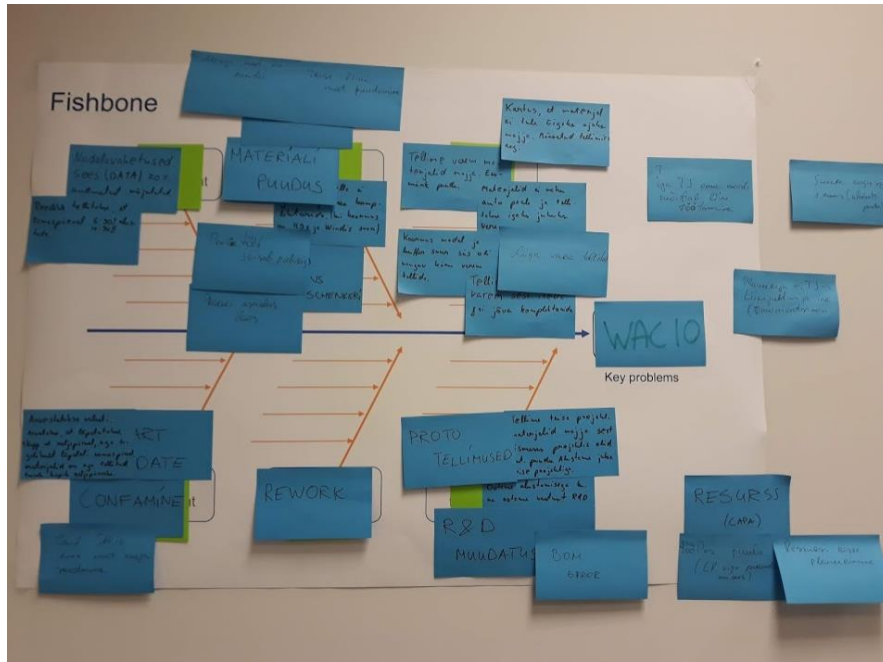
PO	SAP GR date	SAP GR time	UNLOADING POINT TEXT	LINE	FASE	ActualStart date	Days between GR and Actual
104535145	12.11.2018	9:25:21	S/WAS/104535145/0010	WAS	0010	13.11.2018	1
104535146	12.11.2018	9:25:12	S/WAS/104535146/0010	WAS	0010	13.11.2018	1
104535487	12.11.2018	8:17:43	S/WAS/104535487/0010	WAS	0010	12.11.2018	0
104535488	12.11.2018	8:17:31	S/WAS/104535488/0010	WAS	0010	13.11.2018	1
104535489	12.11.2018	8:17:20	S/WAS/104535489/0010	WAS	0010	13.11.2018	1
104535490	12.11.2018	8:17:08	S/WAS/104535490/0010	WAS	0010	14.11.2018	2
104541717	12.11.2018	9:29:16	S/WAS/104541717/0010	WAS	0010	12.11.2018	0
104541718	12.11.2018	9:29:27	S/WAS/104541718/0010	WAS	0010	13.11.2018	1
104605054	9.11.2018	19:28:06	S/WAS/104605054/0010	WAS	0010	2.11.2018	-7
104535147	13.11.2018	8:21:50	S/WAS/104535147/0010	WAS	0010	14.11.2018	1
104535148	13.11.2018	8:21:36	S/WAS/104535148/0010	WAS	0010	15.11.2018	2
104535491	13.11.2018	9:17:08	S/WAS/104535491/0010	WAS	0010	16.11.2018	3
104535492	13.11.2018	9:16:54	S/WAS/104535492/0010	WAS	0010	19.11.2018	6
104535493	13.11.2018	9:16:45	S/WAS/104535493/0010	WAS	0010	19.11.2018	6
104535494	13.11.2018	9:15:47	S/WAS/104535494/0010	WAS	0010	20.11.2018	7
104541719	13.11.2018	8:22:20	S/WAS/104541719/0010	WAS	0010	13.11.2018	0
104541720	13.11.2018	8:22:02	S/WAS/104541720/0010	WAS	0010	13.11.2018	0
104535376	13.11.2018	14:58:20	S/WAS/104535376/0010	WAS	0010	14.11.2018	1
104535377	13.11.2018	14:55:24	S/WAS/104535377/0010	WAS	0010	14.11.2018	1
104535378	13.11.2018	14:57:21	S/WAS/104535378/0010	WAS	0010	14.11.2018	1
104535379	13.11.2018	15:03:52	S/WAS/104535379/0010	WAS	0010	14.11.2018	1
104494728	13.11.2018	20:08:18	S/WAS/104494728/0010	WAS	0010	14.11.2018	1
104494848	13.11.2018	20:08:28	S/WAS/104494848/0010	WAS	0010	15.11.2018	2
104494942	13.11.2018	20:08:54	S/WAS/104494942/0010	WAS	0010	15.11.2018	2
104494943	13.11.2018	20:09:09	S/WAS/104494943/0010	WAS	0010	15.11.2018	2

### Joonis 3.3 WAS10 korrigeeritud andmed

Allikas: Autori koostatud

Võrdlusmomendi tekitamiseks kaardistab autor ka ICD liini kärude ringluse. Lisaks viib autor läbi teise mõõtetulemuste kaardistamise, et veenduda probleemi olemuses igal ajahetkel. ICD kui WIND liini protsessi kaardistamiseks kaasas autor ka projekti tiimi ning vestles planeerijate ja töödejuhatajatega.

Analüüsimise faasis analüüsis autor saadud tulemusi. Tulemuste kuvamiseks kasutati Pareto graafikuid, et selgelt välja tuua kui palju tellimusi, mis ajal jooksul kasutusse võeti. Peale tulemuste analüüsi viis autor läbi koos fookusgrupiga ajurünnaku, kus kaardistati ära kõik kärude puhvriga seotud probleemid. Fookusgruppi kuulusid kõik tiimi liikmed ning lisaks ka operatsioonide juht, kvaliteedijuht, logistikajuht, STO tiimi (tehaste ja ladude vaheliste kannete tiim) liige ning materjali koordinaator. Viimased olid ajurünnakus osalised tulenevalt oma pädevusest või tugevast seosest antud liini protsessidega. Ajurünnaku paremaks korraldamiseks ja süstemaatilisuse tagamiseks valmistas töö autor ette tühjad kalaluu diagrammi postrid, kus igale postrile oli võimalik luua kategooriaid ning kõik probleemid kategooriate vahel jagada. Näide postrist toodud joonisel 3.3



Joonis 3.3 WAC10 kalaluu murekohtadega

Allikas: Koostatud autori poolt

Järgmiseks määrati igale probleemile number ning kanti kõik probleemid mõju ja sagedus maatriksile. Näide täitmata maatriksist toodud joonisel 3.4.

Mõju	10										
	9										
	8										
	7										
	6										
	5										
	4										
	3										
	2										
	1										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Sagedus									

Joonis 3.4 Mõju ja sagedus maatriks tabeli näide.

Allikas: Koostatud autori poolt

Välja toodud maatriks aitab järgmistes faasides määratleda, millised probleemid on suurema tähtsusega. Lisaks andis maatriksi kasutamine selge ülevaate, millisesse maatriksi osasse probleemid koonduvad.

### 3.3. Projekti meeskonna töö juhtimine

Uurimustöö on koostatud projektina ettevõttes ABB AS *Drives* ning käesoleva töö autor osales projektis projektijuhina. *DMAIC* kontseptsioonist tulenevalt on tegemist projektiga, kus suurema osa tööst teeb siiski projektijuht ning tiimi liikmed on pigem antud protsessiga seotud inimesed ning toetavad oma igapäeva töö ja teadmistega projekti kulgu. Projekti liikmed valiti projekti esimeses faasis. Tiimi liikmetena kaasati:

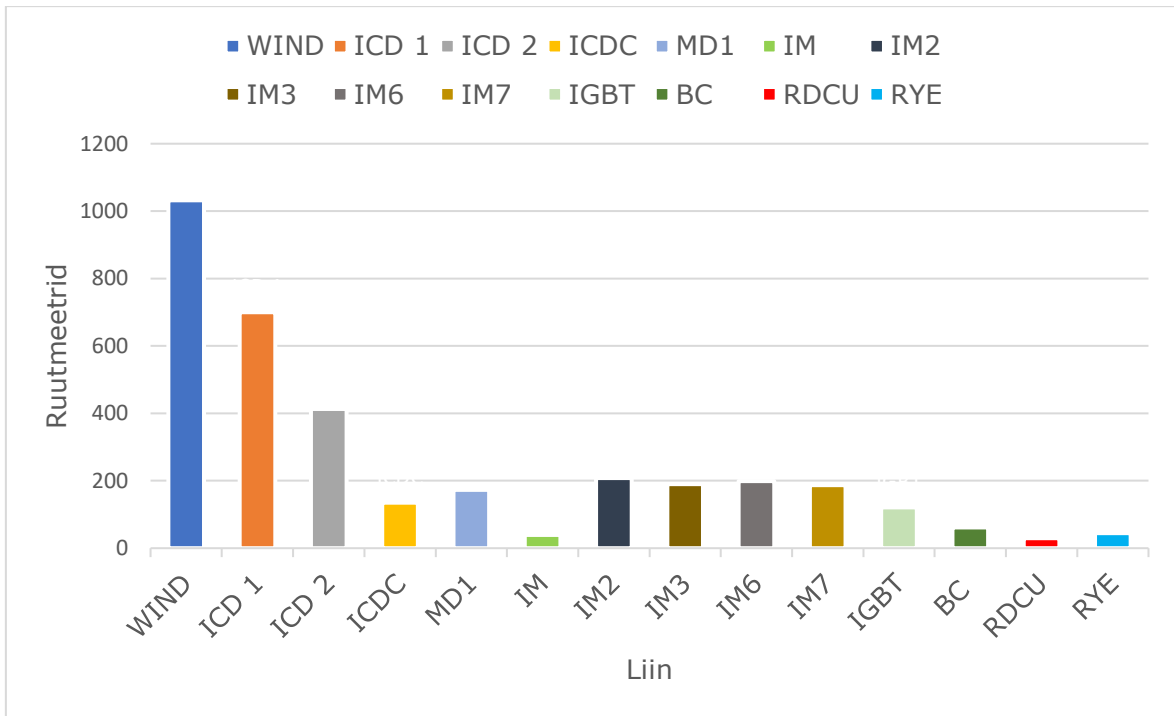
- WIND liinijuht
- Planeerijad (2)
- Töödejuhatajad (3)
- Insenerid (2)

Lisaks tiimi liikmetele oli projekti kaasatud ka infosüsteemide haldur, kes varustas projektijuhti algsete andmetega süsteemist. Planeerijate ja töödejuhatajatega vesteldes kaardistati nii algne kui uus protsess. Vestlused peeti eraldi iga indiviidiga, et aru saada, kuidas reaalne protsess toimib ja kuidas iga töötaja sellest aru saab. Projekti meeskond mängis suurt rolli analüüsimise ning parendamise faasis. Analüüsimise faasis osales ajurünnakus kogu tiim ning lisaks operatsioonide juht, kvaliteedijuht, logistikajuht, materjali koordinaator ning *STO* tiimi liige. Kõik panustasid oma teadmistega erinevast vaatest ning tõid välja murekohti, millega nad igapäevatoos kokku puutuvad. Ajurünnakus oli projektijuhi töö jälgida aega ning kogu ajurünnaku meeleolu hoidmine ja läbiviimine. Lisaks murekohtades kaardistamisele tegeleti ajurünnaku teises osas mõju ja sagedus maatriksi täitmisega, kus taaskord kõik tiimi liikmed said sõna sekka öelda. Ajurünnaku viimases osas pandi kirja parendustegevused ning lepiti kokku, milliste lahendamiseks edasi minnakse. Selles osas tuli sisend suuresti ka operatsioonide juhilt ning kvaliteedijuhilt, kuna nende arusaam, kuidas protsess võiks välja näha oli võtmetähtsusega. Saadud sisendi pealt vormistas projektijuht tegevuste loendi ning koos tiimiga määrati vastutavad isikud nende täitmiseks. Vastutavad isikud said ise välja tuua, mis ajaks lahendused on ellu viidud. Projektijuhi ülesandeks jäi osade lahenduste eest vastutamine ning teiste töö jälgimine paari nädala tagant ning kokkuvõtete tegemine hetke seisust.

## **4. SET-PICK KOMPLEKTEERIMISKÄRUDE PUHVRI OPTIMEERIMINE**

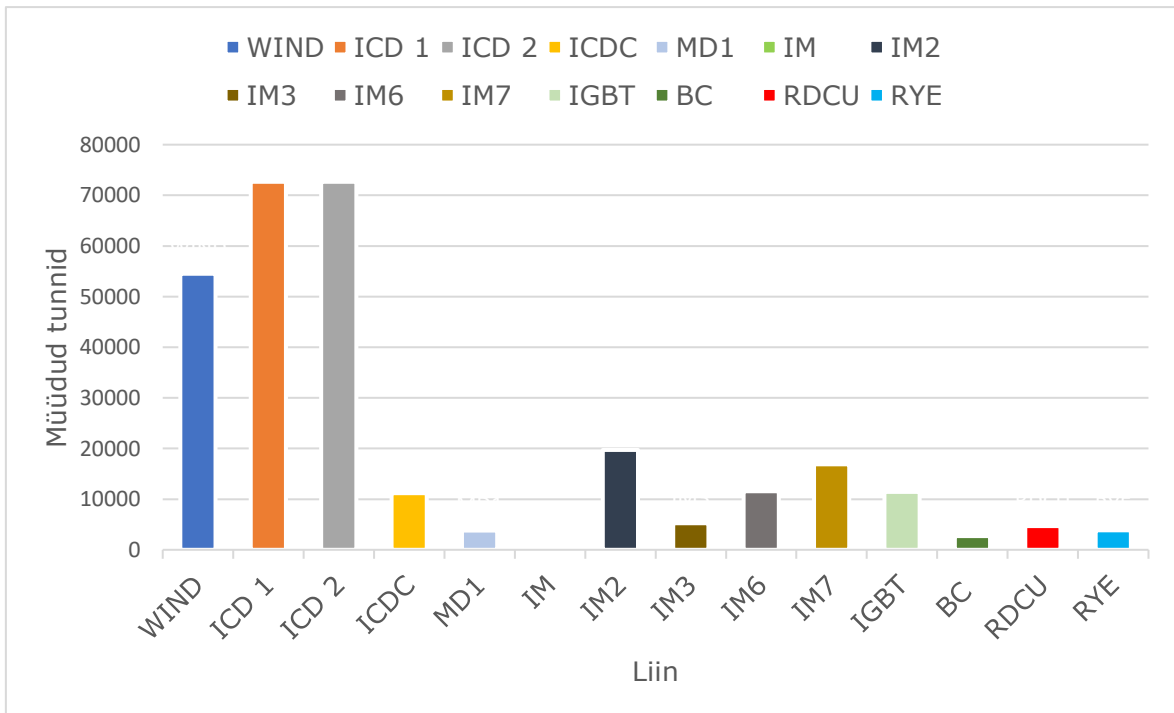
### **4.1. Määratlemine (*Define*)**

Projekti esimeses osas määratles autor probleemi olemuse ning selgitas, miks antud tootmisliini probleem on päevakohane. ABB AS *Drives* tehase WIND liini probleemiks oli väide, et kärud seisavad liiga kaua puhveralas, mille jaoks kasutatakse liiga suurt osa potentsiaalsest toomispinnast. Tulenevalt tootmiskoguste tõusutrendist oli vaja leida tootmisliini laiendamise võimalusi ning ühe arengukohana nähti puhveralade vähendamist. Lisaaspektina võib välja tuua, et WIND liini tootmine kasutab kõige suuremat osa tehase pinnast, aga nende müüdüd tundide osakaal ei ole kõige kõrgem. Joonisel 4.1 ja 4.2 on näha toomispindade suuruse ja müüdüd tundide võrdlus liinide lõikes. Joonis 4.1 näitab, kui suure osa moodustab iga liin kogu tehase pindalast. Joonis 4.2 näitab, kui palju tunde müüs iga osakond 2018. aasta lõikes ning milline oli nende osakaal kogu müüdüd tundide mahust. Jooniste põhjal võib öelda, et tootmispinda suudavad väga hästi kasutada ICD1, ICD2 ja moodulite liinid, aga WIND ja MD1 liini puhul olukord nii hea ei ole.



Joonis 4.1. Liinide pindala osakaal tehase pinnast

Allikas: Koostatud autori poolt



Joonis 4.2. Müüdnud tundide osakaal liinidel kogu müüdnud tundide mahust

Allikas: Koostatud autori poolt

Lisaks probleemi määratlemisele kaardistas autor, et projektis vaadeldav protsess saab alguse sellest, kui planeerija vabastab tellimused tootmisele ning lõpeb hetkel, mil kabinat on valmis testimiseks. Joonistest lähtuvalt kaardistas autor ära WIND puhverala suuruse, milleks on 95,9 ruutmeetrit.

