



Pavel Kurotškin

**TÖÖPROTSESSIDE ÜHTLUSTAMINE JA
TARNEHELA TÕHUSUSE
PARENDAMINE X TEHASE NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Logistikainstituut

Transport ja logistika

Juhendaja: Jelizaveta Janno, *PhD*

Tallinn 2026

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Pavel Kurotškin

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

teose

“Tööprotsesside ühtlustamine ja tarneahela tõhususe parendamine X tehase näitel”

- 1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;
- 2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtjaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

Autorideklaratsioon

Mina, Pavel Kurotškin

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt. Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

Jelizaveta Janno, PhD

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

SISUKORD

SISUKORD	3
LÜHENDITE JA MÕISTETE LOETELU	4
SISSEJUHATUS.....	7
1 TEOREETILINE OSA	10
1.1 Tootmisettevõtte intralogistika.....	10
1.2 Materjalide vastuvõtt ja partiihaldus.....	13
1.3 Jälgitavus ja infosüsteemid	16
1.4 Sisendi kontroll, blokeering ja lubamine etteandele.....	19
1.5 Varasemad uurimused.....	22
2 LÄHTEÜLESANNE	24
2.1 Ettevõtte osakondade töökorraldus	24
2.2 Protsesside juhtimine ettevõttes	26
2.3 Ettevõtte ladu ja tootmine	29
2.4 Intralogistika raamtingimused ja uurimisfookus.....	32
3 METOODIKA JA EMPIIRIA	35
3.1 Andmete kogumine.....	35
3.2 Andmete analüüsimine	36
3.3 Olemasolevad protsessid (<i>AS-IS</i>).....	39
3.3.1 Kauba vastuvõtt (<i>AS-IS</i>).....	40
3.3.2 Kauba inventuuri korrektsus (<i>AS-IS</i>)	41
3.3.3 Tõenäosus punkerid omavahel sassi ajada (<i>AS-IS</i>)	41
3.3.4 Komponentide ja pakkematerjali korrashoid (<i>AS-IS</i>)	42
3.4 <i>TO-BE</i> OLUKORRAD	44
3.4.1 Sisendmaterjalide vastuvõtt ja laohaldus (<i>TO-BE</i>).....	44
3.4.2 Varude täpsus ja inventuurikorraldus (<i>TO-BE</i>).....	45
3.4.3 Materjali etteanne punkritesse (<i>TO-BE</i>)	46
3.4.4 Pakkematerjalide ja erikomponentide tagamine (<i>TO-BE</i>).....	47
3.4 Järeldused ja ettepanekud	48
KOKKUVÕTE.....	51
SUMMARY	54
VIIDATUD ALLIKAD	58

LÜHENDITE JA MÕISTETE LOETELU

Lühendid ja mõisted

- 5S – töökoha korrastamise ja visuaalse juhtimise meetodika (sortimine, süstematiseerimine, sära, standardiseerimine, säilitamine).
- ABC (tsoonid) – varude liigitus käibekiiruse alusel: A – kiire, B – keskmine, C – aeglane käive.
- AS – aktsiaselts.
- AS-IS – hetkeolukorra kirjeldus; olemasolev protsessiseis enne muudatusi.
- Backflush – automaatne tarbimiskanne tootmissüsteemis, mis vähendab materjalivaru vastavalt toodangu valmimisele.
- ERP – ingl. k. *Enterprise Resource Planning*, ettevõtte ressursiplaneerimise süsteem (nt tootmise, ostu ja finantsi „tõeväli“).
- FEFO – *First Expired, First Out*, esimesena aeguv kaup väljastatakse esimesena.
- FIFO – *First In, First Out*, esimesena saabunud kaup väljastatakse esimesena.
- HSE – Health, Safety and Environment, tervishoiu, tööohutuse ja keskkonnakaitse süsteem.
- IATF 16949 – rahvusvaheline kvaliteedijuhtimise standard autotööstusele.
- Intralogistika – tehase sisemine logistika: materjali ja info liikumine vastuvõtust, ladustamisest ja etteandest kuni valmislao ja väljastuseni.
- ISO 13485 – meditsiiniseadmete kvaliteedijuhtimissüsteemi standard.
- ISO 9001 – üldine kvaliteedijuhtimissüsteemi standard.
- IT – infotehnoloogia.
- Jälgitavus – võime jälgida kauba ja partiide liikumist kogu elutsükli vältel (asukoht, olek, kogus, vastutaja).
- Juhitavus – protsessi võime reageerida kõrvalekalletele reaajas läbi standardtöö, õiguste ja mõõdikute.
- Juhtumiuuring (*case study*) – uurimismeetod, mis keskendub ühe konkreetse ettevõtte või üksuse põhjalikule analüüsile.
- Kanban – tõmbepõhine varude juhtimise ja etteande süsteem, mille alusel täiendatakse varu signaali (kaardi, sildi, taseme) järgi.
- Karantiin (partii karantiinis) – partii ajutine staatus, kus materjali ei tohi tootmisse või lattu vabastada enne kvaliteedivabastust.
- KPI – Key Performance Indicator, võtmetulemusnäitaja (nt OTIF, inventuuri täpsus, VO ooteaeg).
- Läbiaeg – aeg sisendist (vastuvõtust) kuni väljundini (valmisladu/väljastus).
- Masterandmed – põhiandmed (artiklikaardid, pakendihierarhiad, laokohad jne), millele kõik kanded ja protsessid tuginevad.

- *Min-max* – varude juhtimise meetod, kus määratakse minimaalsed ja maksimaalsed tasemed, mille vahel varu hoitakse.
- Osalusvaatlus – uurimismeetod, kus uurija osaleb ise protsessis ning jälgib töö tegelikku kulgu.
- *OTIF – On Time In Full*, tarnekindluse mõõdik (õigeaegselt ja täiskoguses tarnitud tellimuste osakaal).
- *OÜ* – osaühing.
- Partiihaldus – partiide loomise, märgistamise, liikumise ja staatuse (*nt* karantiin/vabastatud) juhtimine.
- Partiistaatus – partii olek infosüsteemis (*nt* blokeeritud, karantiinis, vabastatud).
- *Poka-yoke* – veakindlustuslahendused, mis takistavad vale tegevuse või vale kombinatsiooni tekkimist (*nt* kahe skanni reegel).
- Sisendfaas – intralogistika osa alates kauba vastuvõtust kuni materjali etteandmiseni tootmisse.
- Sisendprotsess – järjestikused tegevused, mis tagavad materjali jõudmise õigel ajal ja õigel kujul tootmisse.
- Siselogistika – ettevõttesisene logistika; sama tähendus sinu töös intralogistikaga.
- *SMED – Single Minute Exchange of Die*, seadistusaegade vähendamise meetodika.
- *SOP – Standard Operating Procedure*, standardtööjuhend.
- *SPC – Statistical Process Control*, statistiline protsessijuhtimine.
- *SSCC – Serial Shipping Container Code*, seeriakaubakandja kood (aluse/kaubakandja unikaalne identifikaator).
- Tarneahel – kogu ahel tarnijast kuni lõppkliendini, hõlmates tootmist, ladu ja logistikat.
- Tarnekindlus – ettevõtte võime tarnida tooted kokkulepitud ajal ja kokkulepitud koguses (tihti mõõdetakse *OTIF-iga*).
- Timmitud tootmine – lean-põhimõtetel põhinev tootmisviis, mis vähendab varusid ja ooteaegu ning hoiab voogu ühtlasena.
- *TO-BE* – soovitud tulevikuolukorra kirjeldus; parendatud protsessi seisund pärast muudatuste juurutamist.
- Tsüklihoendus – inventuuri vorm, kus varusid loendatakse pidevalt väikeste osade kaupa vastavalt artiklite käibele.
- Tööprotsesside standardiseerimine – ühtsete reeglite, tööjuhiste ja sammude kehtestamine, et vähendada variatsiooni ja vigasid protsessides.
- *V0* – tootmise ja lao vaheline üleminekutsoon / üleandmistsoon X OÜ-s.
- *V0-tsoon / V0* üleminekutsoon – standardiseeritud üleandmistsoon tootmise ja lao vahel X OÜ-s.

- Väärtusahel – jadastatud tegevused, mis loovad tootele või teenusele väärtust alates sisendist kuni kliendini.
- Väärtusvoog – konkreetse toote või teenuse liikumine läbi protsesside koos lisandväärtuse ja ooteetappidega.
- Väärtusvoo kaardistamine – protsessi visuaalne kujutamine eesmärgiga tuvastada pudelikaelu, ooteaegu ja raiskamist.
- *VSM* – ingl. k. *Value Stream Mapping*, väärtusvoo kaardistamine.
- *WMS* – ingl. k. *Warehouse Management System*, laohaldussüsteem.

SISSEJUHATUS

X OÜ on rahvusvahelisse X kontserni kuuluv Eesti plastkomponentide tootja, mis keskendub survevalu-tehnoloogiatele ning seotud teenustele (vormide valmistamine, koostamine, liimvormimine, tampotrükk, ultrahelikeevitus). Ettevõtte X tipptasemel tootmis- ja logistikasüsteem tagab erakordse kliendirahulolu koos suurepärase tarne ja kvaliteeditulemusega. Keskendudes tugevalt kvaliteedile, innovatsioonile ja klienditeenindusele, ettevõtte X on pühendunud pakkuma oma klientidele kõrgeimal tasemel polümeerkomponente ja teenuseid. X asutas 1947. aastal Anders Månson. Järgnenud aastate kõrget edutaset peegeldab meie tänane kliendibaas, kuhu kuuluvad paljud tuntud ettevõtted eri sektoritest. Meie ettevõttel on tõeliselt globaalne haare: üle maailma asub 14 tehast. X on jaotatud kaheksaks põhitegevusvaldkonnaks: kergeveokid, raskeveokid, meditsiin, tööstus, mööbel, valgustus, kroomkate ning tööstuslikud aknad. Varustame uhkusega mitmeid maailma juhtivaid originaalseadmete tootjaid innovatiivsete plasti- ja komposiitlahendustega, sealhulgas polümeerkomponentidega, kõigis segmentides. X on kontserni Eesti üksus, mille tegevus keskendub plastdetailide survevalule ja järelprotsessidele. Eesti üksus pakub lisaks survevalule vormide hooldust ja tootmist, liimvormimist, koostet, märgistamist ja muid järelteenuseid, mis võimaldavad tarnida kliendile valmis alakomponente.

Käesoleva uurimistöö probleemiks on see, et tööprotsessid ettevõttes ei ole selgelt eristatud ega soodustavad tõhusa töökeskonna olemasolu. Püstitatud probleemi tulenevalt loon eesmärgi mille sihiks on analüüsida ettevõtte X tööprotsesse intralogistika ja tarneahela vaates ning hinnata, mil määral tööprotsesside ühtlustamine ja sisendprotsessi korrastamine aitab tõsta tarnekindlust ja kvaliteeditulemust ning samas läbi nende tööprotsesside ühtlustamise ja sisendprotsessi korrastamise suurendada ettevõtte tarneahela tõhusust tuginedes konkreetsetele ettevõtte intralogistika näidetele.

Lõputöö keskendub järgmistele uurimisküsimustele:

1. Missugused protsessid intralogistika poole pealt on ühtlustamata?
2. Mis on intralogistika poole pealt kõige kriitilisemad tööprotsessid mis mõjutavad tarneahela tõhusust?
3. Kui hästi on olemasolevad tööjuhised kooskõlas tegeliku tööprotsessiga intralogistikas?
4. Kuidas mõjutab infoliikumine (nt ERP kanded, laooperatsioonide sisestamine, töökorralduse jagamine) intralogistika protsesside efektiivsust?

Lähtekohaks on ettevõtte profiil: rahvusvahelisse X kontserni kuuluv plastkomponentide tootja, kelle põhitegevus on survevalu tehnoloogiad ja seotud teenused milleks on vormide valmistamine ja hooldus, koostamine, liimvormimine, tampotrükk,

ultrahelikeevitus. Kontserni globaalne haare on 14 tehist Euroopas, Põhja Ameerikas ja Aasias ning tugev fookus kvaliteedil, innovatsioonil ja klienditeenindusel seavad Eesti üksusele kõrged nõuded nii sisemiste materjali ja infovoogude juhtimisel kui ka lõpptulemuse stabiilsuses. Tallinnas tegutseva üksuse eripära on valmis alakomponentide tarnimiseks vajalik järelprotsesside komplekt ning viimaste aastate organisatsioonilised muudatused (eelmise likviideeritud ettevõtte ühinemise järgsed praktikad), mis loovad hea võimaluse ühtlustada tööjuhiseid ja andmekäsitlust.

Uurimistöös kaardistatakse "sisend - tootmise etteandmine - valmisladu - väljastus" ahel, kirjeldatakse tüüpilisi kõrvalekaldeid (*nt* topeltkäsitlemine, märgistus ja andmekannete ebaühtlus, komplekteerimise ebatäpsused) ning nende juurpõhjuseid, lähtudes üksuse tegelikest tööjuhenditest ja praktikatest. Metoodiliselt rakendatakse kombineeritud lähenemist: kvantitatiivne andmeanalüüs (*ERP/WMS* kanded, *OTIF*, komplekteerimise täpsus, inventuuri täpsus, läbiaeg) ja kvalitatiivsed vestlused võtmerollidega (ladu, planeerimine, logistikakoordineerimine). Analüüsi põhjal esitatakse standardiseerimise ettepanekud: *SOP*-ide ühtlustamine, visuaalne juhtimine ja kontrolllehed kriitilistes lülides, märgistuse ja andmesisestuse standardid mille oodatav mõju on läbiaja lühenemine, vigade ja ümbertööde vähenemine, varude nähtavuse paranemine ning seeläbi tarneahela tõhususe ja kliendirahulolu kasv. Uurimistöö läbiviimiseks valiti meetodiks juhtumiuuringut, mis võimaldab põhjalikult keskenduda üksiku ettevõtte kui juhtumi olukorra käsitlemisele, mis kujutab endast ettevõtte protsesside parandamist. Juhtumiuuring loob võimaluse hinnata ettevõtte hetkeolukorda, tuvastada peamised ebatõhusused ning pakkuda välja lahendused, mis aitavad protsesse optimeerida.

Rakendan selle lõputöö raames *AI*-d jooniste ülesjoonistamise ja skeemide kodeerimise puhul, samas võtan *yEd* kasutusse, et kaardistada läbi antud programmi *AS-IS* ja pärast *TO-BE* skeemid. Samas, täpsed definitsioonid töö käigus kasutatavatele lühenditele ja mõistetele on toodud üleval lõputöö osas "Lühendite ja mõistete loetelu".

Lõputöö koosneb kolmest peatükist ja lõputöös käsitletakse ainult minu otseste kohustustega seonduv ala, mitte süvitsi uurida kogu ettevõtte intralogistika poolt. Esimene loob teoreetilise raamistiku tööprotsesside standardiseerimisest, intralogistikast ja tarneahela tõhususe põhimõtetest. Teine tutvustab *X OÜ* tehase tegevusvaldkonda ja organisatsioonilist ülesehitust, keskendudes tootmise ja lao koostööle. Kolmandas peatükis analüüsitakse ettevõtte sisemisi protsesse ja tuvastatakse peamised kitsaskohad, mis mõjutavad töökorralduse ja infovahetuse ühtlust ning kirjeldatakse metoodikat ja andmeanalüüsi põhimõtteid, mis toetavad uurimuse usaldusväärust, samas esitatakse tööprotsesside standardiseerimise ja tarneahela parendamise ettepanekud koos

hinnanguga nende mõjule ja viimasena koondatakse töö tulemused ja järeldused ning antakse ülevaade võimalikest rakendussammudest.

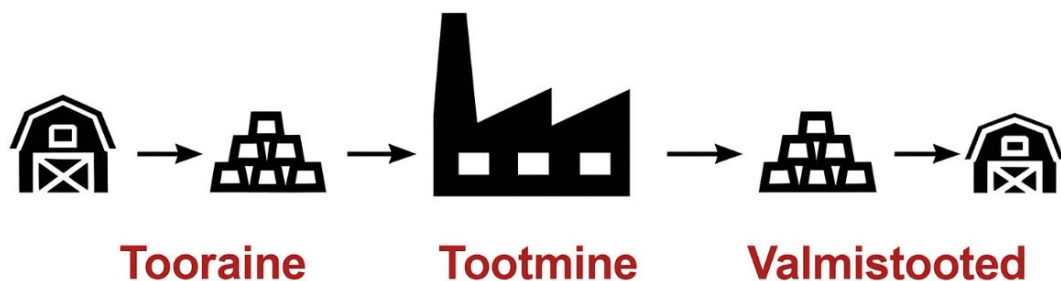
Lõputöö eesmärk on koostada X OÜ-le praktilised ja andmepõhised soovitused, mis aitavad suurendada tööprotsesside ühtsust, vähendada vigade arvu ja ajakulu ning tõsta tarnekindlust ja varude nähtavust. Lõputöö uurimuse tulemus on tervikvaade ettevõtte intralogistikale läbi protsesside ühtlustamise ja seeläbi tõhusama tarneahela liikumise poole jõudmine.

1 TEOREETILINE OSA

1.1 Tootmisettevõtte intralogistika

Järgnevas peatükides kirjeldab autor töö teoreetilist osa ja annab ülevaate intralogistikast, tööprotsessidest ja standardiseerimisest. Samuti tuuakse esile teemaga seotud olulisemad käsitlused ja teooriad, mis loovad aluse töö empiirilise osa analüüsiks. Joonisel 1 on visuaalselt kujutatud uurimuse fookuses olev intralogistikaprotsess, mis seob sisendmaterjalid, tootmise ja valmislaos üheks tervikuks. Skeem aitab piiritleda, milliseid ahela lülisid käesolev töö detailsemalt käsitleb, ehk piiritleb end sisendfaasiga ning kuidas need seostuvad X kontserni laiemas tarneahelas. Joonisele 1 järgnevad alapeatükid avavad iga etapi teoreetilise tausta ja selgitavad, millistele mõõdikutele ja juhtimispõhimõtetele empiirilises osas tuginetakse. [1] [2]

Töös olev tootmine (WIP)