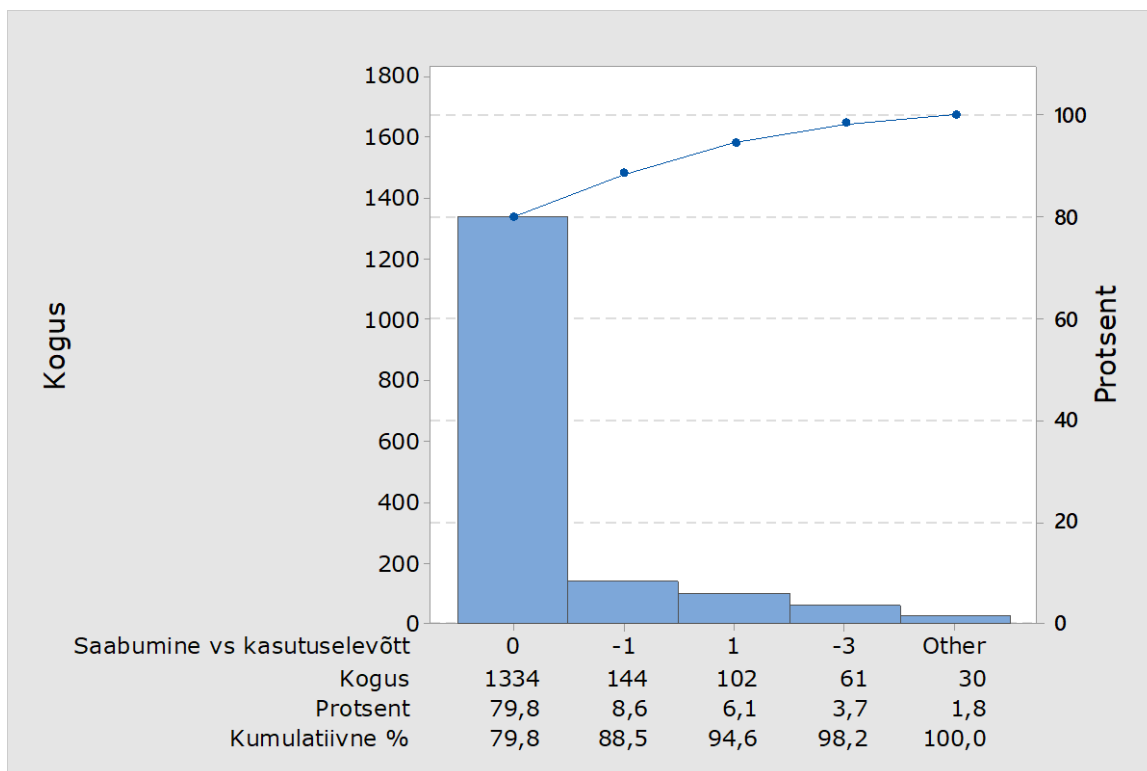
## 4.2. Mõõtmine (*Measure*)

Mõõtmise faasi läbiviimiseks otsustas autor WIND liini võrrelda ICD liiniga. Kuna ka ICD liin kasutab *Set-Pick* komplekteerimiskärusid ja puhveralad on väiksemad, siis võib oletada, et süsteem toimib sellel liinil paremini. Esmalt soovis autor selgeks saada, kuidas toimub protsess ICD liinil. Peamistest protsessi sammude mõistmiseks tegi autor lihtsa kaardistuse, mis on välja toodud lisas 4.1. Määratlemise faasis kaardistas autor, et protsess, mida parendama hakatakse, saab alguse tellimuse vabastamisest. Protsessi kaardistamisel lisas autor ka paar varasemat sammu, et mõista kogu protsessi olemust paremini. Peale tellimuse vabastamist süsteemis kopeeritakse info töödejuhatajate poolt Excelisse, kuhu juurde märgitakse, mis ajaks tuleb komplekteerimiskärud laost tehasesse tellida. Samale Exceli tabelile on juurdepääs ka *STO* tiimil. Nemad jälgivad tabelit ning vormistavad õigeaegse tellimuse nii, et materjalid õigeks ajaks tehasesse jõuaks. Peale tellimuse sisestamist saab ladu teate ning komplekteerib käru vastavalt tarneajale. Siin peab täpsustama, et kõikide ICD toodetavate kappide toomine on jagatud kolme faasi. See tähendab, et ka materjalid on jagatud kolme käru peale ning saabuvad tehasesse järgmiselt- esimene ja teine käru samal ajal, kolmas käru viimase faasi materjalidega tellitakse hiljem. Selle tellimiseks annavad töödejuhatajad eraldi sisendi. Siiski peavad nad jälgima, et käru tellitaks võimalikult õigeks ajaks, ehk hetkeks kui tootmine neid vajab. Käru tehasesse jõudmisel tehakse nende vastuvõtt, komplekteeritakse kärule *Kanban* materjalid ning kinnitatakse nende komplekteerimine süsteemis. Peale viimase sammu tegemist tekib montööridele tööde järjekorra vaatesse tellimuse, millele on loodud nüüd ka seerianumber.

Peale protsessi kaardistamist tuli leida viis, kuidas kaardistada hetkeolukord ning veenduda väites, et WIND liinil seisavad kärud liiga kaua ning ICD's sellega probleemi ei ole. Selleks võttis autor süsteemist välja andmed ICD kohta. Esmalt leidis autor ajad, mil *Kanban* materjalid olid tehases kärudele komplekteeritud ning antud tegevus ka süsteemis kinnitatud ja seejärel andmed tööde alustamise kohta. Neid andmed

võrreldes koostas autor iga käru kohta graafiku, mille abil oli võimalik näha, kui kaua seisid kärud puhveralas enne kui need töösse võeti. Joonistel 4.3, 4.4 ja 4.5 on välja toodud ICD kärude seismise aeg puhvris.

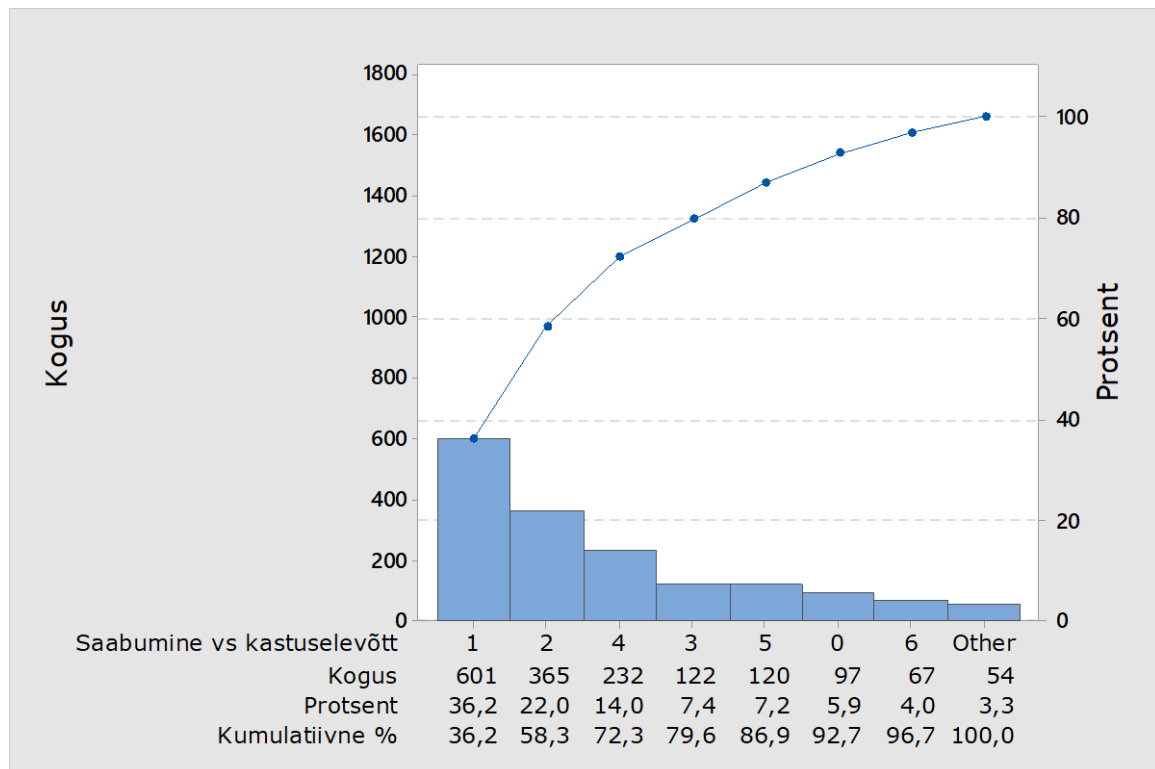
Esimese käru puhul on selgelt näha, et 79,8% kärudest võetakse kasutusele juba samal päeval. Samas joonistuvad välja ka vasturääkivused. Graafikul on kujutatud -1 ja -3 päeva. Need tellimused oleks justkui alustatud varem kui toormaterjal tehasesse jõudis. Selle leiu juurde tuleb autor tagasi analüüsimise faasis.



Joonis 4.3. ICD 1 käru saabumine tehasesse vs kasutuselevõtt

Allikas: Koostatud autori poolt

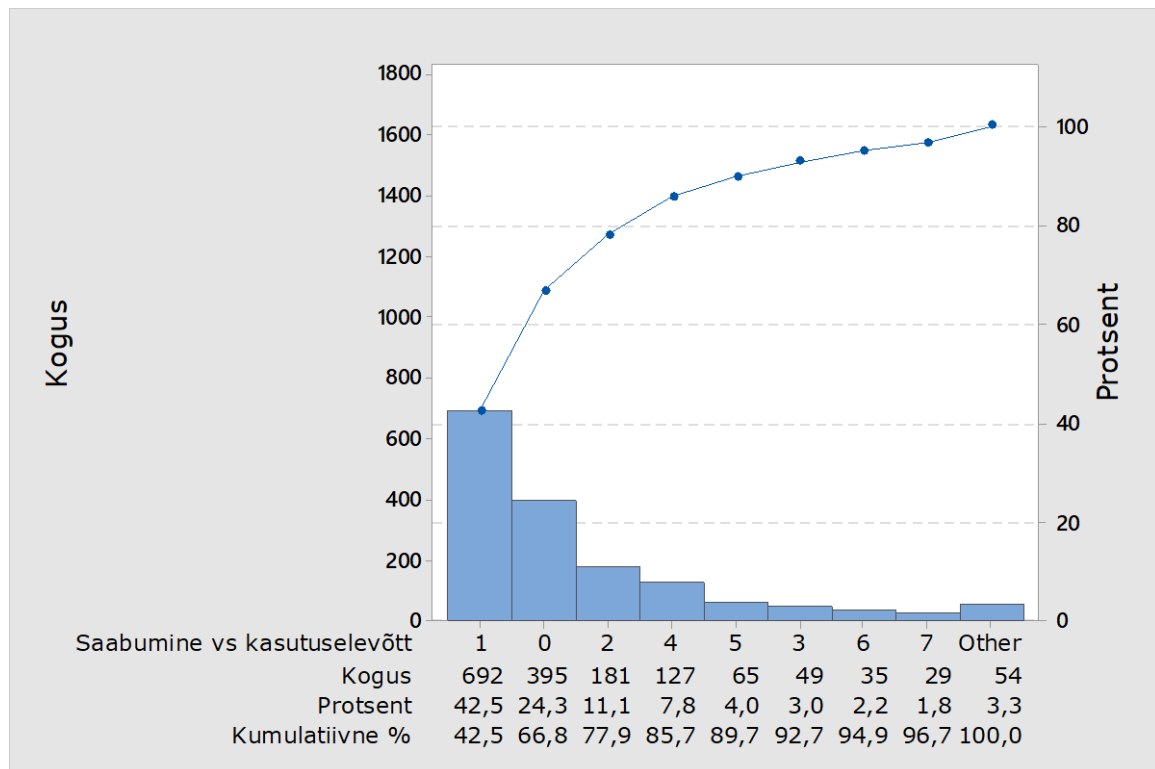
Teise käru puhul on graafikult näha, et kuna käru saabub esimese käruga samal ajal, siis see võetakse kasutusse samal päeval vaid 5,9% juhtudest. 36,2% juhtudest võetakse käru kasutusele järgmisel päeval, aga tuleb ette ka olukordi, kus käru seisab tootmise puhveralas neli või rohkem päeva, seda 28,5% juhtudest.



Joonis 4.4. ICD 2 käru saabumine tehasesse vs kasutuselevõtt

Allikas: Koostatud autori poolt

Kolmanda käru lasevad töödejuhatajad tehasesse tellida hetkel, kui nad näevad, et toode on lõppfaasis ning vajab peagi viimase faasi materjale. Sellest hoolimata seisab käru kauem kui ühe päeva puhvris 33,2% juhtudest. Siinkohal tekkis autoril küsimus, kas ICD protsess on siiski hea ning hästi toimiv või tuleks ka see üle vaadata?



Joonis 4.5. ICD 3 kärude saabumine tehasesse vs kasutuselevõtt

Allikas: Koostatud autori poolt

Järgmisena kaardistas autor WIND kärude protsessi ning mõõtis ka nende saabumist ja kasutuselevõttu. Protsessi kaardistamise alguses sai kiiresti selgeks, et tootmisprotsess ei ole ICD omaga võrreldav. Kui ICD liini puhul luuakse ühe kapi tootmiseks ka üks tootmistellimus, siis WIND puhul on kabineti tootmine lisaks faasidele jagatud ka osadeks ning luuakse kolm erinevat tootmistellimust. See tähendab, et kasutusel on WAS osakond, kus koostatakse osakooste, mis lähevad hiljem kabinetti sisse, WAF osakond, kus koostatakse kabinettide raame ning WAC osakond, kus pannakse kogu kabinet kokku. Iga osakond jaguneb veel omakorda faasideks. Parema ülevaate andmiseks lõi autor tabeli 4.1, kus on näidatud, milliseid faase igas tootmisliini osas kasutatakse.

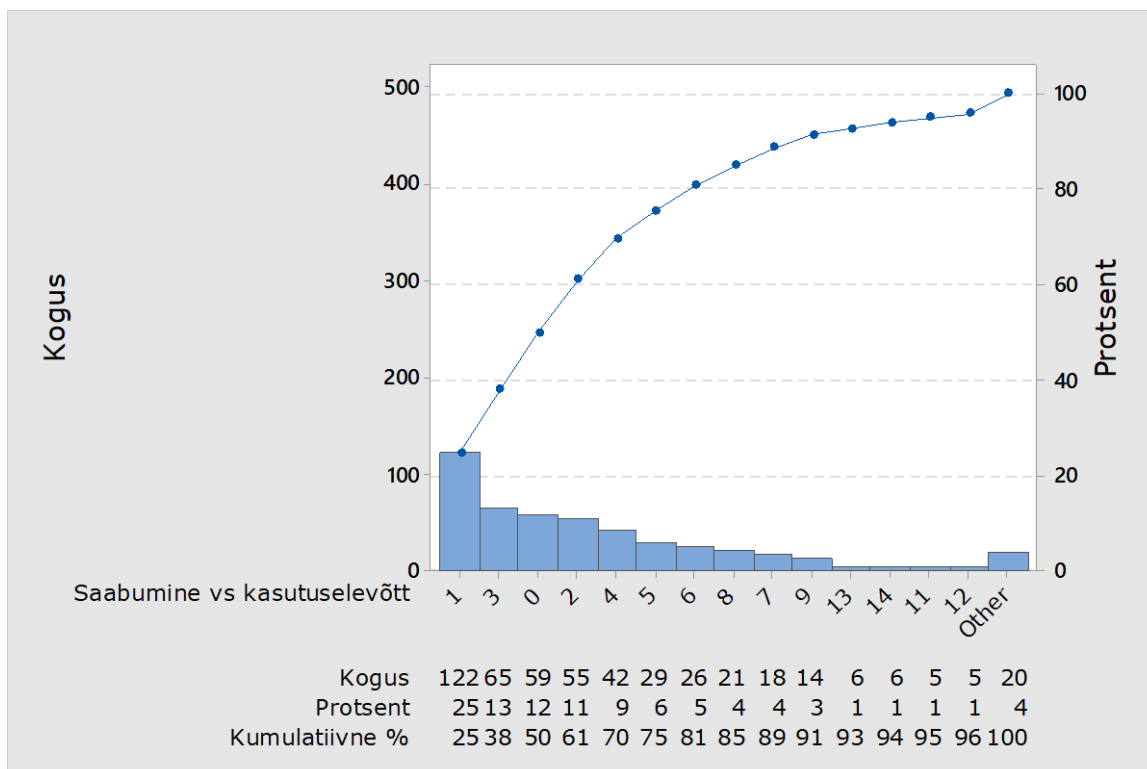
WIND tootmisliini jagunemine					
	Faas 10	Faas 15	Faas 20	Faas 30	Faas 70
WAC	✓	✓	—	—	✓
WAS	✓	✓	—	—	—
WAF	✓	✓	✓	✓	—

Tabel 4.1

Allikas: Koostatud autori poolt

Vestluses töötajatega ning tootmisliini vaatluse tulemusena selgus, et ei ole kirjeldatud, mitu komplekteerimiskäru ühele faasile kulub. Seega võib ühele WAF töö faas 20'le tulla 4 alust ja käru. Kuna aluste arv sõltub kapi tüübist ja komplekteerimisest, siis ei õnnestunud autoril kaardistada täpset aluste arvu. Seega on kõik arvutused tehtud ühe käru kohta, kuigi reaalne aluste ja kärude kogus puhveralas võis olla suurem. Vesteldes planeerijaga sai selgeks, et WAC osakonna materjalid on jagatud faaside 10 ja 70 vahel, kus 70 on viimane faas enne kapi valmimist. WAS osakonnas on kõik materjalid faasis 10 ning faasi 15 lisatakse materjale vaid siis, kui *BOM's* (vajaminevate materjalide loetelu) on viga sees ning mõnd materjali tuleb juurde tellida. WAF osakonnas on kirjelduse alusel kasutuses kolm faasi, aga tegelikkuses ei ole materjalide jaotamine tehtud. Kõik materjalid tulevad tehasesse faasis 10 ehk töö alustamise kuupäevaks ja ootavad puhvris oma aega.