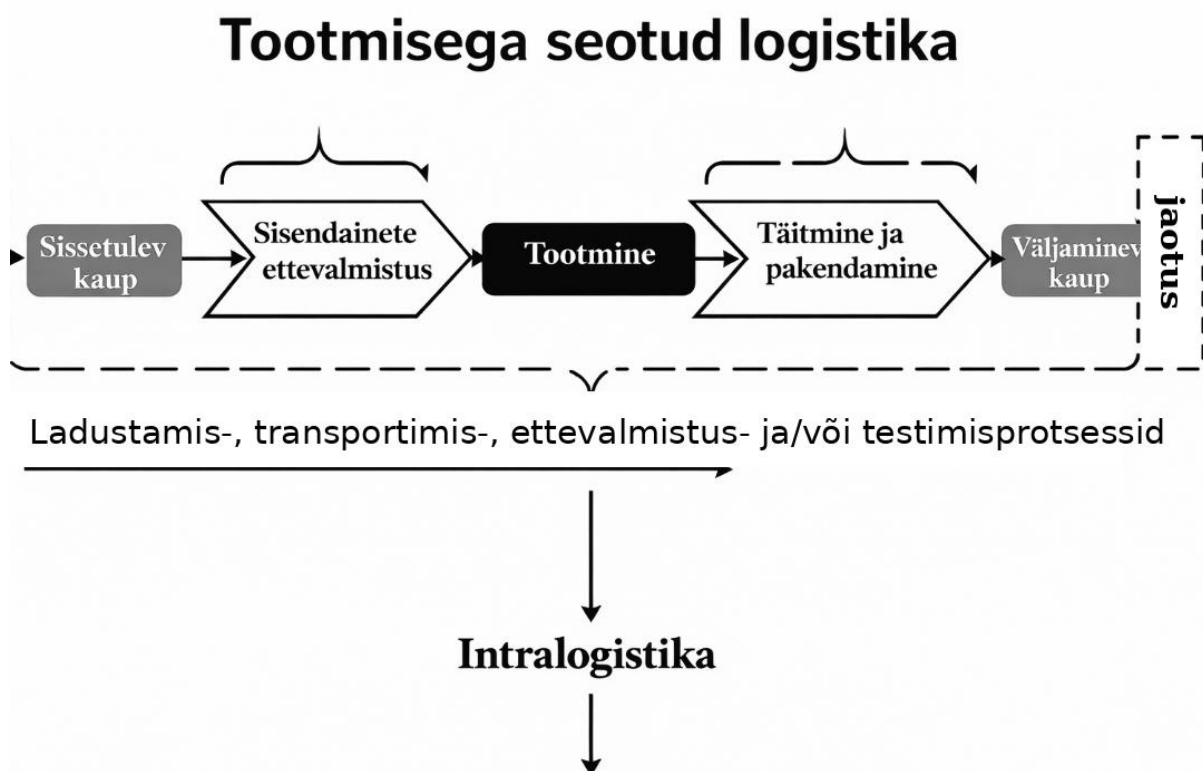
Joonis 1. Materjalivoo etapid alates toorainest kuni valmistoodanguni [1]
(kohandatud)

Joonis 1 illustreerib materjalivoo üldloogikat ning aitab mõtestada, miks sisendfaasi juhitavus mõjutab otseselt tootmise rütmi ja tarnekindlust. Edasistes alapeatükkides seostatakse see raamistik intralogistika standardiseerimise ja mõõdikute käsitlusega, millele empiiriline analüüs hiljem tugineb. [1]

X kontserni tasandil on logistika ja tarneahela juhtimine üles ehitatud globaalsele tootmis- ja jaotusvõrgule, mis hõlmab 14 tehast Euroopas, Põhja Ameerikas ja Aasias ning teenindab erinevaid tööstussektoreid, sh kerge ja raskeveokid, meditsiin ja tööstus.

Sellises mitme kontinendi vahelises tarneahelas on iga tehase roll tagada, et kohalik intralogistika toetaks kontserni üldist tarnekindlust, kvaliteeditulemust ja kulutõhusust. Intralogistika ongi tehase sisemine väärtusahel, mis ühendab materjalide vastuvõtu, ladustamise, etteandmise ja valmistoodangu liikumise ühtseks, reaajas nähtavaks vooluks. Selle eesmärk on tagada, et iga tootmisüksus saab õigel ajal õiges koguses õiget materjali ning et info, mis kirjeldab kauba olekut, asukohta ja kvaliteeti, liigub sama täpselt kui kaup ise. Hästi korraldatud intralogistika vähendab ootamist ja topeltkäsitlemist, stabiliseerib tootmisrütmi ning loob aluse prognoositavale tarnekindlusele kogu kontserni tarneahelas. [1]

Protsess algab vastuvõtust, kus tarded võrreldakse dokumentidega, kontrollitakse pakendi terviklikkust ja kinnitatakse partiipõhine märgistus. Seejärel paigutatakse materjalid ABC-tsoonide ja FIFO või FEFO loogika järgi sobivatesse laokohtadesse, kus asukohad kinnitatakse skaneerimisega, et füüsiline liikumine ja digitaalsed kanded püsiks sünkroonis. Visuaalse juhtimise all mõistetakse selgelt tähistatud tsoonid, üleandmispunktid, koridorid ja riiulid mis vähendavad otsinguaega ja ohte ning hoiavad töstukite ja jalakäijate liikumise korrastatuna. Järgmisel joonisel 2 on toodud selgelt eristatud skeem ära näitamaks intralogistika põhisammud.



Joonis 2. Tootmisega seotud logistika liigitus [1] (kohandatud)

Tootmise etteandmine on intralogistika süda, sest siin avaldub otseselt mõju liini taktile. Kiirelt pöörduvate artiklite puhul hoitakse liini ääres standardkoguseid, mida täiendatakse ajastatud ringkäikudel või tõmbesignaali alusel, suure valiku ja väikeste koguste korral valmistatakse komplektid eelnevalt ette, et liin ei peaks detaile otsima. Materjali kuivatuse ja etteande parameetrid ühtlustatakse, punkri ja masina vahelise ühenduse õigsus kinnitatakse enne käivitust ning *poka-yoke* lahendused, nagu kahe skanni reegel ja vale kombinatsiooni blokeering, vähendavad vale materjali sattumise riski. [1] [2]

Üleandmistsoon toimib tootmise ja lao piiril puhvri ning kvaliteedikontrolli punktina. Siin kinnitatakse kogus, partii või *SSCC*, tekitatakse ajatempli ja asukohaga kanne ning kõrvalekalded märgitakse viivitamata. Üleandmistsooni takt ja reageerimisaeg on kokkuleppelised ja mõõdetavad, sest just siin tekivad kergesti pudelikaelad, mis kanduvad kiiresti edasi nii liinile kui väljastusse.

Infosüsteemide kihis seob intralogistika *ERP*-i ja *WMS*-i reaajas skannimise kaudu ühtseks peegelpildiks laos toimuvale. Masterandmete ühtsus artiklikaartidel, pakendihierarhiates, laokohtadel ja etiketimallides tagab, et sama identifikaator on loetav vastuvõtus, riiulis, üleandmistsoonis ja väljastuses ning et partiide ja aluste elutsükkel on jälgitav algusest lõpuni. Kohustuslikud andmeväljad ja automaatsed kontrollid vähendavad käsisisestuse vigu ja loovad planeerimisele ning kvaliteedile usaldusväärse nähtavuse. [3] [4]

Intralogistika hõlmab ka pakkematerjalide ja erikomponentide varustamist, mille katkestused võivad peatada muidu valmis liini. *Min-max* või kahe kasti mehhanismid koos automaatsete teavitustega hoiavad kriitiliste artiklite taseme stabiilsena, ringkäigud ja visuaalne korrastatus lihtsustavad kontrolli ning vähendavad sõltuvust üksiktöötaja mälu ja kogemuse tagaajamisest. Inventuuri täpsust hoitakse tsükloendusega, mille sagedus järgib artiklite pöörduvust, ning süsteemiuuenduste või erandolukordade järel tehakse sihipärane järelkontroll, et vältida loendusrikkeid.

Kvaliteedi, ohutuse ja hoolduse roll on intralogistikas lahutamatu. Lõppvabastuse, karantiini ja kõrvalekallete käsitlemine on defineeritud juba enne laoliikumist, *HSE*-reeglid ja *5S* muudavad töökoha visuaalselt isejuhtivaks ning hooldus hoiab tõstukid, laadimissillad, skannerid ja etiketiprinterid töökorras, et tehnilised tõrked ei katkestaks voogu. Päevased lühikoosolekud ja ristfunktsionaalsed kokkulepped hoiavad tootmise, lao, planeerimise ja logistika vahelise koostöö orkestreerituna.

Intralogistika tulemuslikkust kirjeldavad mõõdikud on suunatud voolu stabiilsusele ja andmete usaldusväärsusele. Olulisemad on üleandmistsooni ooteaeg ja paigutuse tsüklaeg, tootmise etteande täpsus, varude ja inventuuri täpsus, komplekteerimise

veamäär ning kogu läbiaeg sisendist valmislattu. Kui standardtöö, märgistus ja kanded on ühtsed ning kõrvalekalletele järgnevad kiire juurpõhjuse analüüs ja parandus, väheneb aja variatsioon ja intralogistika toetab tootmist stabiilse takti, kõrgema kvaliteedi ja prognoositava tarnekindlusega.

Kokkuvõttes intralogistika on tehase närvisüsteem, mis teeb nähtavaks ja juhitavaks kõik sisemised materjali ja infovood. Ühtlustatud tööjuhised, visuaalne juhtimine, jälgitavus ja reaajas andmed seovad füüsilise liikumise digitaalse peegliga üheks tervikuks, mis võimaldab langetada otsuseid faktide, mitte oletuste põhjal ning hoida tootmise rütmi ilma liigse varu, seisakute ja ümbertöötamise. Edaspidi keskendun ainult intralogistika esimesele poolele, ehk sisendile.