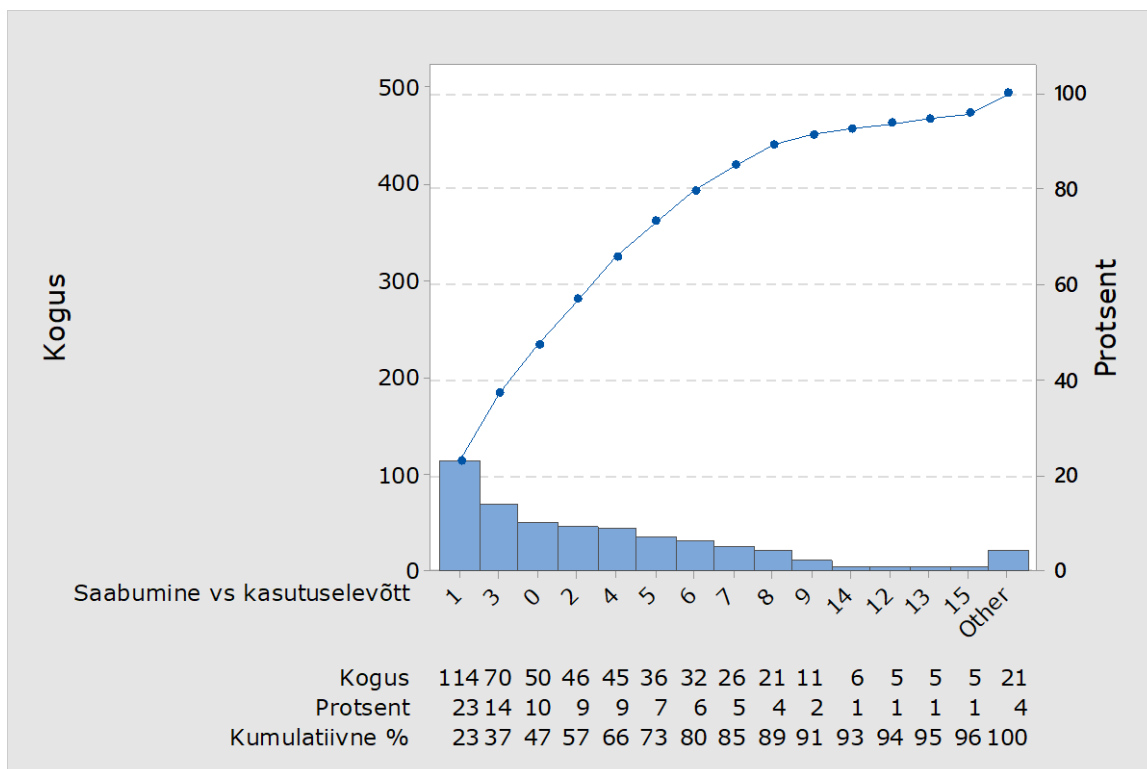
Selle info tulemusena kaardistas autor WAS 10 faasi, WAC 10 faasi ning WAC 70 faasi kärude puhvris oleku aja, kasutades sama süsteemi nagu ICD puhul. WAF osakonda ei kaardistatud, sest sellel ajavahemikul raamide toomist ei toimunud. Esmalt valis autor sama perioodi nagu ICD puhul 1.01.2019- 31.07.2019. Tulemused on välja toodud joonistel 4.6, 4.7 ja 4.8. Joonisel 4.6 on näha, et käru võetakse kasutusse vähemalt ühe päev jooksul 37% juhtudest. Viis ja rohkem päeva seisab käru tootmises 30% juhtudest. Sellest tulenevalt võib öelda, et 1/3 juhtudest ei suuda tootmine käru kasutusele võtta nädala jooksul.



Joonis 4.6. WAS10 käru saabumine tehasesse vs kasutuselevõtt

Allikas: Koostatud autori poolt

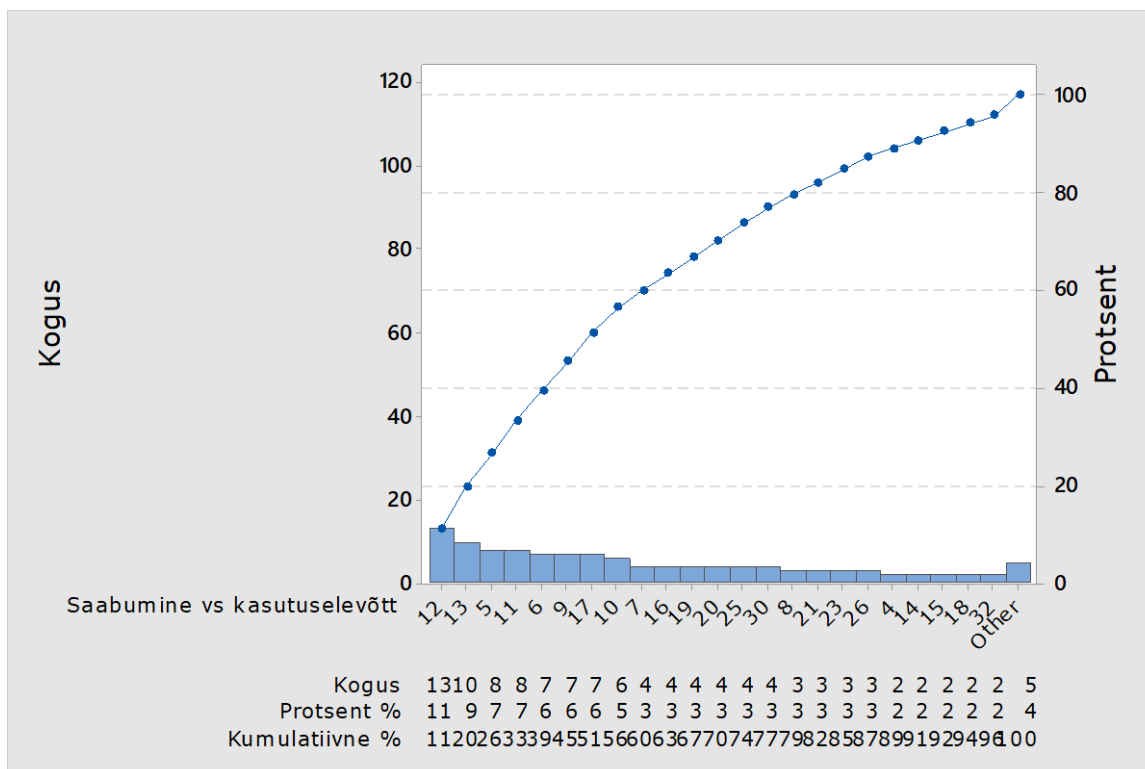
WAC osakonna faas 10 puhul võeti käru kasutusse ühe päeva jooksul 30% juhtudest. Samas seisis käru rohkem kui nädala puhveralas 32% juhtudest. Seega oli muster sama, mis WAS 10 faasil.



Joonis 4.7. WAC10 käru saabumine tehasesse vs kasutuselevõtt

Allikas: Koostatud autori poolt

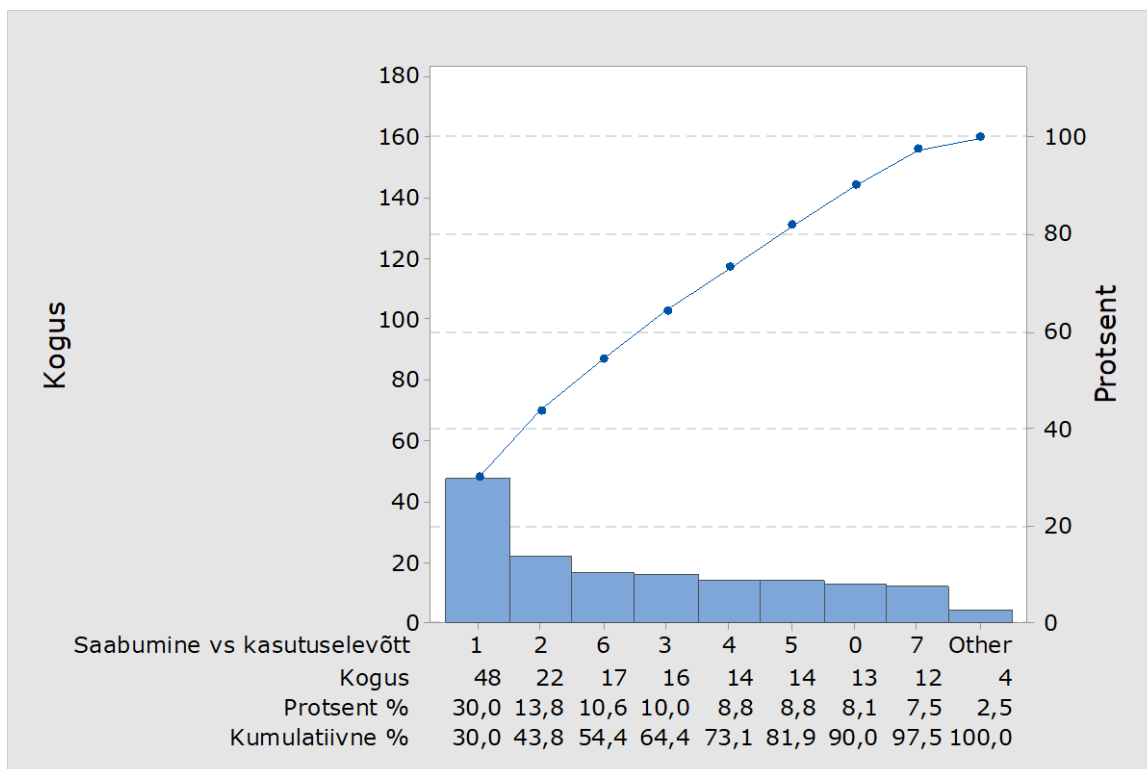
WAC70 puhul oli olukord silmnähtavalt halvem kui kahel eelmisel faasil. Graafikule ei mahtunud ühtegi korda, kus käru oleks ära kasutatud vähemalt 24 tunni jooksul. Parimatel juhtudel võeti käru kasutusse nädala jooksul, seda 9% juhtudest. Kauem kui kaks nädalat seis käru puhvris 34% juhtudest.



Joonis 4.8. WAC70 kärude saabumine tehasesse vs kasutuselevõtt

Allikas: Koostatud autori poolt

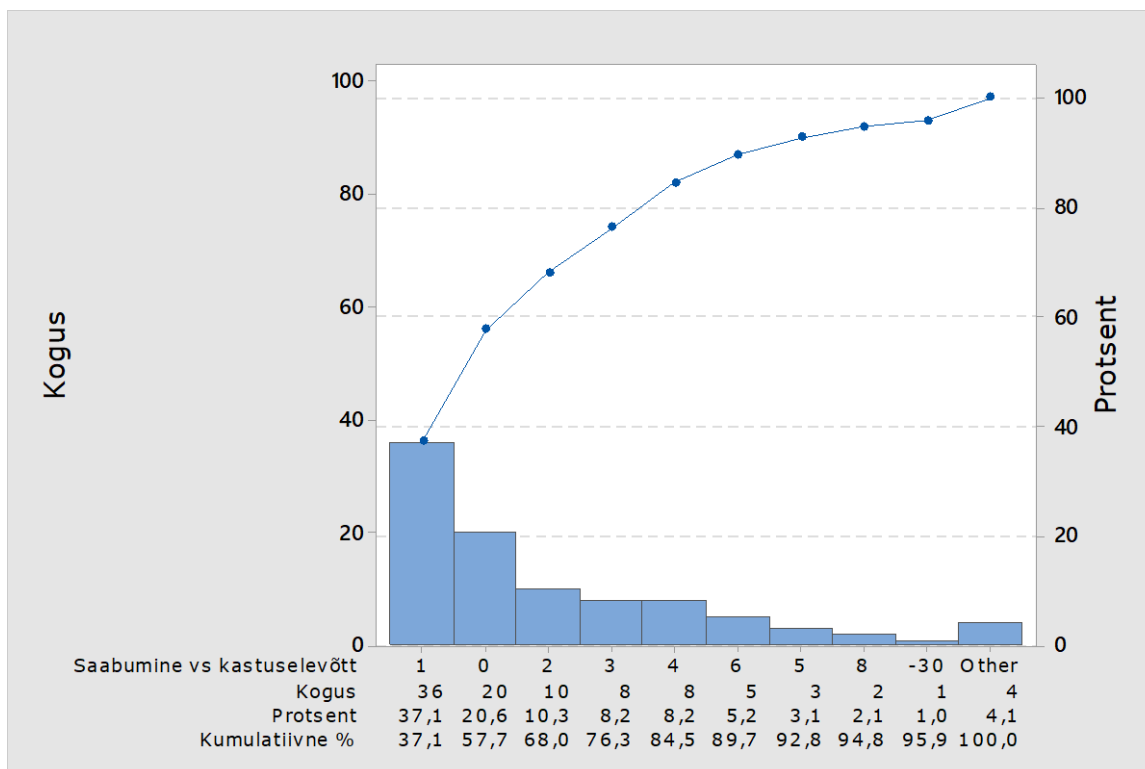
Kui autor tulemusi meeskonnale tutvustas, siis väitis liinijuht, et antud perioodi ei ole õige vaadata, sest tellimusi oli vähe ning seega oli võimalik materjale ette tellida ja tehases hoiustada. Seetõttu otsustas autor kaardistada samad osakonnad ka suure tellimuste mahu juures. Perioodiks valiti 12.11.- 31.12.2018. Tulemused on toodud joonistel 4.9, 4.10 ja 4.11. WAS osakonna 10 faasi tulemused uue perioodi valimisega palju paremaks ei muutunud. Kui varasemalt võeti ühe päevaga töösse 37% kärudest, siis uuel perioodil 38,1%. Nädala jooksul töösse võetud kärude protsent langes 30%’lt 20,6% peale.



Joonis 4.9. WAS10 kärude saabumine vs kasutuselevõtt. Uus periood

Allikas: Koostatud autori poolt

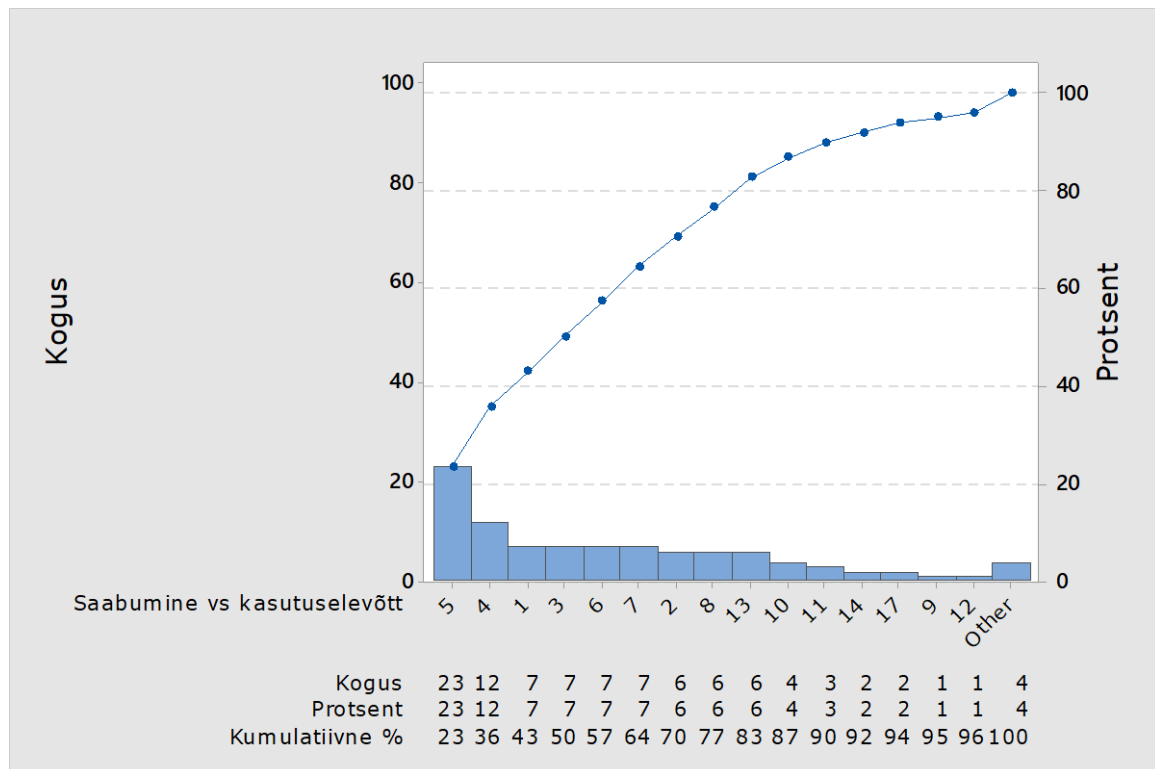
Uuel perioodil paranes WAC osakonna 10 faasi töösse võtmise oluliselt. Kui varasemalt võeti päevaga kasutusse 30% kärudest, siis kiirel perioodil oli see 57,7 %.



Joonis 4.10. WAC10 kärude saabumine vs kasutuselevõtt. Uus periood

Allikas: Koostatud autori poolt

Eelmisel perioodil kõige suuremat probleemi näidanud WAC osakonna 70 faas on ka uuel mõõtmisel samas seisus. Kui varasemalt võeti vähemalt ühe päeva jooksul kasutusse 0% kärudest, siis nüüd oli see tõusnud 7% peale, aga suurim osa kärudest võeti ikkagi kasutusse alles viiendal tööpäeval. Samuti kauem kui viis päeva seisis kärud puhvris 43% juhtudest.



Joonis 4.11. WAC70 kärude saabumine vs kasutuselevõtt. Uus periood

Allikas: Koostatud autori poolt

Hoolimata perioodi muutusest oli selgelt näha, et probleem püsis. Autor analüüsib kõiki tulemusi lähemalt analüüsimise faasis, et aru saada, miks kärud nii kaua puhveralas seisavad. Mõistmaks probleemi ulatust arvutas autor välja summa, mis kaotatakse igapäevaselt ala puhvrina kasutades ning kasumi, mida oleks võimalik teenida ala teisiti kasutades. Perioodil 01.01-31.07.2019. tehti WIND liinil 976 kärude tellimust. Järgmiseks arvutas autor kõikide tellitud kärude puhvris seismise aja. Seejärel tegi autor arvutused tehase pinna ühe ruutmeetri hinnaga, tootmispinna ruutmeetri hinnaga ning tehase toomispinna kasumi ruutmeetri hinnaga, võttes arvesse, et kärude suurus on 1 ruutmeeter. Tulemused on toodud tabelis 4.2.