1.2 Materjalide vastuvõtt ja partiihaldus

Intralogistika materjalide vastuvõtt ja partiihaldus algavad hetkest, mil veos jõuab territooriumile ning saabuv kaup võrreldakse tarnedokumentide ja tellimuse andmetega, et kinnitada kogused, artiklikoodid ja tarnetingimused. Vastuvõtupunktis kontrollitakse pakendi terviklikkust ja märgistuse loetavust ning teostatakse vajadusel visuaalne kvaliteedikontroll, mis välistab kahjustustega või eksliku sildistusega saadetiste vabanemise voogu. Kohe pärast kontrolli luuakse *ERP* või *WMS* süsteemis ajastatud vastuvõtukanne koos partiikoodi või *SSCC* identifikaatoriga, et füüsiline liikumine ja digitaalne jälg püsiksid sünkroonis. Etiketid trükitakse standardmalli alusel, kus on üheselt loetavad artiklikood, partii, kogus, kuupäevad ning laadimis- ja paigutusviited. Skannimine on kohustuslik nii üksiku kaubaüksuse kui aluse tasemel, vältides käsisisestusest tulenevaid vigu ja topeltkäsitlemist. Vastuvõtul fikseeritud ajatempli, vastutaja ja asukoha info moodustavad auditjälje, mis on edasise jälgitavuse alus. [5] [6]

Paigutus toimub *ABC*-tsoonide ning *FIFO* või *FEFO* loogika järgi, kus ristviited artiklikaardil, laokoha struktuuris ja etiketil tagavad, et sama identifikaator on masinloetav vastuvõtus, riiulis ja hilisemates lülides. *A*-tsooni artiklid paiknevad lühikese korjemaaga kohtadel, *B*- ja *C*-tsoon on optimeeritud madalama pöörduvusega kaupadele ning erirežiimi vajavad partiid hoitakse selgelt märgistatud karantiiniriivulitel. Partiihaldus tähendab, et igal kaubal on algusest peale seos konkreetse partiiga, mille liikumine on nähtav asukoha, koguse, kuupäeva ja vastutaja lõikes. Kui tooraine vajab kuivatust või eritingimusi, seotakse partii vastuvõtu käigus sobiva protsessirežiimiga ning kuivati või punkri viide kantakse süsteemi, et vältida segiajamist etteande hetkel. Visuaalne juhtimine nagu tsoonide, koridoride, karantiini ja erikäitluse alade selge märgistus vähendab otsinguaega, hoiab ohutuse esiplaanil ja vähendab läbiaja variatsiooni. [7]

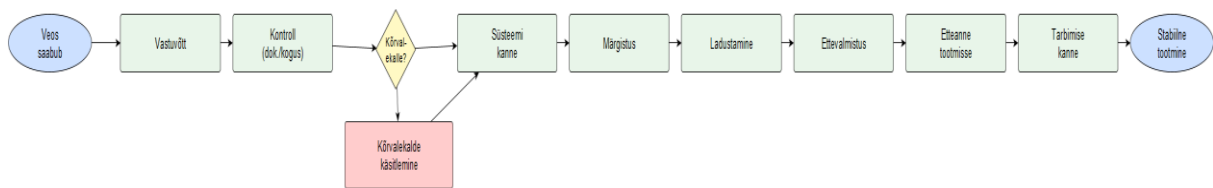
Kõrvalekallete käsitlemine on partiihalduse standardi lahutamatu osa. Lahknevused koguses, märgistuses või pakendi seisukorras fikseeritakse kohe vastuvõtul ning kaup märgitakse süsteemis blokeerituks või suunatakse karantiini kuni kvaliteedivabastuseni. Blokeeringud on seotud skannidega nii, et keelatud liigutus annab kohese tõrjeteate ja ei tekita "halli ala", kus materjal liiguks süsteemita. Juurpõhjuste analüüs tehakse kokkulepitud korra järgi ning parandusmeetmed kantakse tööjuhisesse ja masterandmetesse: täpsustatakse etiketimalli kohustuslikke välju, korrigeeritakse artiklikaardi mõõtühikuid või muudetakse laokoha struktuuri, kui rikked viitavad süsteemsele põhjusele. Õiste süsteemiuuenduste või võrgukatkestuste korral kasutatakse ajutisi *offline*-vorme koos kohustusliku järelkandega kohe ühenduse taastudes, et säiliks partiide järjepidev jälgitavus ja välditaks tagantjärele "mälust" tehtud kannete vigu.

Ettevalmistus tootmise etteandeks algab laos, kuid on sisuliselt ühine protsess tootmisega. *Min-max* või kanbani tõmbesignaali loogika määrab, millal ja kui palju materjali liin või üleandmistsoon vajab. Enne etteannet kinnitatakse süsteemis punkri, materjali koodi ja töökorralduse sobivus ning *poka-yoke* kontrollid nagu ,näiteks, kahe skanni reegel ja vale kombinatsiooni blokeerimine välistavad vale partii sattumise liinile. Kui partii on karantiinis, blokeerib süsteem etteande automaatselt, samal ajal kui vabastuse järel avanevad korjed ilma käsitsi eranditeta. Nii liigub partiikood vastuvõtust laokohta, sealt *VO*-sse ja edasi liinile sama *SSCC* all ning liinilt tehtud tarbimiskanne või *backflush* vähendab ladu reaalajas, andes planeerimisele usaldusväärse nähtavuse. Etteande teenustaset peegeldavad *VO* ooteaeg, etteande *OTIF* liinile ja liini seisakuminutid materjali tõttu. Nende põhjal hinnatakse, kas intralogistika toetab tootmise takti.

Partiihalduse usaldusväärset toetavad tsüklihooldus ja täpsusmõõdikud. Kõrge pöörduvusega artikleid loendatakse sagedamini, madalama käibega partiisid harvem, kuid mõlemal juhul on eesmärk hoida *ERP/WMS* varupilt kooskõlas reaalsusega ning tuvastada kiiresti varjatud lahknevused. Vastuvõtu täpsus, laokoha õigsus, karantiinist vabastamise viiteaeg ja partiide vanus *FIFO/FEFO* reegli suhtes on põhinäitajad, mis teevad nähtavaks, kui stabiilselt intralogistika töötab. Kui näitajad halvenevad, algatatakse sihipärane parandus: näiteks, täpsustatakse ringkäikude ajastust, liigutatakse *A*-artikleid lähemale, muudetakse *min-max* piire või korrigeeritakse etiketimalli loetavust, et vähendada skannivigu. Inventuuri ja reaalajas skannimise koostöö annab planeerimisüksusele ja kvaliteedile pildi, mis võimaldab teha otsuseid faktipõhiselt, mitte oletuste põhjal. [8] [9]

Jälgitavuse töökindlus eeldab katkestustaluvust, auditjälge ja selget andmeomandit. Skannerid ja etiketiprinterid peavad olema hallatud seadmete nimekirjas, mille hooldus ja tarkvarauuendused on ajastatud nii, et tootmisvõime ei kannataks. Kui ühendus katkeb, kasutatakse standarditud *offline*-vorme, millel on sama andmete kohustuslik väljade

struktuur, ning järelkanded tehakse kohe, kui ühendus taastub. Kõik staatuse muudatused *sh* vabastus, blokeeringu eemaldamine, ümberpaigutus salvestuvad ajatempliga ja vastutaja löikes, tagades täieliku auditjälje. Andmeomand on määratud rollipõhiselt nii, et artiklikaartide, etiketimallide ja laokohtade struktuuri eest vastutavad määratud omanikud, mis välistab omaloomingu ja vähendab duplikaatandmete teket. Versioonihaldus ja testkeskkond on kohustuslikud enne muudatuste jõudmist tootvasse süsteemi, et vältida ootamatuid katkestusi. Joonisel 3 on toodud skeem ära näitamaks sisendmaterjalide vastuvõtu ja etteande protsess intralogistikas. [10] [11]



Joonis 3. Üldine sisendmaterjalide vastuvõtu ja etteande protsess (*yEd* skeem, autori koostatud *yEd* abil)

Materjalide vastuvõtu ja partiihalduse standard seob intralogistika otse tootmisega ka juhtimise tasandil. Päevased lühikoosolekud toovad nähtavale võtmenäitajad ning varajased hoiatused, näiteks, karantiinivaru osakaalu kasvu või blokeeritud liigutuste katsete sagenemise, millele järgnevad kohesed parandusmeetmed. Koordineerimine planeerimise, kvaliteedi, logistika, *IT* ja hooldusega hoiab kogu ahela töökindlana, sest etiketiprinteri rike, skanneri tõrge või *VO* piirkonna ruumipuudus on intralogistika vaates sama riskantsed kui ekslik partiivalik. *HSE* nõuded ja *5S* toetavad sama eesmärki visuaalselt: eraldatud karantiinialad, selged liikumisteed, märgistatud riulid ja kontrollnimekirjad loovad isejuhtiva keskkonna, kus vale liigutus on kohe nähtav.

Operatiivse distsipliini hoidmiseks on vajalik rollipõhine koolitus, töökoha lühijuhendid ja regulaarne kordustreening, mis hoiavad skannimise, märgistuse ja kandetegevused ühtses standardis. Muudatuste juhtimine tagab, et uued etiketiväljad, *min-max* piiride muutused või laokoha struktuuri uuendused ei jõua tootmis- enne edukat pilooti ja kasutajate tagasiside integreerimist. Nii väheneb aja variatsioon, lühenevad ooteajad ja paraneb teenustase liinile. Lõpptulemusena toetab intralogistika materjalide vastuvõtu ja partiihalduse standardiseeritud kord stabiilset tootmistakti, kõrgemat kvaliteeti ja prognoositavat tarnekindlust, hoides samal ajal paindlikkust portfelli muutuste ja hooajaliste kõikumiste korral. [5] [6]

Kokkuvõttes on materjalide vastuvõtt ja partiihaldus intralogistika vundament, mis seob füüsilise kauba digitaalse peegliga üheks juhitavaks tervikuks. Ühtsed etiketimallid,

reaalajas skannimine, karantiini ja vabastuse selged staatused, *poka-yoke* kontrollid ning tsüklihooldus teevad voolu nähtavaks ja veakindlaks. Kui need reeglid on kinnistatud töökoha praktikas ja toetatud mõõdikutega, muutub sisendvoog prognoositavaks, liini etteanne täpseks ja kogu väärtusahela läbiaeg lühemaks, mis väljendub paremaks *OTIF*-iks, madalamaks ümbertöö mahuks ja usaldusväärsemaks kliendikogemuseks.