<b>Kulude arvutus perioodil 01.01- 31.07.2019</b>	
Tellimuste arv	976 tk
Tellimuste puhvris seismise aeg kokku	5001 päeva
Puhvri ruutmeetri hind kokku (arvestades päeva ruutmeetri hinnaks 0,465€)	2325,46€

<b>Kulude arvutus perioodil 01.01- 31.07.2019</b>	
Üldise tootmispinna ruutmeetri hind kokku (arvestades päeva ruutmeetri hinnaks 13€/päev)	65 013€
Saamata jäänud kasu kokku (arvestades ruutmeetri hinnaks 20,8€/päev)	104 020,80€

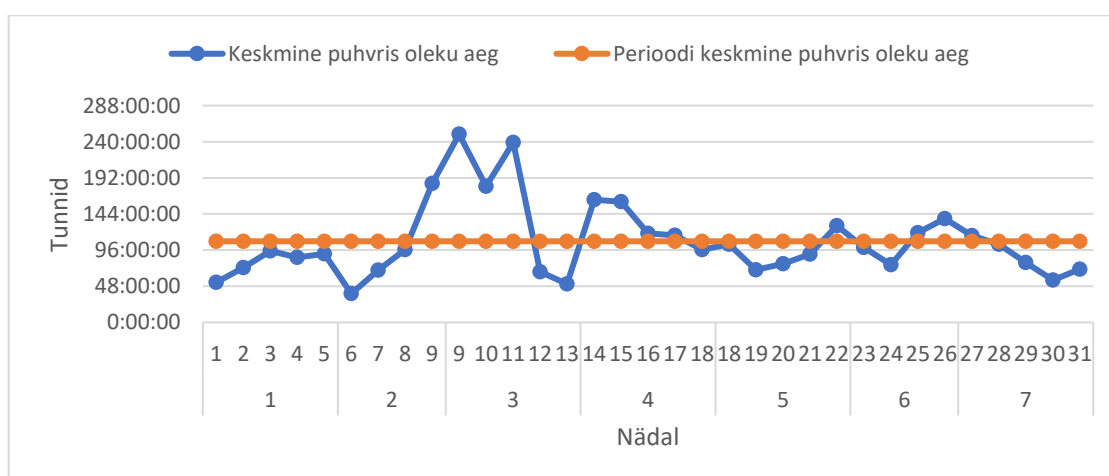
Tabel 4.2.

Allikas: Koostatud autori poolt

Puhverpinna vabastamisega ja seda ala mitte kasutades oleksid kulud endiselt säilinud, kuid potentsiaalne vaba pind uuele toomisliinile oleks olemas olnud. Antud perioodil oleks olnud võimalik teenida puhvri pinnal 104 020€, luues sinna tootmisliini.

### 4.3. Analüüsimine (*Analyze*)

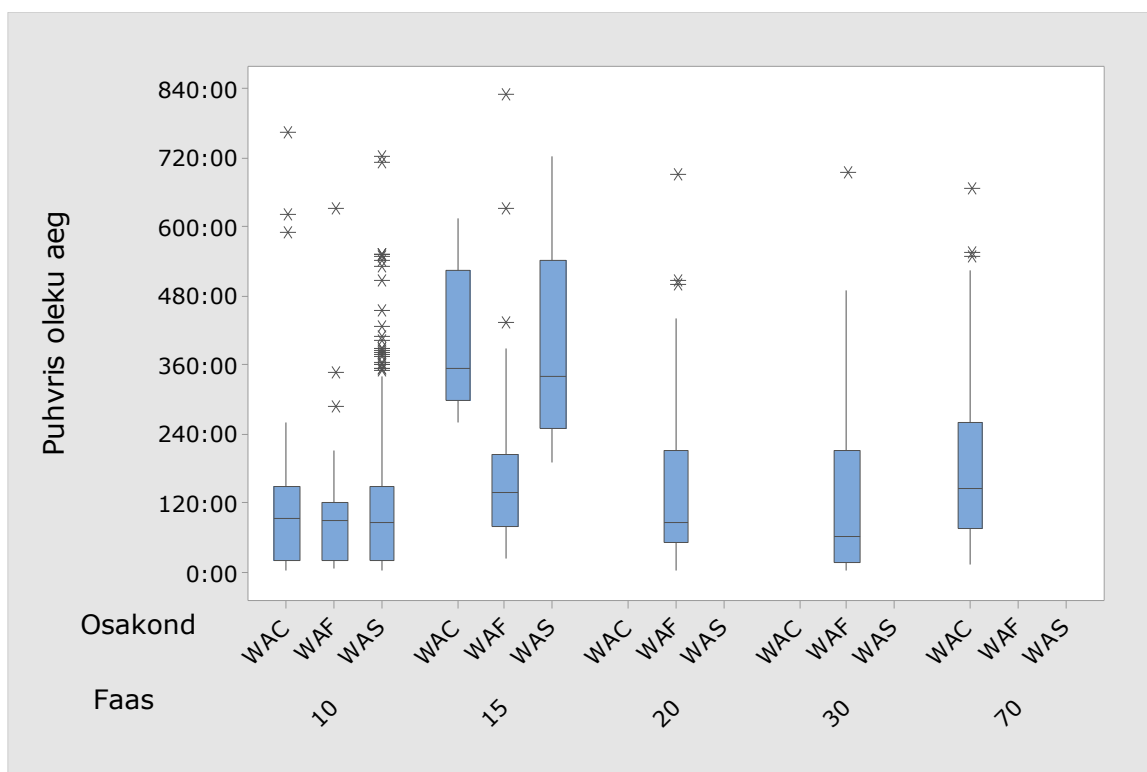
Analüüsimise faasiga soovis autor selgeks saada, millest on tingitud WIND liini kärude pikk puhvris seismise aeg. Esmalt koostas autor graafiku, et näha, kui kaua kärud keskmiselt puhvris seisavad. Parema pildi saamiseks lõi autor *boxplot* (kast ja vurrud) graafikud, mille abil on võimalik määratleda, kus osakondades on probleem suurim. Joonisel 4.12 on välja toodud kärude puhvris seismise nädala keskmine ning kogu perioodi keskmine aeg. Keskmiselt seisid kärud kogu perioodi jooksul puhvris 100 tundi.



Joonis 4.12. Kärude keskmine puhvris seismise aeg nädalas.

Allikas: Koostatud autori poolt

Joonisel 4.13 on välja toodud kärude puhvris seismise aja varieeruvus erinevate faaside puhul kõikides osakondades. *Boxplot* diagrammi lugedes tuleb meeles pidada, et sinine osa graafikul näitab 50% kogu andmetest, alustades kvartiilist 1 ja lõpetades kvartiiliga 3. Vurrud seevastu näitavad miinimumi ja maksimumi vahemikku, kuid need ei saa kunagi olla rohkem kui 1,5 korda kastist pikemad. Kõik tulemused, mis jäävad väljapoole seda ulatust, nimetatakse erisusteks ning tähistatakse joonisel tärniga. Kasti keskel asetsev joon näitab mediaani. Seda meeles pidades saab graafikult välja lugeda, et faas 15 kärude seismise aeg varieerub enim. Tiimiga koostöös sai otsustatud, et tähelepanuta jäetakse hetkel kõik 15 faasi tellimused, kuna tegemist on *BOM errori* materjalidega. Ülejäänud faaside ja osakondade puhul kaardistas autor esmalt WIND protsessi, et mõista miks on ICD ja WIND tulemused erinevad ning mida oleks võimalik parenduse faasis kopeerida ICD protsessist WIND protsessi, et muuta kärude ringlus kiiremaks. Samuti viis autor läbi ajurünnaku koos fookusgrupiga, et välja selgitada peamised põhjused, miks kärud puhvrissse liiga vara tellitakse ning koos tiimiga kaardistati ära kui tugev on selle mõju ja esinemise sagedus.



Joonis 4.13. Kärude puhvris seismise aeg nädalatel 1-31.2019.

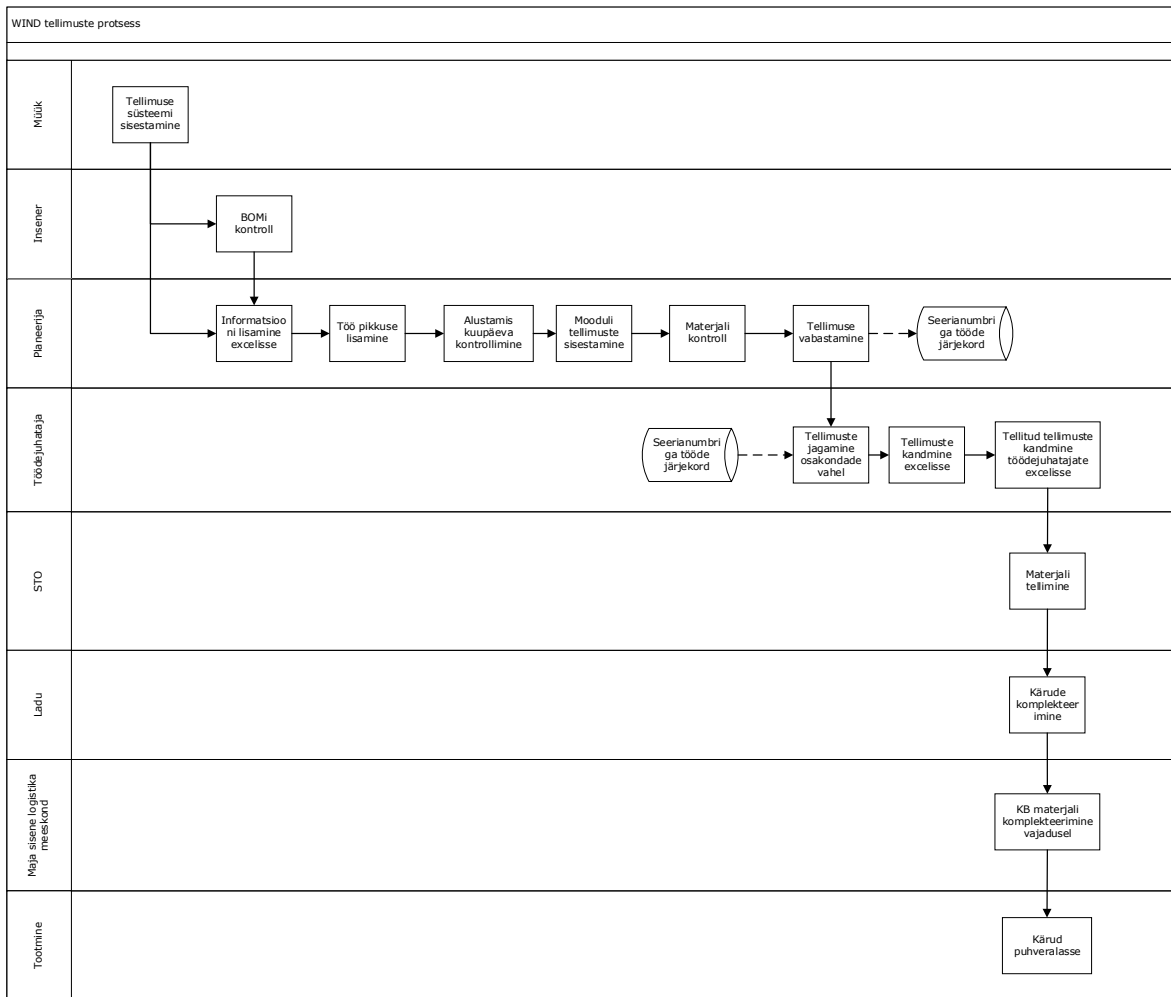
Allikas: Koostatud autori poolt

Protsessi kaardistamisel sai selgeks, et kogu süsteem on üles ehitatud teisiti kui ICD-s. Kuna erinevalt ICD'ist on WIND liinil projektipõhine tootmine, siis võivad tooted väga suuresti varieeruda ning nõuvad rohkem liigutusi ja tähelepanekuid süsteemis.

Esimene erinevus, mis koheselt silma paistis oli see, et toomisesse vabastatakse iga nädala alguses kindel arv tellimusi. Siinjuures ei tee planeerija rohkem tööd ega vaata kas eelmised tellimused on välja saadetud. Kui ta on veendunud, et materjalid on saadaval, vabastab ta tellimused tööde järjekorda, kus omakorda tuleb sisse koheselt teine erisus. ICD puhul vabastati tellimused ilma seerainumbrita ning neid nägid ainult töödejuhatajad. Wind puhul tekib aga tööle koheselt seerianumber ja ka montöörid näevad töid, millele pole materjale veel tellitud. Seetõttu tekivad ka vead, mida võis näha näiteks joonisel 4.10, kus töö oli alustatud just kui 30 päeva enne materjali saabumist. Montöörid on kogemata töö süsteemis avanud, mis tekitab koheselt vea tootmisaja mõõtmisel.

Järgmise sammuna on loodud Excel, kuhu töödejuhatajad lisavad tellimused *STO* tiimi jaoks. Iga osakonna töödejuhataja teeb seda oma äranägemise järgi ning ühtne standard, kuidas ridasid vormistada, puudub. Lisaks sellele on loodud veel teine Excel, kuhu töödejuhatajad märgivad kõik tellimused sarnaselt ICD'ga, aga antud failile *STO* tiimil ligipääs puudub. Selles etapis võib kergesti tekkida viga, näiteks kui ühte tabelisse unustatakse sissekanne tegemata. Halvemal juhul on selleks tabeliks *STO* oma ning materjalid jäävad õigeks ajaks tellimata.

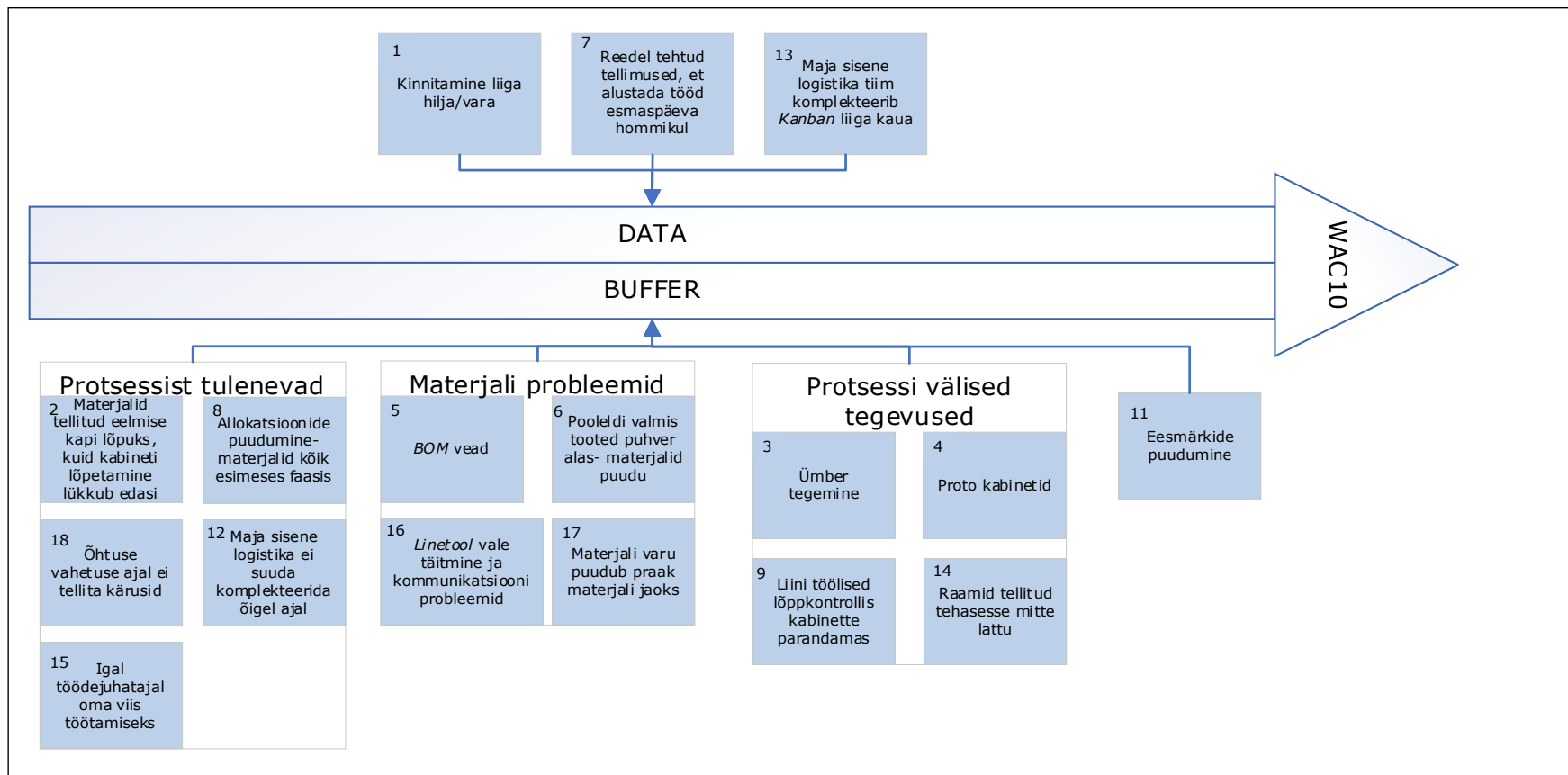
Kärude majja saabudes komplekteeritakse nendele vajadusel ka *Kanban* materjalid. Süsteemis selle kohast märgeti ei tehta, mistõttu said algsed mõõtmised tehtud kärude vastuvõtu aja põhjal, mitte *Kanban* materjalide komplekteerimise aja järgi, mis oleks olnud tunduvalt täpsem. Lisaks tekib olukord, kus montöörid võiksid puhvrist juba kärü otsida, kuid tegelikkuses on see alles *Kanban* materjalide komplekteerimises. Protsess toodud joonise 4.14.