1.3 Jälgitavus ja infosüsteemid

Intralogistika jälgitavus ja infosüsteemid loovad tehase sisemiste materjali ja infovoogude ühise peegelpildi, kus iga kaubaüksuse asukoht, olek ja vastutus on nähtav reaalajas ning sama identifikaator saadab partiid kogu elutsükli vältel. Jälgitavus algab vastuvõtust, kus tärned kinnitatakse dokumentide ja ostutellimuse vastu, igale kaubaüksusele luuakse ajastatud kanne *ERP* või *WMS* süsteemis ning seotakse partii või *SSCC* identifikaatoriga. Etiketid trükitakse kokkulepitud mallide alusel nii, et artiklikood, partii, kogus ja kuupäevad on masinloetavad ning üheselt mõistetavad. Reaalajas skannimine on kohustuslik nii üksikühiku kui aluse tasandil, vältides käsisisestuse vigu ja tagades, et füüsiline liikumine ja digitaalne kirjeldus püsivad sünkroonis. [13]

Paigutus, korje ja väljastus tuginevad masterandmete ühtsusele, mis hõlmab artiklikaarte, pakendihierarhiaid, laokohtade struktuuri ja mõõtühikuid. Kui need aluspõhimõtted on ühiselt mõistetavad ja omanikud on määratud, saab sama kood toimida võrdselt vastuvõtust, riulis, üleandmistsoonis ja laadimisalal. *FIFO* või *FEFO* reegel seotakse partiiga süsteemsel tasandil nii, et korjealgoritm eelistab õigete kuupäevadega varu ja väldib aegumise riski. Visuaalne juhtimine toetab infosüsteeme füüsilises keskkonnas selgete tsoonide, liikumisteede, karantiinialade ja kontrollpunktidega, et skannitav silt ja töötaja tegevus viiks samale tõlgendusele.

Üleandmistsoon tootmise ja lao piiril on jälgitavuse võtmekoht, kus kinnitatakse kogused ja partiid, lisatakse ajatempliga kanne ning kõrvalekalded tuuakse kohe nähtavale. Kui sisendpartii on karantiinis, ei luba süsteem üleandmist isegi siis, kui kaup on füüsiliselt kohal, mis välistab kontrollimata materjali sattumise liinile. Etteande loogika on seostatud *min max* või *kanbani* tõmbesignaali ning konkreetse töökorraldusega, kus *poka yoke* kontrollid, näiteks, kahe skanni reegel ja vale kombinatsiooni blokeering, vähendavad segiajamise riski. Nii saab tootmine reaalajas peegelpildi sellest, mis on teel, mis on *VO* tsoonis ja mis on liinil tarbitud.

Infosüsteemide kihis jaotuvad rollid *ERP* ja *WMS* vahel. *ERP* koondab nõudluse, tootmisplaani, ostu ja finantsi, *WMS* juhib laoliikumisi ning kontrollib, et kanded sünniks õigel hetkel ja õigete kohustuslike väljadega. Jälgitavuse terviklikkuse seisukohalt on määrava tähtsusega liides tootmisega, kus tarbimiskanded või *backflush* vähendavad varu

automaatselt ning sulgevad partiide elutsükli vastuvõttust etteande ja tarbimiseni. Kui on kasutusel tootmise juhtimissüsteem, sünkroniseeritakse töökorralduse, masina ja partiikoodi seosed nii, et ükski kanne ei jää dubleerivaks ega tekiks pimealasi, kus materjal liiguks väljaspool süsteemi. [3] [4]

Katkestustaluvus on jälgitavuse praktiline eeldus. Võrgu või süsteemi tõrgete korral kasutatakse standarditud *offline* vorme, millel on samad kohustuslikud andmeväljad ning mis kantakse ühenduse taastades viivituseeta süsteemi. Skannerid ja etiketiprinterid on hallatud seadmed kindla hooldus- ja uuendusgraafikuga, et vältida olukorda, kus tehniline rike tühistab auditjälje. Kõik staatuse muudatused, alates kvaliteedivabastusest kuni ümberpaigutuse ja väljastuseni, salvestuvad ajatempliga ja vastutaja löikes, mis võimaldab vajadusel taastada sündmuste täpse kronoloogia ning vähendab tõlgendusruumi.

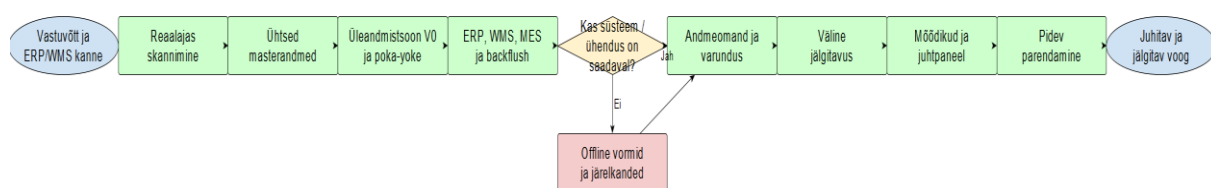
Andmeomand ja ligipääsukontroll hoiavad andmekvaliteedi püsivana. Artiklikaartide, etiketimallide ja laokohtade struktuuri eest vastutavad määratud omanikud, kellel on õigus muuta vaid läbi versioonihalduse ja testkeskkonna, et vältida ootamatuid katkestusi. Rollipõhised õigused tagavad, et sisestused ja vabastused on tehtud pädevate kasutajate poolt ja et süsteem logib, kes mida ja millal muutis. Andmekaitse ja varunduse põhimõtted, *sh* taastetähis ja taasteaeg, kindlustavad, et seisak või rike ei tooks kaasa andmekadu, mis katkestaks partiide elutsükli jälgitavuse. [13]

Jälgitavus ulatub ka väljaspoole tehase piire, kui tarnijad kasutavad etteteateid ja standardseid märgistusi. SSCC põhised etteteated vähendavad vastuvõtu vigu, sest sissetulev etikett on süsteemi jaoks juba arusaadav. Kliendinõuete puhul võimaldab standardne märgistus, et väljastus on loetav ja tagastuste või kaebuste korral saab partii kiiresti tuvastada ning siduda algse dokumentatsiooniga. Kui erandjuhtudel tehakse ümbertöö või ümberpakendamine, säilib seos algse partiiga nii, et elutsükkel ei katke. [5] [6]

Mõõdikud muudavad jälgitavuse operatiivseks juhtimiseks sobivaks. Vastuvõtu ja paigutuse täpsus, *VO* ooteaeg ja paigutuse tsüklaeg, etteande täpsus liinile, inventuuri täpsus, komplekteerimise veamäär ja sisendi ning väljastuse vaheline läbiaeg seovad infosüsteemide kvaliteedi voolu stabiilsusega. Kui mõõdikud on defineeritud ühtsete valemitega ja kuvatud nähtavale juhtpaneelile, muutub kõrvalekalle kohe tegevuseks, mitte hilisemaks aruteluks. Karantiinivaru osakaal ja blokeeritud liigutuste katsed näitavad reeglite arusaadavust ja kasutajate distsipliini, etteande *OTIF* liinile seob jälgitavuse otseselt tootmise takti ja seisakuminutitega. [14]

Pidev parendamine kinnistab jälgitavuse igapäevases töös. *SOP-id*, kontrolllehed ja töökoha lühijuhendid hoiavad standardi elus ning *SOP* auditid seovad järgimise taseme teenustasemega. Kui näitajad halvenevad, alustatakse juurpõhjuste analüüsi, kus otsitakse, kas probleem on füüsilises voos, andmemallis, seadmete töökindluses või rollide vastutuses. Parandus viiakse sisse versioonihaldusega, testitakse piloodis ja alles siis laiendatakse, et vältida vähestest rikketest tekkivat süsteemset mõju. Rollipõhine koolitus ja kordustreening vähendavad aja variatsiooni ning tagavad, et skannimine, märgistus ja kanded tehakse ühtse standardi järgi ka personali vahetudes. [15] [16]

Jälgitavus ei ole ainult ladude või *IT* teema, vaid tehase närvisüsteem, mis võimaldab materjalil ja infol liikuda samas rütmis. Kui standardiseeritud etiketid, reaalaajas skannimine, ühtsed masterandmed, katkestustaluvad kanded ja selge auditjälg toimivad koos, muutub sisendvoog prognoositavaks ning liini etteanne täpseks. See omakorda lühendab läbiaega, vähendab ümbertööd ja tõstab tarnekindlust. Ühtne andmepilt loob planeerimisele ja kvaliteedile usaldusväärse aluse ning võimaldab juhtidel langetada otsuseid faktide, mitte oletuste põhjal. Joonisel 4 on toodud skeem ära näitamaks jälgitavuse ja infosüsteemide protsess intralogistikas.



Joonis 4. Jälgitavuse ja infosüsteemide protsess intralogistikas (*yEd* skeem, autori poolt koostatud *yEd* abil)

Lõppkokkuvõttes on intralogistika jälgitavus ja infosüsteemid vahend, millega füüsiline ja digitaalne maailm seotakse ühte tervikusse. Selged rollid, standardid ja mõõdikud hoiavad süsteemi püsivalt joondatuna, *VO* liides ja tootmise tarbimiskanded teevad koostöö nähtavaks ning katkestustaluvus ja auditjälg tagavad, et ka erandolukordades säilib täielik ülevaade. Nii toetab jälgitavus mitte üksnes ladu, vaid kogu tehast, aidates hoida stabiilset tootmistakti, kõrget kvaliteeti ja usaldusväärset klienditeeninduse taset.