Joonis 4.14. Wind tellimuste protsess

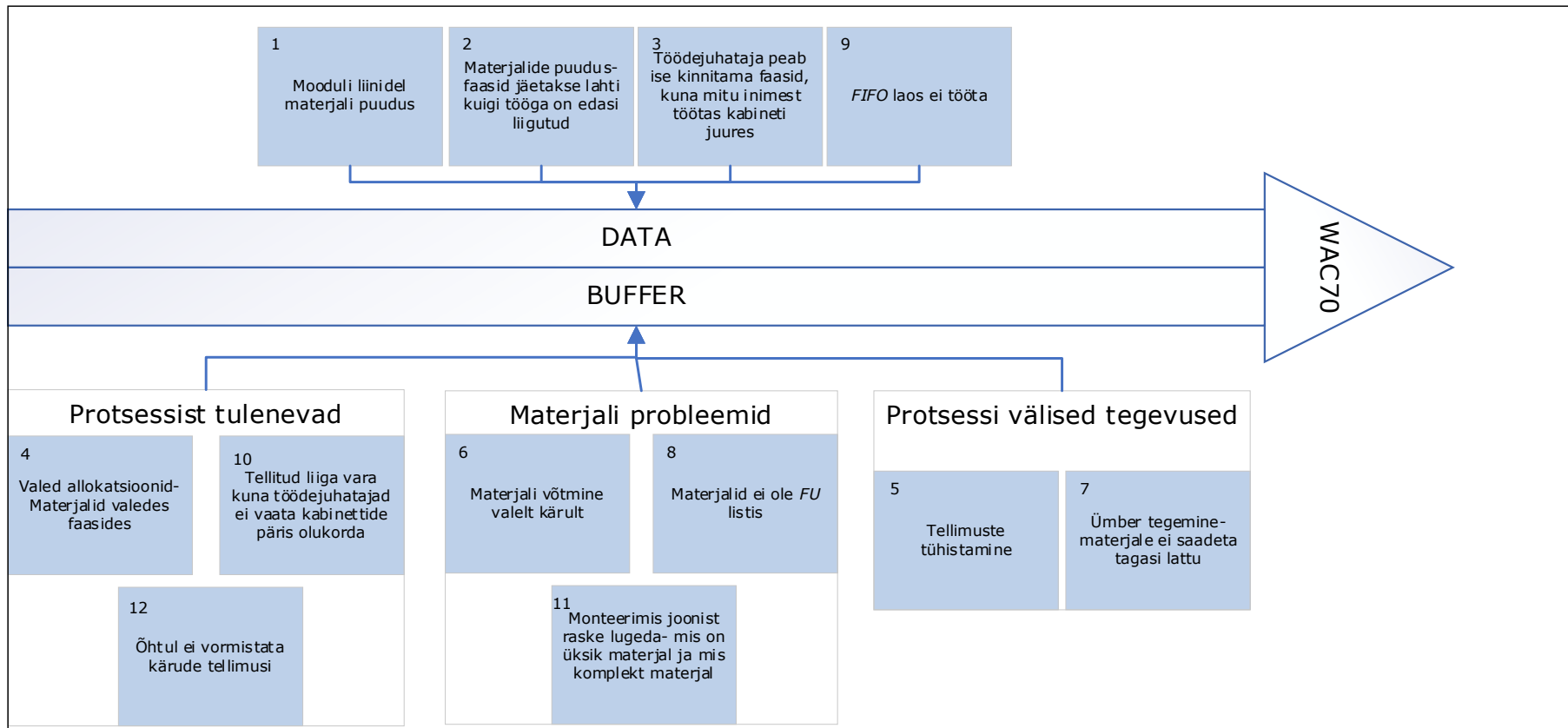
Allikas: Koostatud autori poolt

Järgmise sammuna organiseeris autor fookusgrupi kohtumise ajurünnakuks, kus kirja panna kõik murekohad ja põhjused, miks kärud materjalidega liiga vara tehasesse tellitakse ning miks need nii kaua puhvris seisavad. Töötoas osalesid logistikaosakonna juht, kvaliteedijuht, operatsioonide juht, tootmise juht, Wind liini protsessiinsener ja tooteinsener, planeerija, WIND liinijuht ja töödejuhatajad. Ajurünnaku läbiviimiseks kasutati *Kaizen* tööriistu. Esimeses osas pandi kirja kõik murekohad ning jagati need kategooriatesse kalaluu diagrammidel. Diagrammid välja toodud joonistel 4.15- 18.



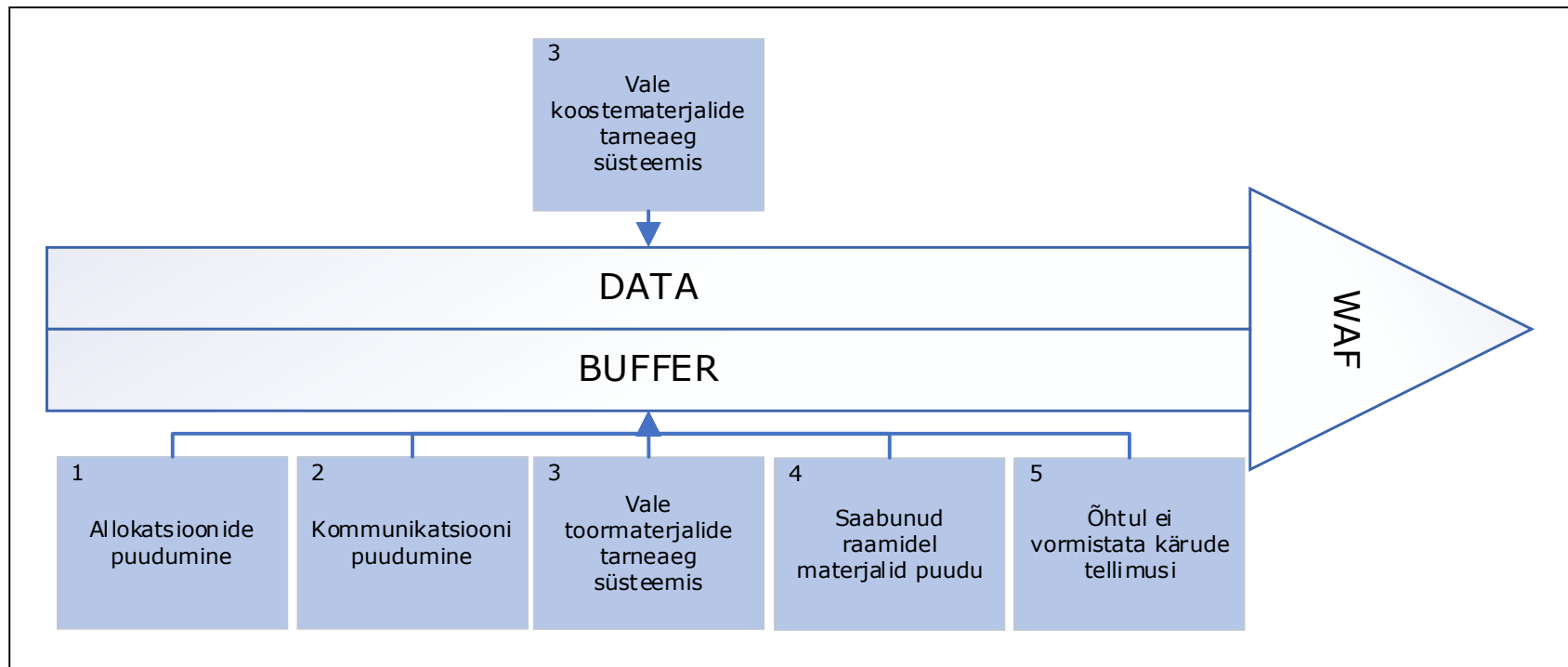
Joonis 4.15. WAC10 murekohad

Allikas: Koostatud autori poolt



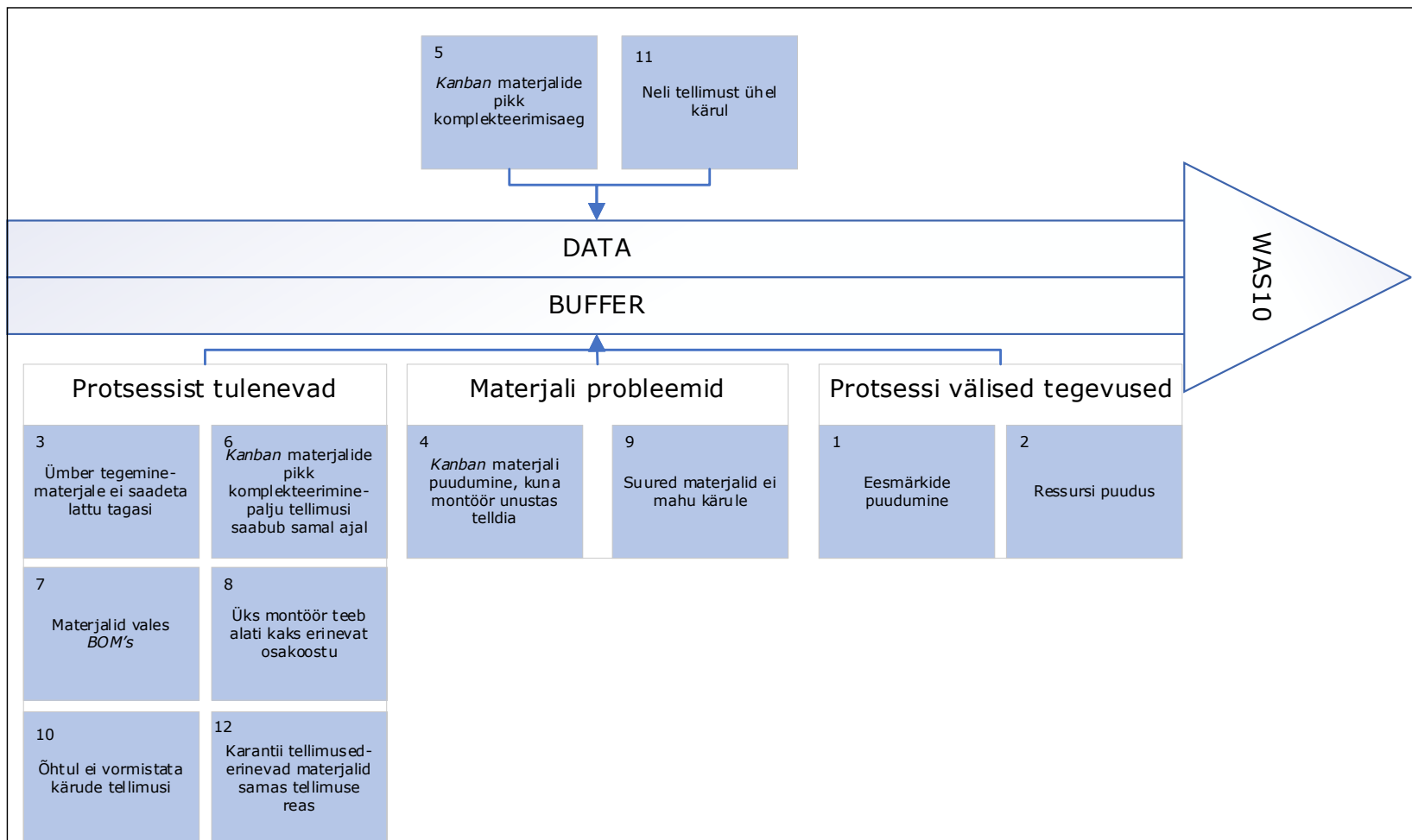
Joonis 4.16. WAC70 murekohad

Allikas: Koostatud autori poolt



Jooni 4.17. WAF murekohad

Allikas: Koostatud autori poolt



Joonis 4.18. WAS10 murekohad

Allikas: Koostatud autori poolt

Teises osas kaardistati, kui suur on probleemi sagedus ja kui tugevalt see mõjutab tootmist ja puhverala. Selle juures kasutati sageduse ja mõju (*pain and frequency*) maatriksit. Igale probleemile määrati number ning kanti need maatriksile. Maatriksid on välja toodud joonistel 4.19-22.

Mõju	10		14																						
			17					1													2				
	9							6													4	16			
	8																								
	7			10																		8			
	6																								
	5	3		12																			13		
	4																								
	3			9																			7	11	15
	2																								
	1																								5
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
												Sagedus													

Joonis 4.19. WAC10 probleemide mõju ja sagedus

Allikas: Koostatud autori poolt

Mõju	10	4																								
		5																							2	
	9	7		10																					1	3
	8																									
	7																									12
	6																									
	5	9																								
	4																									
	3	6		11																						
	2																									
	1	8																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10															
												Sagedus														

Joonis 4.20. WAC70 probleemide mõju ja sagedus

Allikas: Koostatud autori poolt

Mõju	10				1					2 3	
	9										
	8										
	7						5				
	6										
	5										
	4										
	3		4								
	2										
	1										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Sagedus									

Joonis 4.21. WAF probleemide mõju ja sagedus

Allikas: Koostatud autori poolt

Mõju	10	2					9				
	9	4 6								7	
	8										
	7			3			10			8 10	
	6										
	5						5			1 11	
	4										
	3										
	2										
	1										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Sagedus									

Joonis 4.22. WAS10 probleemide mõju ja sagedus

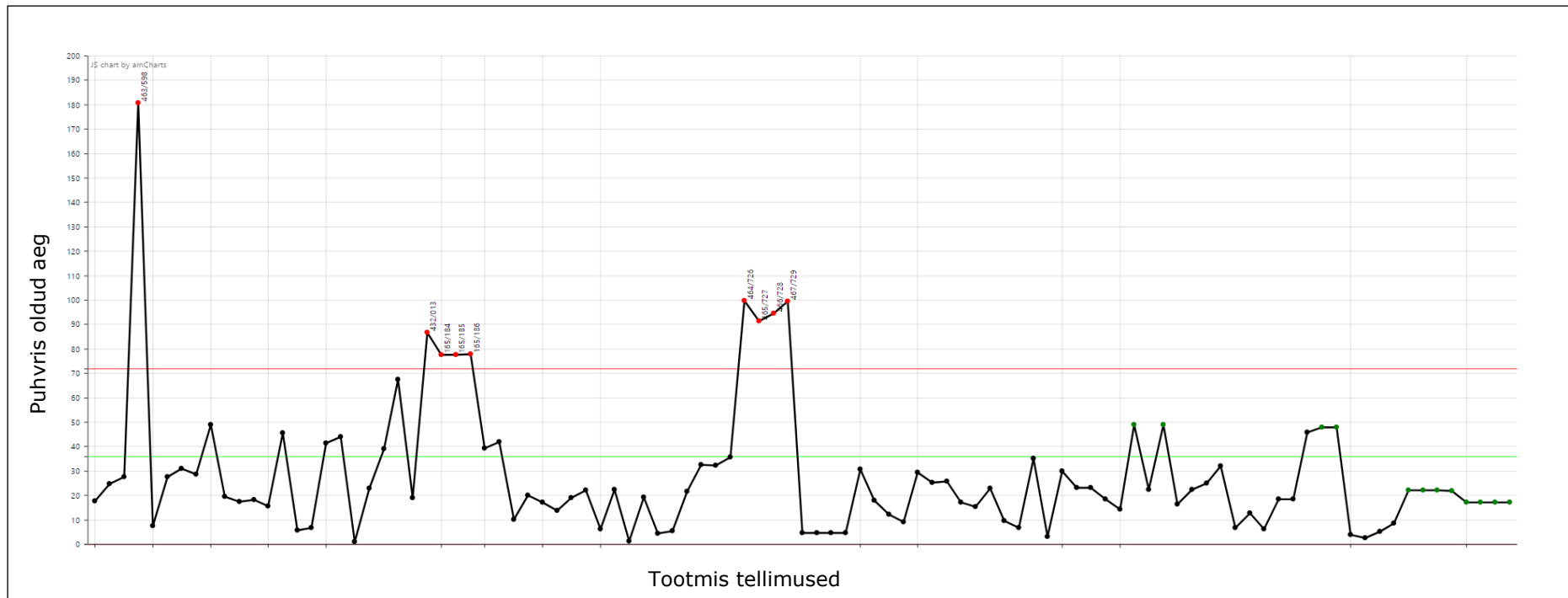
Allikas: Koostatud autori poolt

Sageduse ja mõju numbrid korrutati omavahel, mille tulemusena selgusid kõige rohkem tähelepanu vajavad ehk nõrgad kohad. Nende põhjal lõi autor tabelid, kus kõik murekohad olid välja toodud ja tähtsuse järjekorda pandud. Kogu tabel toodud lisa 4.2.

## 4.4. Parendamine (*Improve*)

Parendamise faasis korraldas autor uue ajurünnaku, kus arutleti lahendatavate probleemide ja võimalike parendustegevuste üle. Samuti koostati ajurünnaku tulemusena tegevuste loend, jagati ülesanded vastutavatele isikutele ning määrati ka täitmise aeg. Kõik väljatöötatud lahendused on toodud lisas 4.3. Töö käigus selgus, et WAC10 faasi probleemidest mitmed olid lahendamatud ning liiga suured, et nendele käesoleva projekti käigus lahendust leida. Lahendamatud mured on märgitud tabelis punasega. Osad lahendused olid nii suuremahulised, et nende elluviimiseks ja jätkutegevusteks oli vaja Soome üksuse tuge. Mainitud punktid on märgitud tabelis kollasena.

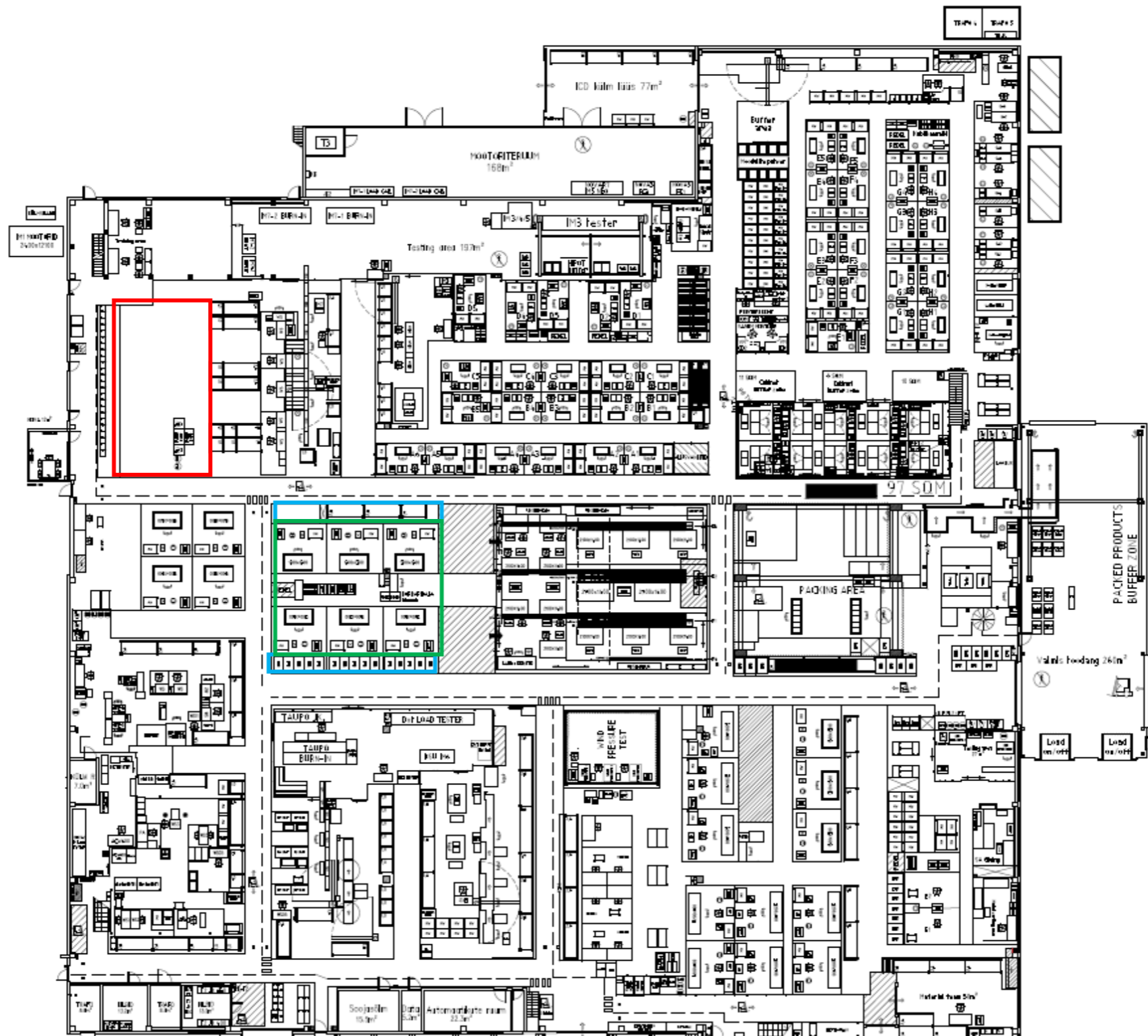
Siinkohal toob autor välja kaks suuremat muudatust, mis said ellu viidud ning mille tulemusena loodi süsteemid, et puhvri suurust pidevalt jälgida. Esiteks loodi kõikide faaside ette komplekteerimise faas. Antud faasi kinnitamine süsteemis näitab, mis ajal on kärü puhveralasse lükatud ning sellest järgmise faasi kinnitamine annab indikatsiooni kärü kasutusse võtmise ajast. Vahemik nende kahe liigutuse vahel on ajaliselt mõõdetav ning lisatud *POWER BI* (ärianalüütiliste raportite tööriist) raportina ettevõtte süsteemi. Süsteem uuendab raporti iga 3 minuti tagant ning näitab nii seatud eesmärki kui ka kärude tegelikku puhvris seismise aega. Kõikide faaside puhul määrati eesmärgiks kasutada materjalid 24 tunni jooksul. Erandiks on WAS10 faas kus eesmärgiks seati 72 tundi kuna selle kärü peal on neli tellimust. Süsteem näitab nii töösse võetud tellimusi kui ka neid, mis endiselt puhvris oma aega ootavad. Sellest muudatusest tulenevalt täiendati ka protsessikaarti komplekteerimise faasiga ning ümbertehtavate materjalide lattu tagasi saatmisega. Uus protsessikaart on välja toodud lisas 4.4. Joonisel 4.23 on kujutatud näide loodud süsteemist, kus must joon tähistab tellimusi ja punane joon WAS 10 operatsiooni eesmärki (72h), mille jooksul peaksid kõik kärul olevad materjalid saama kasutatud.



Joonise 4.23. WAS10 kärude kasutuselevõtt peale muudatusi

Allikas: Koostatud autori poolt

Teise muudatusena said suured ning pidevalt kasutuses olevad materjalid muudetud *Kanban* materjalideks ning nende hoiustamiseks paigutati liini juurde riiulid, kus saab kasutada kahe kasti süsteemi. Selleks tuli üle vaadata liini plaan, et leida riiulitele sobivad kohad. Liini üldpind tehtud muudatuste tulemusena ei suurenenud ning varasemalt kasutatud puhverala sai täielikult eemaldatud. See tähendab, et tehasesse tekkis vaba pinda 95,9 ruutmeetrit, mida võiks vajadusel kasutada uue tootmisliini loomiseks. Vabastatud ala ja puhverala jaotumine liinile näidatud joonisel 4.24. Punasega on tähistatud varasem puhverala. Rohelisega on tähistatud liin ning sinisega *Kanban* riiulid ja *Set-Pick* kärud.



Joonis 4.24. Tootmise *layout* peale projekt.

Allikas: ABB AS *Drives Layout*.(Dokumentatsioon autori valduses)

Lisaks materjali liigutamisele *Kanbani*, aitas puhvrit vähendada ka materjalide jagamine õigetes faasidesse, mis vähendas kärude kogust tehases. Lisaks vaba pinna leidmisele muutus ka tehase üldine *layout* optimaalsemaks, mis võimaldab töö efektiivsuse tõstmist. Varasemalt pidi iga töötaja vähemalt korra päevas jalutama puhveralasse materjale tooma ning läbima sellega seoses kindla vahemaa. Tabelis 4.3 on toodud vahemaad kahe vahetuse jooksul, mida antud töökohas töötav montöör pidi läbima. Kogudistsants, mis varasemalt läbiti, on 604 meetrit.

<b>Layout'i efektiivsus enne projekti</b>			
Töökoht	Kaugus puhveralast (m)(Dij)	Liikumiskordi ühel päeval (Fij)	Päevas töötajate poolt läbitud distants (m)
WS1	21	4	84
WS2	23	4	92
WS3	28	4	112
WS4	26	4	104
WS5	23	4	92
WS6	30	4	120
Päevas läbitud distants:	————	————	604

Tabel 4.3.

Allikas: Koostatud autori poolt

Peale *layout*'i parendamist, materjalide *Kanbani* tõstmist ning puhverala liinile lähemale liigutamist, vähenes distants üle nelja korra. Tulemused on toodud tabelis 4.4.

<b>Layout'i efektiivsus peale projekti</b>			
Töökoht	Kaugus puhveralast (m)(Dij)	Liikumiskordi ühel päeval (Fij)	Päevas töötajate poolt läbitud distants (m)
WS1	8	4	32
WS2	10	4	40
WS3	8	4	32

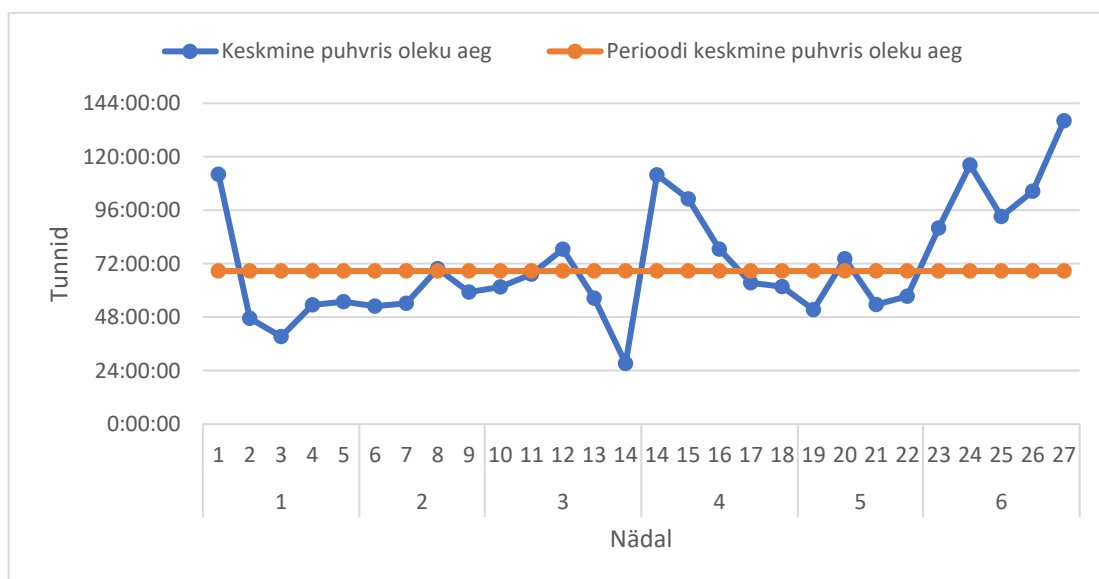
Töökoht	Kaugus puhveralast (m)(Dij)	Liikumiskordi ühel päeval (Fij)	Päevas töötajate poolt läbitud distsants (m)
WS4	2	4	8
WS5	2	4	8
WS6	2	4	8
Päevas läbitud distsants:	—	—	128

Tabel 4.4.

Allikas: Koostatud autori poolt

## 4.5. Ohjamine (*Control*)

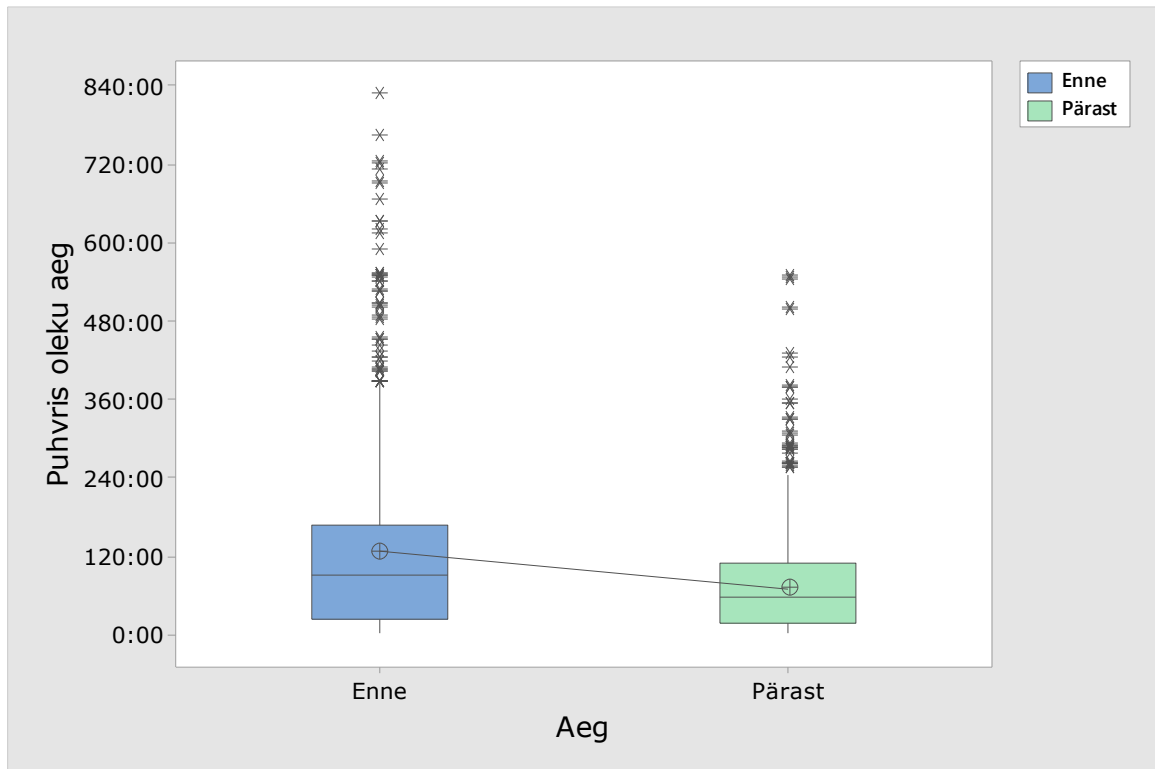
Viimase faasina viis autor läbi kontrolli, et näha kuidas varem välja toodud muudatused on mõjutanud puhvrite suurust ning kas muudatused on aidanud kaasa puhveralade vähenemisele. Esimese mõõdistusena võrdles autor joonisel 4.12 toodud kärude puhvris seismise aja nädala keskmist ning 2020. aasta 1-27 nädala andmeid. Kui varasemalt oli keskmine puhvris seismise aeg ligi 100 tunni, siis 2020. aastal kukkus see 70 tunni juurde. 2020. aasta tulemused on välja toodud joonisel 4.25.



Joonis 4.25. Keskmise kärü puhvris oleku aeg nädalatel 1-27.2020.

Allikas: Koostatud autori poolt

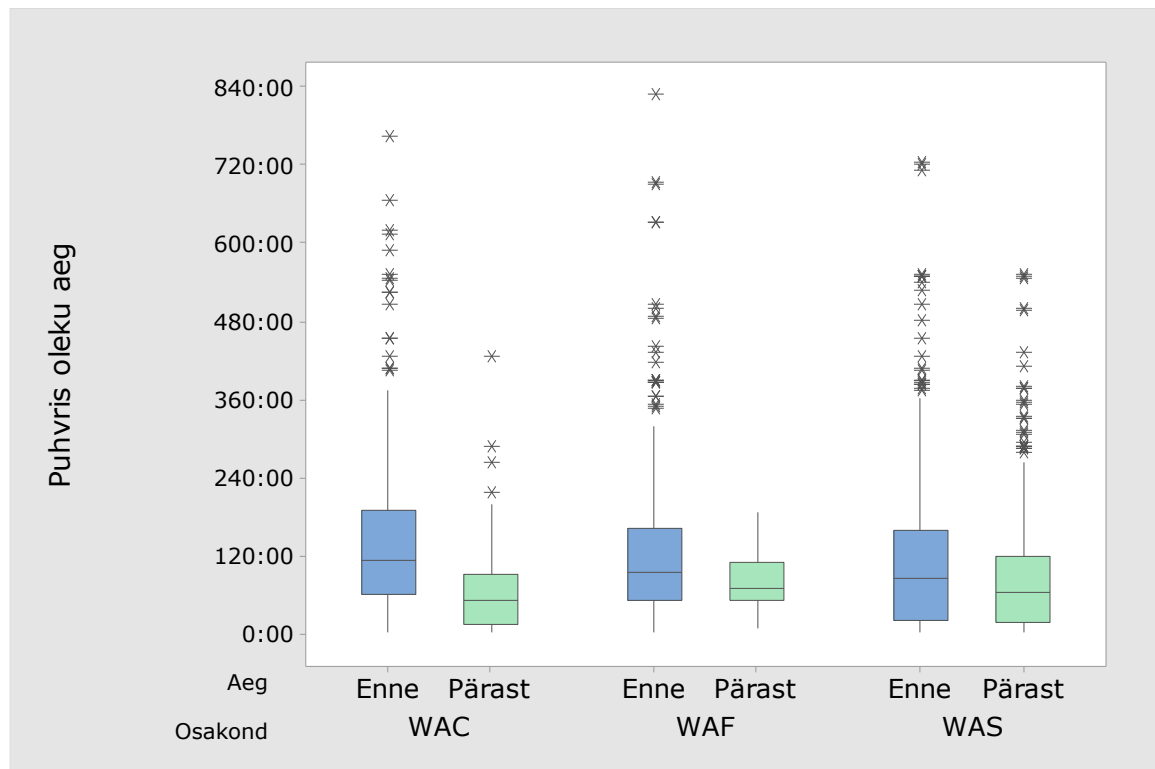
Lisaks kärudel puhvris seismise keskmistele aegadele võrdles autor olukorda aastal 2019. ja 2020. nii kogu WIND liini ulatuses kui ka osakondade kaupa. Joonisel 4.26 on kujutatud kogu WIND liini olukord enne ja nüüd. Jooniselt on näha, et nii keskmine kui ka hajuvus on langenud. See tähendab, et kärude kasutuselevõtt on ühtlasem ning sellest tulenevalt ka protsess ise.



Joonis 4.26. Kärü puhvris oleku aja võrdlus enne ja pärast projekti.

Allikas: Koostatud autori poolt

Joonisel 4.27 on välja toodud situatsioon osakondade kaupa. Kõikide osakondade kärude puhvris viibimise aeg on vähenenud. Lisaks on osakondades vähenenud hajuvus, mida näitab väiksem kast. Samuti erandjuhtude osakaal nii WAC kui WAF osakonnas on langenud nulli lähedale.



Joonis 4.27. Puhveraegade võrdlus osakondade kaupa enne ja pärast projekti.

Allikas: Koostatud autori poolt

Seega saab öelda, et projekti tulemusena leitud probleemide lahendamine aitas vähendada kärude puhvris seismise aega ligi 30 tunni võrra. Samas võib autor väita, et seis ei ole hea ning kärude ringlemise kiirust tuleks kindlasti ka edaspidi jälgida.

## 4.6. Järeldused ja ettepanekud

Projekti sulgemiseks koostas autor järeldused ning selgitas välja, kas kõikidele püstitatud eesmärkidele ja uurimisküsimustele sai vastatud. Uurimustöö alguses püstitas autor järgmised uurimisküsimused:

1. Milliseid lahendusi oleks võimalik kasutada tootmises, et optimeerida tehasepinna kasutust?
2. Kuidas tellitakse materjalid majja töö alustamiseks?
3. Millised on *Set-Pick* kärude mahud puhveralas?

4. Milliseid tööriistu oleks võimalik arendada, et parandada materjalide majja tellimist ja planeerimist?

Töö käigus selgus, et tehasepinna optimeerimiseks ja efektiivsemaks kasutuseks tuleks vabaneda suurtest puhveraladest ning kasutusele võtta *Set-Pick* kärude puhvis oleku aja jälgimise süsteem. Lisaks *Set-Pick* kärudele kasutusele võtta ka *Kanban* kahe kasti süsteem, et viia puhverala suurus väiksemaks ning liigutada tihti kasutuses olevad materjalid liinile lähemale.

Töö käigus soovis autor saada täpset ülevaadet materjalide liikumise ja tootmisprotsessist. Selle saavutamiseks vestles autor kõikide protsessi osapooltega ning kaardistas protsessi. Töö käigus sai selgeks, et materjalide majja tellimine on manuaalne töö ning sisend selleks peab tulema töödejuhatajalt. Samas oli ka aru saada, et töödejuhatajad tellivad tihtipeale materjale tootmisesse enda turvatunde tekitamiseks. Ajurünnaku käigus sai aga selgeks, et materjalide tellimist töödejuhatajate vastutuseks viia pole hetkel võimalik tulenevalt süsteemi piiratusest.