Selle töö vaates tähendab juhitavus intralogistika võimet suunata voo liikumist reaalaajas rollipõhiste õiguste, standardtöö ja nähtavate mõõdikutega nii, et kõrvalekalle käivitab kohese parandusmeetme. Jälgitavus on katkematu auditijälg, mis seob füüsilise üksuse *SSCC* või partiiga ja peegeldub *ERP/WMS* kandes kogu elutsükli vältel. Stabiilsus on protsessi võime hoida takti, tsüklaegu ja kvaliteeti muutuvates oludes, tuginedes katkestustaluvusele, standardiseeritud töövõtetele ja ennetavale hooldele. Nende

omaduste hindamine toimub juhtpaneelil, kus juhitud peegeldavad reaktsiooniaeg kõrvalekaldele ja kohustuslike väljade täitmise määr, jälgitud vastuvõtu ja paigutuse täpsus ning blokeeritud liigutuste püüdmine, stabiilsust *VO* ooteaja varieeruvus, etteande *OTIF* liinile ja läbiaja hajuvus. Selline raamistik seob süsteemi üldomadused otseselt protsessiandmete ja parandusmeetmete tsükliga, muutes tulemused juhtimiseks kasutatavaks ja auditeeritavaks.

1.4 Sisendi kontroll, blokeering ja lubamine etteandele

Sisendmaterjalide kvaliteedivabastus ja karantiin enne etteannet on intralogistika kriitiline lüli, mis tagab, et tootmisliinile jõuab ainult nõuetele vastav partii ning et selle liikumine on igal hetkel auditeeritav. Protsess algab vastuvõtust, kus tärned kinnitatakse tärnedokumentide ja ostutellimuse vastu ning igale kaubaüksusele luuakse *ERP* või *WMS* süsteemis ajastatud kanne koos partiikoodi või *SSCC* identifikaatoriga. Etiketid trükitakse kokkulepitud mallide alusel nii, et artiklikood, partii, kogus, kuupäevad ja vajadusel ka erikäitluse viited on masinloetavad. Vastuvõtu järel on partii vaikimisi blokeeritud olekus, mis tähendab, et süsteem käsitleb seda karantiinis, kuni kvaliteedifunktsioon on teinud vabastuse ja kinnitanud vastavuse nõuetele. Blokeeringud on sidunud nii paigutuse kui etteande liikumistega, vältides olukorda, kus kontrollimata või vale märgistusega materjal saaks teele *VO* üleandmistsooni või tootmisliinile.

Karantiin ei ole pelgalt ruum või riiul, vaid kogum reegleid, mis juhivad kauba staatust ja lubatud tegevusi. Kui partii saabub, määratakse talle kohe füüsiline ajutine asukoht ja digitaalsed õigused, mis lubavad üksnes karantiini suhtes lubatud liigutusi. Skannimisel kontrollitakse automaatselt, kas liigutus on lubatud ja kas sihtasukoht vastab karantiini reeglitele. Kui materjal vajab eeltöötlemist, näiteks, kuivatust konkreetse režiimiga, seotakse partii vastuvõtul sobiva protsessikirjeldusega, et vältida segiajamist etteande hetkel. Nii on kuivatite ja punkrite korraldus seotud partiiga juba siis, kui kaubaüksus on alles kontrollis, mitte alles viimasel minutil enne liini käivitust.

Kvaliteedivabastus on ajatempli ja vastutajaga kinnitustoiming, mis muudab partii staatuse blokeeritud vabastatuks ning avab sellele korje ja etteande. Vabastus võib põhineda dokumentaalsel vastavuskontrollil, proovivõtul või laboritulemustel, kuid intralogistika seisukohalt on kõige olulisem, et selle tulemus kandub viivitusega infosüsteemi ja eemaldab skanniblokeeringud. Vabastuse järel toimivad *min max* või *kanbani* mehhanismid automaatselt. See tähendab, et kui liin või *VO* tsoon küsib materjali, lubab süsteem korje ja teekond on masinloomulikult lubatud. Kui vabastust ei anta või ilmneb kõrvalekalle, jääb partii karantiini ning suunatakse erikäitlusele koos põhjuse dokumenteerimise ja parandusplaaniga, mis välistab sama vea kordumise. Oluline on, et kvaliteedi staatuse

muutus on seotud selge rollijaotuse ja õigustega, et vältida suvalist käsitsi sekkumist. Andmeväljade omanikud on määratud artiklikaardi, etiketimalli ja laokoha struktuuri tasandil, mis hoiab ära omaloomingu ja dubleerimise.

VO üleandmistsoon on koht, kus intralogistika põrkub tootmisega ja kus kvaliteedivabastuse loogika tõestab oma väärtust. Üleandmisel kinnitatakse kogus, partii või SSCC ja tehakse ajatempliga kanne, mis loob planeerimisele ja kvaliteedile reaajas nähtavuse. Kui partii on karantiinis, keelab süsteem üleandmise juba skanni hetkel, mitte tagantjärele, mis vähendab ümbertöö ja seisaku riski. *Poka yoke* kontrollid, näiteks, kahe skanni reegel ning vale kombinatsiooni blokeerimine punkri etteandel, vähendavad inimliku vea tõenäosust ja kaitsevad liini seadistuse kvaliteeti. Kuivatuse režiim, materjali kood ja töökorraldus peavad süsteemis sobituma, enne kui etteanne käivitub. Kui ükski tingimus ei ole täidetud, ei toimu etteannet, vaid tekib selge hoiatus, mis annab vastutajale juhised edasiseks.

Infosüsteemide vaates tähendab stabiilne jälgitavus seda, et füüsiline liikumine ja digitaalne kirjeldus on sünkroonis. Skannerid ja label printerid peavad töötama katkestustaluvusega ning kui ühendus katkeb, kasutatakse *offline* vorme, mis on standarditud ja mille järelkanded tehakse koheselt ühenduse taastudes. Iga staatuse muutus, olgu vabastus või karantiini jätkamine, salvestub auditjäljes koos kasutaja ja ajamärgiga. Inventuuri täpsust hoitakse tsükliloenduse kaudu, kus kõrge pöörduvusega artikleid loendatakse sagedamini ja karantiinivarud võetakse sihipäraselt vaatluse alla, et karantiini ajutine olemus ei muutuks varjatud varuks. Masterandmete korrashoid on püsiv tegevus: artiklikaardi väljad, pakendihierarhiad, laokohtade struktuur ja mõõtühikud vaadatakse regulaarselt üle ning muudatused sisestatakse ainult versioonihalduse ja testkeskkonna kaudu, vältides ootamatuid katkestusi tootmises.

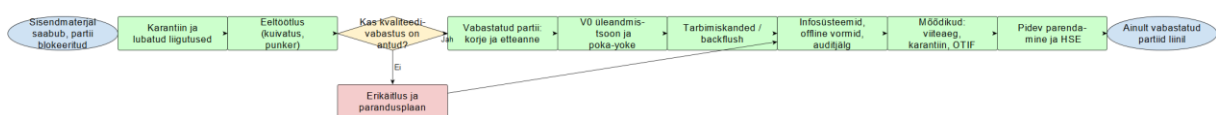
Möödikud teevad protsessi nähtavaks ja juhitavaks. Kvaliteedivabastuse viiteaeg näitab, kui kiiresti liigub partii vastuvõtust tootmise etteande valmisolekuni. Karantiinivaru osakaal kirjeldab, kui suur osa sisendmaterjalidest on ajutiselt kasutusest väljas ning kas tekib riski varjatud pudelikaelaks. Blokeeritud liigutuste katsed annavad signaali reeglite läbipaistvusest ja kasutajate pädevusest; kui katsed on sagedased, on vaja kas reegleid täpsustada või koolitust tihendada. Etteande *OTIF* liinile seob kvaliteedivabastuse mõju otseselt tootmise takti ja seisakuminutitega, mis on lõppkokkuvõttes ettevõtte tarnekindluse tuum. Nende näitajate järjepidev kuvamine juhtpaneelil ning kõrvalekallete kiire juurpõhjuste analüüs hoiavad protsessi kontrolli all. [17] [18]

Operatiivses töökorralduses on tähtis, et protsess ei sõltuks üksiktöötaja mälu või initsiatiivi tasemest. Rollipõhine koolitus ja töökoha lühijuhendid aitavad hoida skannimise, märgistuse ja kandetegevused ühtses standardis ning kordustreeningud vähendavad aja

variatsiooni. Muudatuste juhtimine tagab, et uus etiketimall, laokoha struktuuri muudatus või andmevälja lisamine ei jõua tootmisse enne, kui piloot on edukalt toimunud ja tagasiside on sisse viidud. HSE nõuded on protsessi lahutamatu osa, sest karantiini ja erikäitluse alad peavad olema visuaalselt selgelt eristatud ning liikumisteed ohutud nii töstukitele kui jalakäijatele. [15]

Sidumine tootmisega toimub ka läbi tarbimiskannete ja *backflushi* loogika. Kui liin tarbib materjali, vähendab süsteem ladu automaatselt ning sulgeb partii elutsükli nii, et sama identifikaator on jälgitav vastuvõtust väljastuseni. Kui partii on karantiinis või blokeeritud, ei õnnestu tarbimiskannet teha ning süsteem annab kohese teate vastutajale. Nii on tagatud, et tootmisprotsessi ei toideta ebaselge staatusega partiiga ning et tagantjärele korrigeerimisi ja paberil tehtud erandeid ei tekiks. Vead lahendatakse kohas, kus need tekivad, mitte hiljem arvestuse või inventuuri faasis. [8] [9]

Lõpuks on oluline rõhutada, et kvaliteedivabastus ja karantiin enne etteannet ei ole kunagi ühekordne projekt, vaid püsiv tööviis. Pidev parendamine tähendab, et mõõdikute põhjal korrigeeritakse kontrolllehti, täpsustatakse etiketivälju, viiakse selgemaks VO tsooni visuaalne juhtimine ja testitakse uusi *poka yoke* lahendusi, mis vähendavad segiajamise riski. Nii säilib süsteemne jälgitavus ka personali vahetudes, portfelli muutudes ja nõuetele täpsustudes, ning intralogistika toetab tootmist stabiilse takti, madala veamäära ja prognoositava tarnekindlusega. Joonisel 5 on toodud skeem ära näitamaks sisendmaterjalide kvaliteedivabastuse ja etteande protsess intralogistikas.