Uurimustöö alguses soovis autor kaardistada reaalse tootmistellimuse *Set-Pick* kärude ja aluste arvu, kuid see osutus võimatuks. Seega tehti töös kõik arvutused väitega, et ühele tellimusele kuulub üks *Set-Pick* kär. Reaalsuses oli see tunduvalt suurem, kuid juba ühe käruga tehtud arvutused andsid tulemusi, mis viitasid probleemile ning kindlasti lahendamist vajavale kohale.

Uurimustöö käigus parandati *ERP* süsteemi (planeerimis süsteem) *WIND* liinil ning muudeti see sarnaseks *ICD* süsteemile, et puhvis olevate kärude jälgimine oleks võimalik hetkest, mil kär reaalset puhveralasse lükatakse mitte selle majja saabumise hetkest. Lisaks liigutati paljud pidevalt kasutuses olevad materjalid *Kanban* materjaliks ning loodi nendele riulid liini kõrvale. Selle tulemusena muudeti ka tehase ja liini *layout*'i, et nii *Kanban* kui ka *Set-Pick* materjalid oleksid liinile lähemal. Selle tulemusena vähendati montöörade tehases liikumise distantssi ning tõsteti nende produktiivsust.

Lisaks uurimisküsimustele püstitas töö autor ka alaeesmärgid, millest kõik ka saavutati. Tulemused toodud tabelis 4.5

<b>Uurimustöö eesmärkide saavutamine</b>	
<b>Eesmärk</b>	<b>Tulemus</b>
Optimeerida tootmisliinide tootmispinda	Vabastati 95,9 ruutmeetrit tehasepinda puhverala arvelt.
Lua süsteem kärude ringluse jälgimiseks	Loodi komplekteerimise faas, mille lõpust saab kärude puhvris oleku aeg alguse ning lõppeb kärude kasutuselevõtuga. Mõõtesüsteemile loodi graafik, mis uuendab end süsteemis iga kolme minuti tagant.
Suurendada protsesside läbipaistvust	Muudeti protsess sarnaseks ICD liiniga. Kaardistati uus protsess. Muudeti materjalide faasidesse jagunemist vastavalt vajadustele. Loodi kärude jälgimis süsteem.
Kasutusele võtta <i>Kanban</i> süsteem <i>Set-Pick</i> kärude kõrvale.	Materjalide, mis pidevalt kasutuses loodi liini kõrvale <i>Kanban</i> riiul ning võeti kasutusele kahe kasti süsteem.

Tabel 4.5

Allikas: Koostatud autori poolt

Lisaks eelpool toodud eesmärkide saavutamisele ja uurimisküsimustele vastuse leidmisega tegi autor järgmised järeldused:

- Antud uurimustöö tõestas, et parendusprojektide läbiviimisel on mõistlik kasutada nii *Lean* kui *Six Sigma* kontseptsioone ning samuti *DMAIC* mudelit. Kasutades *Six Sigma* on võimalik lihtsate tööriistadega aru saada probleemi ulatusest ning luua lahendusi. *Lean* omalt poolt aitab aru saada raiskamistest ning põhilistest väärtustest. Koos optimeerivad need tööriistad protsesse nii, et teised seotud protsessid ei saaks kannatada ning töö oleks sujuvam kui enne. Lisaks hoiab *DMAIC* mudel fookuses ning ei lase projektil võtta liiga suuri mõõtmeid, mida projektijuht ei suudaks enam hallata.
- Protsessid, mis pole automaatsed ning mis nõuavad inimese sekkumist nagu näiteks töödejuhataja on raskemini parendatavad, kuna püsib inimliku eksimuse võimalus. Protsessides, kus inimene peab otsuseid langetama vastavalt toomise hetke olukorrale on automaatse süsteemi loomine raskendatud ning osades olukordades pea võimatu. Nii ka antud töös, kuna töödejuhataja jälgib tootmist ning tellib järgmised materjalid vastavalt hetke olukorrale.

- Tootmispinna optimeerimine on iga tootmisettevõtte puhul erinev, kuid kaardistades olukorra ning kasutades erinevaid tööriistu on seda alati võimalik teha. Antud uurimustööst selgus, et *Kanban* kasutamine võib oluliselt vähendada puhvrite pinna suurust.
- Käesoleva uurimustöö tulemusi ja loodud tööriistu on võimalik rakendada ka teistes ABB üksustes, kuid erinevalt *Drives* üksusest nõuab teistes tehastes rakendamine suuremaid väljaminekuid.

Puhveralade ja kärude ringluse olukorda jälgimiseks ning ohjamiseks tegi autor järgmised ettepanekud:

- Jälgida puhvrite olukorda iganädalastel koosolekutel. Seda eesmärgiga mitte lasta tühjale alale tekkida ebavajalikul puhvril. Lisaks on nii võimalik töödejuhatajatel põhjenda, miks kärud etteantud ajaga kasutusse ei võetud ning välja pakkuda lahendusi, kuidas järgmisel korral sama viga ei juhtuks.
- Lisada kärude puhveraja jälgimine ka ICD liinile. Kuigi uurimustöö alguses oli näha, et ICD liinil oli kärude kasutuselevõtt 24h tunduvalt parem kui WIND's, tuleks rakendada sama süsteem kõikidele kabineti toomisliinidele. Lisaks ICD'le tuleks lisada ka MD1 liinile kärude puhverala jälgimine. Kuna see liin on kõige väiksem siis on see teistest vähemtähtsam. Rakendamaks sama protsessi ka MD1 liinil oleks vajalik üle vaadata ka selle liini materjalide jaotused faasides.
- Leida võimalus õigel hetkel puuduvate materjalidele automaattellimiseks. Uurimustöö hetkel ei olnud see võimalik tulenevalt süsteemi piiratusest. Puuduvate materjalide automaatne tellimine vähendaks oluliselt *STO* tiimi tööd ning muudaks ka materjalide majja saabumise kiiremaks, kuna puuduks vahel kontroll lüli, kes peab käsitsi tuvastama, kas materjal on lattu saabunud. Nii võib väga kriitiline materjal olla mitu tundi laos ilma, et see majja tellitaks.
- Viia materjalide tellimine üle töödejuhatajate vastutusalasse. Sarnaselt eelmisega oli ka selle juurutamine võimatu tulenevalt süsteemi piiratusest. Antud võimaluse tekitamine annaks töödejuhatajatele rohkem vastutust ning vähendaks töö mahtu ja manuaalseid sisestamisi nii *STO* tiimis kui ka töödejuhatajatel endal.
- Mõõta kärude majja saabumise ja *Kanban* materjalide komplekteerimise vahet. Seda võiks rakendada kui edasise uurimusega. Ka siin oleks võimalik vähendada nõu puhvris seismise aega ning saada nii pinnavõitu kui ka kulude kokkuhoidu.

## KOKKUVÕTE

Tootmine ja selle efektiivsus on üha kasvav teemaatika. Seda põhjusel, et järjest väiksematel pindadel ning aina rohkem, kiiremini ja kvaliteetsemalt tuleb tooteid valmistada. Kogu tehase efektiivsuse juures mängib suurt rolli tehase *layout*, kus iga asi peab olema omal kohal sellel hetkel kui seda vajatakse.

Magistritöö teema valik sai tehtud tulenevalt autori igapäevasest kokkupuutest tootmisega. Nähes, et tootmismahude suurendes püütakse laiendada uute tehaste arvelt, mitte läbi protsesside efektiivsemaks muutmise. Sama probleemi ees oli ka ABB AS *Drives* tehas, kus tootmismahud on järjest tõusu teel, kuid ruumi laiendamiseks ei olnud ning uue tehase ehitamine oleks olnud kulukas. Uurimustöö probleemiks oli ABB AS *Drives* tehase potentsiaalse tootmispinna kasutamine ebaefektiivselt komplekteerimiskärude puhvriks. Probleemist tulenevalt seadis autor eesmärgiks leida lahendused antud probleemile, et optimeerida puhveralade kasutust ja vabastada põrandapinda uutele tootmisliinidele.

Töö esimeses osas andis autor ülevaate operatsioonide ja protsesside juhtimisest ning nende lihtsustamisest kasutades *Lean* ja *Six Sigma* kontseptsioone. Lisaks keskendus autor *DMAIC* mudelile kuna viimast kasutati ka käesoleva projekti läbiviimiseks. Töö teises osas anti ülevaade ettevõttest, kus juhtumiuurimus teostati ning püstitati lähteülesanne. Kolmandas osas kirjeldas autor andmete kogumise ja analüüsimise protsessi ning tutvustas projekti meeskonda ja selle töö korraldust. Käesoleva uurimustöö empiiriline osa viidi läbi ABB AS *Drives* tehases projekti põhisel. Projektis osales töö autor projektijuhina. Projekti tiimi liikmed aitasid kaardistada algseid protsesse ning võtsid osa ajurünnakust. Ajurünnaku peamisteks väljunditeks olid puhveraladega seotud probleemide kaardistamine, probleemide sageduse ja mõju hindamine ning lahendustegevuste välja selgitamine.

Töö tulemusena vähendati ühe liini puhverala 95 ruutmeetri võrra. Seda tulenevalt süsteemi muutmisest, eesmärkide seadmisega ning tihti kasutuses olevate materjalide liigutamiseega *Kanban* materjaliks. Kärude reaalse puhvris veedetud aja jälgimiseks vaadati üle kõik *BOM*'d ning jagati kõik materjalid õigetesse faasidesse. Selle järgselt loodi komplekteerimise faas, mis võimaldab mõõta faasi lõpust kuni käre töösse võtmiseni aega. See ongi puhvris oleku aeg. Ajakohase ülevaate loodi süsteem, mis võtab arvesse eelpool mainitud ajavahemikku ning kuvab graafiliselt hetke olukorra. Graafik uuendab end iga kolme minuti tagant ja nii on tehases olemas pidevalt visuaalselt puhvri olukord. Lisaks suurendati sellega protsesside läbipaistvust. Samuti muudeti süsteemid liinidel sarnaseks, et kõigile oleks protsessid arusaadavad. See aitab ka töötajate roteerumisele kaasa ning tekitab vähem olukordi, kus töötajad pole kindlad

kuidas protsess töötab. Töös ei olnud võimalik selgelt ära kaardistada, mitmest kärust ja alusest ühe töö materjalitellimus koosneb ning sellest tulenevalt kasutati üldistusena arvutustel alati põhimõtet- üks tellimus koosneb ühest kärust.

Uurimustööst selgus lisaks püstitatud eesmärkidele ka *DMAIC*, *Lean*, *Six Sigma* ning üldiste protsesside kasutamise plussid ja miinused. Näiteks võib uurimustöö autor väita, et nii *DMAIC* kui ka *Lean* ja *Six Sigma* koos kasutamine on mõttekas ning edu toov. *Lean* ja *Six Sigma* koos kasutamine viib heade tulemusteni ning aitab parendusprojekte paremini piiritleda. Lisaks aitavad nimetatud tööriistad optimeerida protsesse ilma, et teised protsessid tulemustest kannataks. *DMAIC* mudeli rakendamine aitab läheneda probleemile süstemaatiliselt ning ei lase jätta tähelepanuta ühtegi aspekti. Lisaks aitab mudel arvestada ka protsessi väliste, kuid igapäevaselt sellega kokkupuutuvate töötajate vaatenurka, ning ei lase neid unustada. Autor sai teha järelduse, et kõik manuaalsed protsessid või protsessid, kus inimene mängib tähtsat rolli on automaatse süsteemi loomine raskendatud. Töödejuhataja enda pilgul hetke olukorra hindamine ning selle järgi materjalide majja tellimist ei ole võimalik lihtsalt automatiseerida. Töödejuhataja lähtub tellimisel siiski hetkel liinil olevatest murekohtadest ning teeb otsused vastavalt sellele.

Uurimustöö viimases osas on välja toodud lisaks järeldustele ka jätkutegevused, mida oleks võimalik tulevikus veel lisaks parendada, et kogu tehase pinda optimaalsemalt kasutada. Protsessi edasiseks ohjamiseks pakkus autor välja jälgida puhvrite olukorda iga nädalaselt ning tegeleda probleemidega jooksevalt nende ilmnemisel. Lisaks pakkus autor välja võimaluse rakendamaks sama süsteemi ka teistel liinidel, et parendada kärude ringlust ning vähendada puhverala kogu tehases veelgi.

## **SUMMARY**

### **The Optimzation of ABB JSC Drives Factory Internal Buffers**

#### **Raili Kaasik**

Manufacturing with low cost but high quality and efficiency becomes more and more relevant. Layout in the factory is from that point critical aspect and it is hard and expensive to change it if some mistakes have been made. Also using factory floor space for something else than manufacturing is a waste. It is a waste of money and a waste of opportunities.

This Master of thesis scope was chosen as the author has a strong connection with manufacturing. In the ABB AS Drives factory, it was critical to find more floor space for new production lines in the factory without building a new one. The main problem in this paper was that production volumes were increasing and a lot of floor space was used as a buffer for Set-Pick trolleys and pallets. The objective was to find solutions how to decrease buffer areas and get more free floor space for new production lines. Secondary objectives were to find what solutions could be used to make it happen, how large are the Set-Pick trolleys buffer, and how many trolleys or pallets are stored for one production order?

The study was carried out as a project and to keep the focus and manage the project better DMAIC methodology was used. In the first chapter, the author gave an overview of the literature about operations management and process improvement using Lean and Six Sigma methodology. In the second chapter terms of reference and company were introduced. In the third, chapter author gave an overview of the thesis strategy. The third chapter also includes a data collecting and analysis overview together with project management and project team introduction. In the fourth chapter, the DMAIC method is used to manage the project. This chapter has six subchapters. Each of these represents one phase of DMAIC phases. Last on includes conclusions that were made after the project and proposals on what could be studied next and how the tools could be implemented into other ABB AS, Drives production lines.

The main breakthrough with the project was to eliminate the 95 square meters buffer area. Also with the project, a tool for everyday use was made so that it can be measured how long a trolley stayed in the buffer area before taking it into use. One bigger step

that made the buffer area smaller was allocating materials into the right BOMs and ensuring that all of the materials are coming on the right trolley. From the DMAIC side, it was said before that Lean and Six Sigma usage together is the best way to make the changes. After the project author can say it is so. DMAIC methodology helped to keep the project in focus and all the tools that were used made it is to handle the project and get so many good ideas on how to improve the process.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- ABB AS (2019) Kaizen Leader valmensusmateriaali. (Dokument autori valduses)
- ABB AS (2021) Industrial Engineering, M.Must (Dokument autori valduses)
- ABB IMS (2021) ABB AS, Drives, Operatsiooni osakonna struktuur. (Dokument autori valduses)
- ABB Inside. (2020) Robotika ja ajamid.  
<https://new.abb.com/ee/tegevusvaldkonnad/robotika-ja-ajamid>
- ABB Lean Six Sigma (2019). Project charter template. (Dokument autori valduses)
- ABB LV Dirves (2013) LAC presentation, Sten Seebold. (Dokument autori valduses)
- Agustiady, T., Badiru, A.B. (2013). Sustainability. Utilizing Lean Six Sigma Techniques. CRC Press. Taylor& Francis Group
- Ahlstedt. A.(2019). IMPROVING INVENTORY MANAGEMENT IN A SMALL MANUFACTURING COMPANY: A CASE STUDY. [Võrgumaterjal] Saadaval:  
<https://digikogu.taltech.ee/et/Item/3ad9b66a-bf88-44b2-bd03-5eaf7854473e>
- Antony, J., Vinodh, S., Gijo, E.V. (2016). *Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises. A Practical Guide*. CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Basu, R. (2009). *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide to Tools and Technoques*. Elsevier Ltd.
- Bozarth, C.C., Handfield, R.B. (2013). *Introduction to Operations and Supply Chain Managemet*. Third Edition. Pearson Education, Inc.
- Brook, Q. (2014). *Lean Six Sigma and Minitab (4th edition)*. OPEX Resources Ltd.
- Cudney, E.A., Agustiady, T.K. (2017). *Deisgn for Six Sigma. A Practical Approach Innovation*. Taylor & Francis Group, LCC.
- Cimorelli, S.(2013). *Kanban for the Supply Chain. Fundamental Practices for Manufacturing Management Second Edition*. CRC Press
- Davis. R.A.(2016). *Demand Driven Inventory Optimization Replenishment. Creating a More Efficient Supply Chain*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.



Myerson, P. (2012). *Lean Supply Chain and Logistics Management*. The McGraw- Hill Companies, Inc.

Nandakumar. N., Saleeshya. P.G., Harikumar. P.(2018). Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320330583>

Oakland, J.S. (2006). Terviklik kvaliteedijuhtimine. Teooria ja praktika. OÜ Külim

Ortiz. C.A. (2015). *The Kanban Playbook: A Step- by- Step Guideline for the Lean Practitioner*. CRC Press

Pande, P.S; Neuman, R.P; Cavanagh, R.R. (2002) *Kuue sigma tee. Kuidas GE, Motorola jt tippettevõtted oma sooritusi lihvivad*. Eesti: Pegasus

Ramu, G. (2016). *The Certified Six Sigma Yellow Belt Handbook*. ASQ Quality Press

Slack, N., Brandon- Jones, A., Johnston, R. (2013). *Operations management. Seventh Edition*. Pearson Education Limited.

Stevenson, J.W.(2015). *Operations Management. Twelfth Edition*. McGraw- Hill Education.