Joonis 5. Sisendmaterjalide kvaliteedivabastuse ja etteande protsess (yEd skeem, autori poolt koostatud yEd abil)

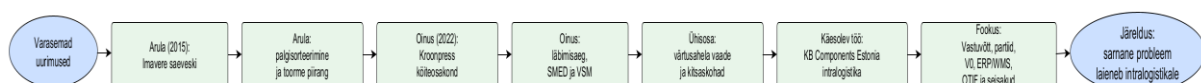
Teoreetiline alus näitab, et ERP/WMS reaalaajalised kanded, ühtsed masterandmed, SSCC-märgistus ning FIFO/FEFO ja Lean-põhimõtted vähendavad variatsiooni ja vigade riski intralogistikas. Nende põhimõtete taustal on selles töös uurimisprobleemiks sisendmaterjalide vastuvõtu, partiihalduse ja VO-üleandmise ebaühtlane standard, mis tekitab nähtavuslünki, pikendab läbiaega ja suurendab liini seisaku riski. Töö eesmärk on teooriast lähtudes hinnata, kas kohustuslikud skannid ja etiketiväljad, selge partiistaatus (karantiin/vabastus), *min-max/kanban*-etteanne ja tsükli loendus parandavad OTIF-i, inventuuri- ja komplekteerimise täpsust ning lühendavad VO ooteaega. Nii seob teooria valitud mõõdikud ja pakutud parendused otseselt uurimisprobleemi lahendamise. [4] [13]

1.5 Varasemad uurimused

Tootmisprotsesside ja tootmislogistika tõhustamist on Eesti ettevõtete näitel käsitletud mitmes varasemas lõputöös. Näiteks uuris Arula (2015) Stora Enso Eesti AS Imavere saeveski tootmisprotsesside optimeerimist, keskendudes eelkõige palgisorteerimisosakonna töökorraldusele ja selle mõjule tootlikkusele. Töö eesmärgiks oli selgitada välja parendusvõimalused, mis aitaksid suurendada ettevõtte tootlikkust olukorras, kus tooraine (ümarpuut) muutub järjest kallimaks ja raskemini kättesaadavaks. Teoreetilises osas käsitles autor tootmisprotsesside juhtimise aluseid, protsessijuhtimist ja tootlikkuse tõstmise meetodeid, empiirilises osas kirjeldati ja analüüsiti saeveski protsesse ning tehti ettepanekuid vastuvõtutingimuste, sorteerimistaskute diameetrite ja taskute arvu muutmiseks, et parandada väljatulekut ja tootmisvõimsuse kasutust. [19]

Perit Oinus (2022) keskendus oma lõputöös Kroonpress AS köiteosakonna tootmisprotsesside kiirendamise võimalustele, rõhuasetusega tootmise läbimisajal ja ooteaegadel. Töö teoreetilises osas käsitleti tootmisprotsesside juhtimist, timmitud tootmist, *SMED*-metoodikat ja väärtusvoo kaardistamist (*VSM*), kusjuures eesmärk oli leida viise tootmise läbimisaja lühendamiseks ja mittetootlikest ooteaegadest tulenevate kulude vähendamiseks. Empiirilises osas analüüsiti köiteosakonna tootmiskiirusi, seadistusaegu ja seisakuid ning kaardistati valitud toote väärtusvoog, tuvastades kriitilised ooteajad trüki- ja köiteprotsessi vahel. Tulemuste põhjal tehti ettepanekuid köitetööde planeerimise, operaatorite koolitamise ja vahetuste ära kasutamise parandamiseks. [20]

Mõlemad varasemad uurimused käsitlevad tootmisettevõtte protsesse tervikliku väärtusahela vaates ning seovad teoreetilised juhtimis- ja tootmise planeerimise põhimõtted konkreetsete ettevõttesiseste kitsaskohtadega. Arula töö keskendub peamiselt toorme vastuvõtu ja sorteerimisprotsesside mõjule tootlikkusele ning tooraine piirangutele saeveski kontekstis, rõhutades protseduuride ja tootmislogistika mõju lõpptoote väljatulekule. Oinuse töö seevastu toob esile läbimisaja, seadistuste ja seisakute juhtimise trükiteostuses, kus võtmerollis on timmitud tootmise tööriistad (*SMED*, *VSM*) ja ooteaegade vähendamine protsesside vahel. Joonisel 6 on toodud skeem ära näitamaks varasemate uurimuste ja käesoleva uurimistöö fookuse seos. [19] [20]



Joonis 6. Varasemate uurimuste ja käesoleva uurimistöö fookuse seos (*yEd* skeem, *yEd* abil)

Käesolev uurimistöö erineb mainitud töödest eeskätt fookuse poolest. Varasemad uurimused käsitlevad tootmisprotsesse pigem tootmisliini või konkreetse osakonna vaatest (palgisorteerimine, köiteosakond), samas kui käesolev töö keskendub intralogistika sisend- ja liideseprotsessidele X OÜ näitel. Eriti vaadeldakse materjalide vastuvõttu ja partiihaldust, VO üleminekutsooni, ERP/WMS kandeid ning pakkematerjalide ja erikomponentide varustamist, seostades need tarneahela tõhususe mõõdikutega (OTIF, inventuuri täpsus, liiniseisakud). Nii asetub käesolev töö varasemate uurimuste konteksti, laiendades fookust traditsioonilisest tootmisprotsessi analüüsist intralogistika standardiseerimisele ja tarneahela tõhususele plastitööstuse ettevõttes. Seega on objektiivselt tõestada varasemalt kirjutatud üliõpilaste tööde näitel, et töödes lahendatakse sarnast probleemi nagu mina käesolevas töös ja tuuakse välja sarnastel ettevõttesisel põhjustel tekkinud murekohti.

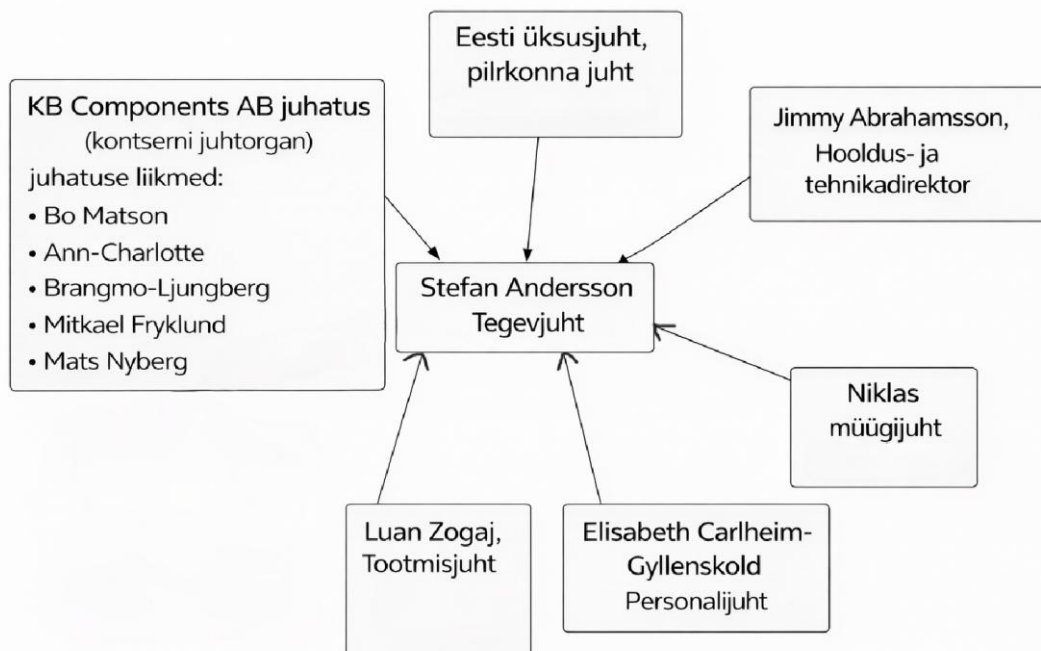
2 LÄHTEÜLESANNE

Teises peatükis määratletakse uurimistöö lähteülesanne, kirjeldades X OÜ organisatsioonilist ülesehitust ja intralogistika rolli ettevõtte tarneahelas. Alapeatükkides avatakse osakondade töökorraldus, ladu ja tootmine ning intralogistika raamtingimused ja uurimisfookus, mis piiritlevad, milliseid sisend- ja liideseptsesse edaspidi detailsemalt analüüsitakse. Peatüki lõpus esitatakse olemasolevate protsesside (AS-IS) kirjeldus, mis moodustab aluse metoodika peatükis toimuvale analüüsile ja TO-BE parendusettepanekutele.