Strömpl, L. (2014). Juhtumiuurimus. Tartu Ülikool.[Võrgumaterjal] Saadaval: <http://samm.ut.ee/juhtumiuurimus>

Süße. M., Putz. M.(2021). Generative design in factory layout planning. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121002584>

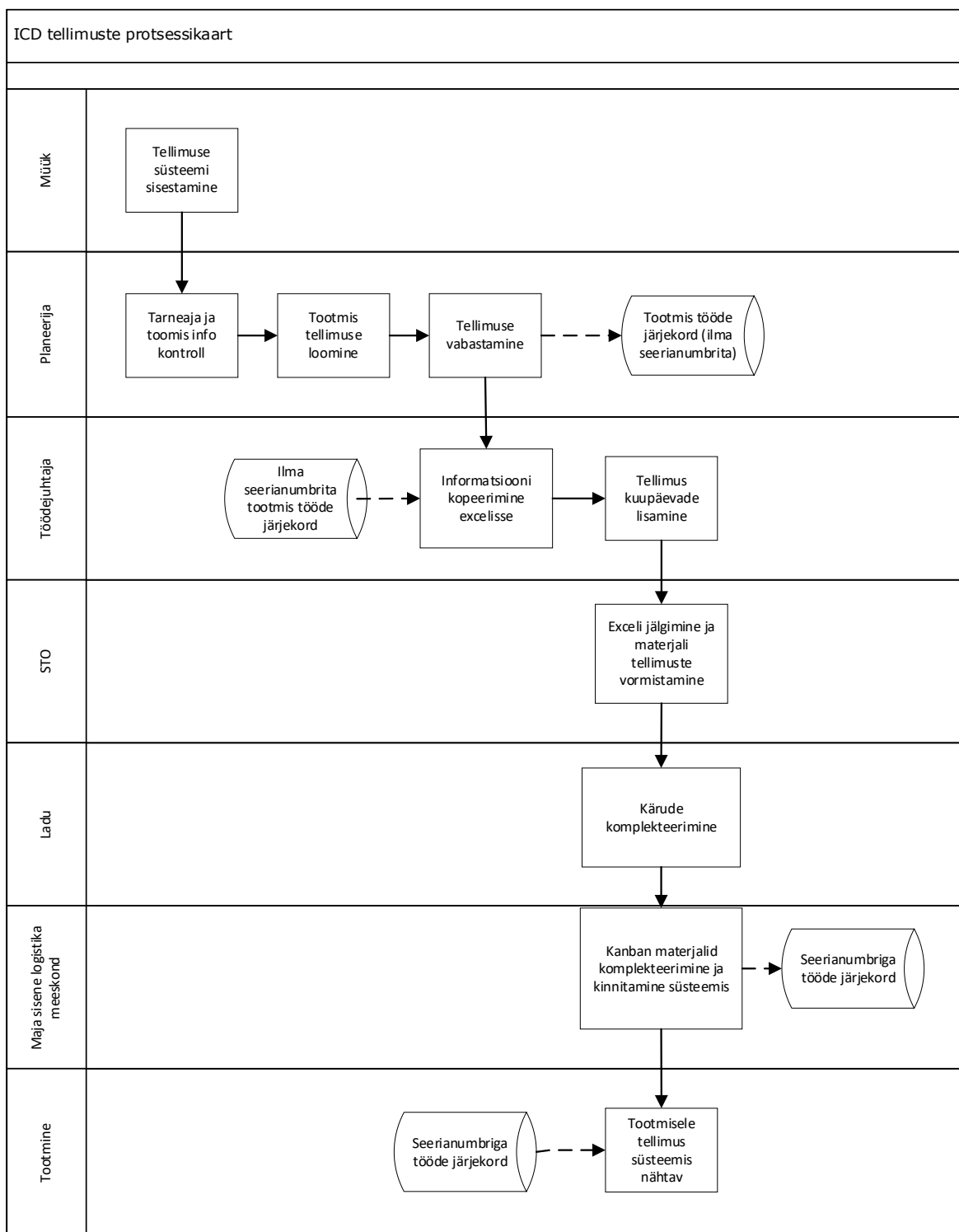
Zhoungyuan. L., Peng. L., Daqiang, G., Huang. G.Q. (2020). Towards Zero- Warehousing Smart Manufacturing from Zero- Inventory Just- In- Time production. [võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584519300390>

## LISAD

### Lisa 2.1 ABB AS *Drives* tehase liinid

<b>Liini nimetus</b>	<b>Tegevusala</b>
WIND	Kabinettide tootmine
ICD1	Kabinettide tootmine
ICD2	Kabinettide tootmine
ICDC	Kabinettide tootmine
MD1	Kabinettide tootmine
IM	Moodulite tootmine
IM2	Moodulite tootmine
IM3	Moodulite tootmine
IM6	Moodulite tootmine
IM7	Moodulite tootmine
IGBT	Komponentide tootmine
BC	Komponentide tootmine
RDCU	Komponentide tootmine
RYE	Komponentide tootmine

## Lisa 4.1 ICD protsessi kaardistus



## Lisa 4.2 Juurprobleemid

JK number	Osakond/ faas	Problem	ANDMED/ PUHVER	Mõju	Sagedus	Mõju*sagedus
2	WAC10	Materjalid tellitud eelmise kabineti kooste lõpuks, kuid kooste lõpp nihkub edasi	ANDMED	10	10	100
2	WAF	Kommunikatsiooni puudumine	PUHVER	10	10	100
3	WAF	Toormaterjalil vale saabumise aeg süsteemis	PUHVER/ ANDMED	10	10	100
7	WAS10	Materjal vales <i>BOM's</i> . Põhikoostu omas aga peaks olema osakoostu omas	PUHVER	9	10	90
16	WAC10	Linetool vale täitmine	ANDMED	9	10	90
2	WAC70	Materjal puudu ning faas jäetakse avatuks, kuigi tegelikult on edasi mindud	ANDMED	9	9	81
3	WAC70	Töödejuhataja peab ise kinnitama faasid , kuna ühe faasi kallal töötas mitu montööri	ANDMED	9	9	81
4	WAC10	Proto tellimused	ANDMED	9	9	81
1	WAC10	Töö lahti tegemine/ kinni panemine liiga hilja	ANDMED	10	7	70
8	WAS10	Üks töötaja teeb mõlemad osakoostud	PUHVER	7	10	70
9	WAS10	Oskaoostu suured materjalid ei mahu kärule. Lisaalus	PUHVER	10	7	70
12	WAS10	Garantii tellimused vormistatud kõik ühele tootmis tellimusele	PUHVER	7	10	70
1	WAC70	Mooduli liinidel puudub materjal	ANDMED	9	7	63
6	WAC10	Pooleldi valmis tooted puhvris kuna materjalid puuduvad	ANDMED	7	9	63
8	WAC10	Allokatsioonide puudumine- materjalid esimeses faasis	ANDMED	7	9	63
1	WAF	Allokatsioonide puudumine	PUHVER	10	5	50
1	WAS10	Eesmärkide puudumine	PUHVER	5	10	50

11	WAS10	4 tellimust ühel kärul	ANDMED	5	10	50
5	WAF	Õhtul ei vormistata tellimusi	PUHVER	7	7	49
10	WAS10	Õhtul ei vormistata tellimusi	PUHVER	7	7	49
12	WAC70	Õhtul ei vormistata tellimusi	PUHVER	7	7	49
18	WAC10	Õhtul ei vormistata tellimusi	ANDMED	7	7	49
5	WAS10	<i>Kanban</i> materjali komplekteeritakse liiga aeglaselt	ANDMED	5	7	35
13	WAC10	Maja sisene logistika ei komplekteeri <i>Kanban</i> materjale piisavalt kiiresti	ANDMED	5	7	35
14	WAC10	Raamid tellitakse laos asemel otse tehasesse	ANDMED	10	3	30
15	WAC10	Iga töödejuhataja töötab isemoodi	ANDMED	3	10	30
17	WAC10	Praak materjali jaoks puudub asendus laos	ANDMED	10	3	30
10	WAC70	Tellitud liiga vara, kuna töödejuhataja ei kontrolli reaalselt olukorda liinil	PUHVER	9	3	27
11	WAC10	Eesmärkide puudumine	ANDMED	3	9	27
3	WAS10	Ümber tegemine- kõik materjali puhvril ja tagasi ei lattu ei saadeta	PUHVER	7	3	21
7	WAC10	Tellitud reedel, et alustada esmaspäeval esimeses vahetuses	ANDMED	3	7	21
10	WAC10	Hirm, et materjal ei jõua õigel ajal- autod täis	ANDMED	7	3	21
12	WAC10	Ladu ei suuda õigeaegselt komplekteerida materjale	ANDMED	5	3	15
2	WAS10	Ressursi puudumine	PUHVER	10	1	10
4	WAC70	Valed allokatsioonid	ANDMED	10	1	10
5	WAC70	Tellimuse tühistamine, mille materjalid on juba tehasesse tellitud	ANDMED	10	1	10
4	WAF	Tarnijalt tulevatel raamidil puuduvad materjalid	PUHVER	3	3	9
4	WAS10	<i>Kanban</i> materjal puudub, kuna montöör unustas tellida	PUHVER	9	1	9

5	WAC10	BOM vead	ANDMED	1	9	9
6	WAS10	<i>Kanban</i> materjale komplekteeritakse aeglaselt kuna palju tellimusi korruga <i>Kanban</i> alas	PUHVER	9	1	9
7	WAC70	Ümber tegemine- kõik materjali puhvris ja tagasi ei lattu ei saadeta	ANDMED	9	1	9
9	WAC10	Liini töötajad lõppkontrollis kappe parandamas	ANDMED	3	3	9
11	WAC70	Kokkupanemis juhendit raske lugeda- mis on kit materjal ja mis tava	PUHVER	3	3	9
3	WAC10	Ümber tegemine	ANDMED	5	1	5
9	WAC70	FIFO ei tööta	ANDMED	5	1	5
6	WAC70	Materjale võetakse valelt kärult	ANDMED	3	1	3
8	WAC70	Materjal ei ole FU listis	ANDMED	1	1	1

## Lisa 4.3 Väljatöötatud lahendused

JK number	Osakond/ faas	Problem	ANDMED/ PUHVER	Mõju	Sagedus	Mõju*sagedus	Parendus tegevus
2	WAC10	Materjal tellitud eelmise kabineti kooste lõpuks, kuid kooste lõpp nihkub edasi	ANDMED	10	10	100	Tellida ainult esimese faasi materjalid ning tellida alati viimase faasi lõpus. Laol ette antud komplekteerimise aeg.
2	WAF	Kommunikatsiooni puudumine	PUHVER	10	10	100	Protsessi kaardi täiendamine osapooltega
3	WAF	Toormaterjalil vale saabumise aeg süsteemis	PUHVER/ ANDMED	10	10	100	Konstruktivne tagasiside ostjatele
7	WAS10	Materjal vales BOM's. Põhi koostu omas aga peaks olema osa koostu omas	PUHVER	9	10	90	Tõsta materjalid õigestesse BOM'desse
16	WAC10	Linetool vale täitmine	ANDMED	9	10	90	Montöörade koolitamine Linetooli kasutamiseks. Vanem montööri poole pöördumine
2	WAC70	Materjal puudu ning faas jäetakse avatuks, kuigi tegelikult on edasi mindud	ANDMED	9	9	81	Materjali puududes jätta lahti viimane faas
3	WAC70	Töödejuhataja peab ise kinnitama faasid , kuna ühe faasi kallal töötas mitu montööri	ANDMED	9	9	81	Tööde järjekorra parandamine, et vajadus puuduks
4	WAC10	Proto tellimused	ANDMED	9	9	81	
1	WAC10	Töö lahti tegemine/ kinni panemine liiga hilja	ANDMED	10	7	70	Moodulite jälitamiseks luua eraldi faas
8	WAS10	Üks töötaja teeb mõlemad osa koostud	PUHVER	7	10	70	Tellimus tuleb täita meeskonna mitte üksikisiku poolt. Töödejuhataja jagab tegevused.

9	WAS10	Osa koostu suured materjalid ei mahu kärule. Lisaalus	PUHVER	10	7	70	Suured ja pidevalt kasutuses materjalid muuta <i>Kanbaniks</i> .
12	WAS10	Garantii tellimused vormistatud kõik ühele tootmis tellimusele	PUHVER	7	10	70	Koostööd garantii tiimiga, et muuta süsteemi
1	WAC70	Mooduli liinidel puudub materjal	ANDMED	9	7	63	Faaside ja järjekorra parandamine
6	WAC10	Pooleldi valmis tooted puhvris kuna materjalid puuduvad	ANDMED	7	9	63	
8	WAC10	Allokatsioonide puudumine- materjalid esimeses faasis	ANDMED	7	9	63	Suured ja pidevalt kasutuses materjalid muuta <i>Kanbaniks</i> . Luua allokatsioonid
1	WAF	Allokatsioonide puudumine	PUHVER	10	5	50	Kõik raamide materjalid jagada vähemalt kahte faasi. Uutel kabinettidel R&D käigus.
1	WAS10	Eesmärkide puudumine	PUHVER	5	10	50	Loome süsteemi pidevaks puhvri suuruse jälgimiseks. Kärude tuleb ära kasutada kolme päeva jooksul.(72h)
11	WAS10	4 tellimust ühel kärul	ANDMED	5	10	50	Tellime nii palju kui realselt vaja ühel kärul.
5	WAF	Õhtul ei vormistata tellimusi	PUHVER	7	7	49	FU materjal tellitakse automaatselt
10	WAS10	Õhtul ei vormistata tellimusi	PUHVER	7	7	49	FU materjal tellitakse automaatselt
12	WAC70	Õhtul ei vormistata tellimusi	PUHVER	7	7	49	FU materjal tellitakse automaatselt
18	WAC10	Õhtul ei vormistata tellimusi	ANDMED	7	7	49	FU materjal tellitakse automaatselt
5	WAS10	<i>Kanban</i> materjali komplekteeritakse liiga aeglaselt	ANDMED	5	7	35	Loome faasi komplekteerimise jaoks(mumm). Sarnased protsessid eri liinidel. (ICD-WIND)

13	WAC10	Maja sisene logistika ei komplekteeri <i>Kanban</i> materjale piisavalt kiiresti	ANDMED	5	7	35	Loome faasi komplekteerimise jaoks(mumm). Sarnased protsessid eri liinidel. (ICD-WIND)
14	WAC10	Raamid tellitakse lao asemel otse tehasesse	ANDMED	10	3	30	Ajutine probleem. Lahendatakse lao loomisega tarnija juurde
15	WAC10	Iga töödejuhataja töötab isemoodi	ANDMED	3	10	30	Standardiseerida protsess peale komplekteerimis faasi kasutuselevõttu
17	WAC10	Praak materjali jaoks puudub asendus laos	ANDMED	10	3	30	
10	WAC70	Tellitud liiga vara, kuna töödejuhataja ei kontrolli reaalselt olukorda liinil	PUHVER	9	3	27	Standardiseerida, protsessi loomine. Kapi faaside jälgimine. Peale komplekteerimis faasid kasutuselevõttu
11	WAC10	Eesmärkide puudumine	ANDMED	3	9	27	Loome süsteemi pidevaks puhvri suuruse jälgimiseks. Kärude tuleb ära kasutada päeva jooksul.(24h)
3	WAS10	Ümber tegemine- kõik materjali puhvris ja tagasi ei lattu ei saadeta	PUHVER	7	3	21	Rework materjalid saadetakse alati lattu tagasi.
7	WAC10	Tellitud reedel, et alustada esmaspäeval esimeses vahetuses	ANDMED	3	7	21	Loome süsteemi pidevaks puhvri suuruse jälgimiseks. Süsteem ei arvesta nädalavahetusi sisse kui sel hetkel tööd ei tehta.
10	WAC10	Hirm, et materjal ei jõua õigel ajal- autod täis	ANDMED	7	3	21	Infomeil, et käivad lisautod kui ei peaks peale mahtuma. Info meiliga saata
12	WAC10	Ladu ei suuda õigeaegselt komplekteerida materjale	ANDMED	5	3	15	Infomeil, et käivad lisautod kui ei peaks peale mahtuma. Info meiliga saata
2	WAS10	Ressursi puudumine	PUHVER	10	1	10	Materjalide <i>Kanbaniks</i> muutmine
4	WAC70	Valed allokatsioonid	ANDMED	10	1	10	Allokatsioonid üle vaadata ja korda teha

5	WAC70	Tellimuse tühistamine, mille materjalid on juba tehasesse tellitud	ANDMED	10	1	10	Parem info liikumine, kui olukord tekib.
4	WAF	Tarnijalt tulevatel raamidelt puuduvad materjalid	PUHVER	3	3	9	Info liikumine tarnija ja tehase vahel.
4	WAS10	<i>Kanban</i> materjal puudub, kuna montöör unustas tellida	PUHVER	9	1	9	Inimeste koolitamine, kuidas <i>Kanban</i> süsteem toimib.
5	WAC10	BOM vead	ANDMED	1	9	9	Üle vaadata <i>BOM</i> 'd ja liigutada materjalid õigetesse faasidesse.
6	WAS10	<i>Kanban</i> materjale komplekteeritakse aeglaselt kuna palju tellimusi korraga <i>Kanban</i> alas	PUHVER	9	1	9	Info jagamine, tehase sisese logistika tiimi poolt, kui komplekteerimises suur tööde järjekord
7	WAC70	Ümber tegemine- kõik materjali puhvis ja tagasi ei lattu ei saadeta	ANDMED	9	1	9	Kõik ümber tehtud materjalid tuleb saata lattu tagasi
9	WAC10	Liini töötajad lõppkontrollis kappe parandamas	ANDMED	3	3	9	
11	WAC70	Kokkupanemis juhendit raske lugeda- mis on KIT materjal ja mis tava	PUHVER	3	3	9	Joonised parandada inseneride poolt. Jooniste manuaalid täiendada ning koolitada montööre. Küsimuste korral pöörduda inseneri poole
3	WAC10	Ümber tegemine	ANDMED	5	1	5	
9	WAC70	<i>FIFO</i> ei tööta	ANDMED	5	1	5	Inimeste koolitamine, et materjali tuleb võtta õigelt kärult. Kui võtta valelt kärult tuleb materjali tiimi informeerida.

6	WAC70	Materjale võetakse valet kärult	ANDMED	3	1	3	Inimeste koolitamine, et materjali tuleb võtta õigelt kärult. Kui võtta valet kärult tuleb materjali tiimi informeerida.
8	WAC70	Materjal ei ole FU listis	ANDMED	1	1	1	Kommunikatsioon

## Lisa 4.4 WIND uus protsessikaart