2.1 Ettevõtte osakondade töökorraldus

Tüüpilises töökorralduses, kus tootmisliinid ja valmistoodangu ladu töötavad teineteisest sõltumatult, on vastutus ja tööjaotus selgelt eristatud. Tootmisüksus keskendub üksnes detailide valmistamisele ja esmasele kontrollile, ladu aga vastutab alates vastuvõtust kuni väljastuseni kõigi ladustamis- ja komplekteerimistoimingute eest. Kuigi ladu asub sama ettevõtte territooriumil, paikneb see tootmisliinidelt suhteliselt kaugel, seetõttu on intralogistika lahendatud kindla üleminekutsooniga (meie tehases nimetatakse seda VO), kus toimub standardiseeritud kauba üleandmine teatud VO tsooni.

Valmistoodangu liikumine toimub skeemina tootmisliin → VO-tsoon → ladu. Liinilt väljuv kaup tuuakse operaatori poolt VO-tsooni, kus kontrollitakse pakendi terviklikkust, kaubakoodi ja kogust ning kinnitatakse üleandmist. Laohoidja võtab kauba VO-tsoonis vastu, teeb WMS/ERP-s vastuvõtukande (partii/SSCC, kogus, ajatempel) ja transpordib selle sobiva tõstukiga laokohta riiulile. Laokoha määramine lähtub ABC-tsoonidest, FIFO/FEFO põhimõtetest ja koormaplaani reeglitest. Riiulile paigutamisel kinnitatakse asukoht skänneriga, et vältida andmekannete ebaühtlust. Järgmisel joonisel 7 toon välja kontserni tippjuhtkonna.



Joonis 7. Kontserni struktuur [koostatud autori poolt] [21]

Kuna ladu ja tootmine ei sekku teineteise töödese, koordineerimine on lahendatud teatud ettekirjutusel ja kokkuleppel juhtimisosakonnaga. Tootmine täidab *VO*-tsooni kindla taktiaja ja maksimaalse püsikogusega, ladu tühjendab tsooni kindla reageerimisaja jooksul, et vältida kitsaskohti. Kõik erisused mille seas on puuduv märgistus, lahknev kogus ning kahjustus märgitakse kohe kõrvalekaldeks ja suunatakse tagasi tootmisse võttes kohe ühendust kvaliteedispetsialistiga, ilma et lao töövoog katkeks. Selline ülesannete eraldatus võimaldab laol optimeerida oma korje- ja väljastusgraafikuid sõltumatult tootmistsüklist, hoides samal ajal *VO*-tsooni sujuva "puhvrina" ja minimeerides topeltkäsitlemist.

Distantstootmine lao vahel lisab nõudeid sisetranspordile ja nähtavusele kuhu kuuluvad kindlad vahetussagedused, selgelt tähistatud transpordikoridorid, reaalaegsed kanded *WMS*-is ning visuaalne juhtimine *VO*-tsoonis (piirjooned, sildid, kontrollnimikirjad). Nii püsib varu nähtav ja täpne, üleandmine toimib tunnustatud standardi järgi ning tellimuste komplekteerimine ja väljastus saavad toimuda laopoolsete protsesside järgi, ilma et tootmise töökorraldus oleks häiritud. Peale laoprotsesse on vaja süveneda osakondade töösse, mille tegevus on vältimatult seotud valmistoote laoga ning kujundab ka *X OÜ* tarnekindlust ja teenustaset. Tootmisüksus annab valmiskomponendid üle *VO*-tsooni kaudu, kandes vastutust korrektse pakendi, artiklikoodi, partii või *SSCC* märgistuse ja

koguse eest, see üleandmine on laole algsündmus, mille järel tehakse vastuvõtukanne infosüsteemis. Kvaliteediosakond viib läbi lõppkontrolli, vabastab partiid lattu või suunab need karantiini, registreerib kõrvalekaldeid ja tagab, et laos liiguks üksnes müügikõlblik kaup. Planeerimine määrab väljundtakti, prioriteetid ja toodangu lattu liikumise reeglid ning annab laole nähtavuse tulevastest väljastusvajadustest. Tellimuste haldus ja klienditeenindus avavad müügitellimused, lukustavad tarneaknad, edastavad väljastuskorraldused ja kooskõlastavad kliendiga eripakenduse või märgistuse. Logistika korraldab vedusid, koostab koormaplaanid ja ajastab laadimisaknad, tagades koos laoga, et kaubad on õigel ajal laadimisalal. Laoperatsioonid viivad läbi vastuvõtu, paigutuse, komplekteerimise, konsolideerimise, märgistamise ja väljastuse ning hoiavad inventuuri ja varude nähtavuse nõutud tasemel. *IT*-tugi kindlustab skännerite, etiketiprinterite ja *ERP/WMS*-liideste töökindluse ning ühtlustab andmeväljad, et vältida sisestusvigu. Finantsüksus seob väljastusandmed arveldusega ja kontrollib dokumentide vastavust, et tellimuse täitmine ja arve moodustaksid ühe terviku. *HSE* jälgib ohutus- ja keskkonnanõuete täitmist laadimisaladel, riulitel ja käiguteedel ning auditeerib *5S*-i või teisisõnu *LEAN* management. Hooldus tagab laadimissildade, tõstukite, etiketiprinterite ja riulisüsteemide korrasoleku, sest tehnilised tõrked mõjutavad vahetult läbivoolu. Kriitilised ristumiskohad on *VO*-tsooni üleandmine tootmise ja lao vahel, kvaliteedi vabastus enne laoliikumist, müügitellimuse väljastuskorraldus klienditeeninduselt laole, veobroneeringute ja laadimisakende kooskõlastus logistikaga ning andmekannete ühtlane, ajaline ja korrektne tegemine infosüsteemis. Nende lülide standardiseerimine milleks on töökorralduse juhised, märgistuse ja andmeväljade ühtsus kui ka ajastatud ringid ja teenustaseme kokkulepped vähendab topeltkäsitlemist, lühendab läbiaega ja tõstab *X OÜ* teenuse tarnekindlust. [22]

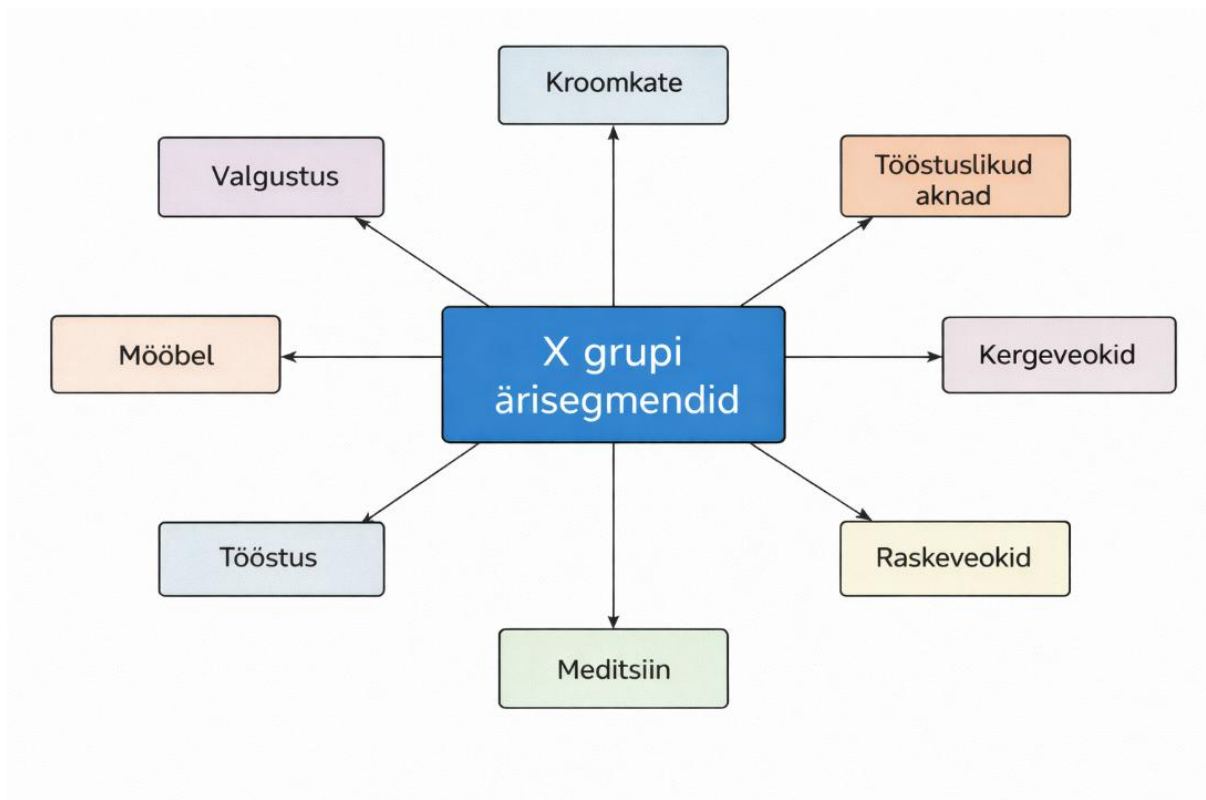
2.2 Protsesside juhtimine ettevõttes

X grupi tegevus on struktureeritud ärisegmentide alusel milleks on kergeveokid, raskeveokid, meditsiin, tööstus, mööbel, valgustus, kodumasinad ning tööstuslikud aknad. Eesti üksuse igapäevases tegevuses väljendub nimetatud segmentatsioon eeskätt kliendispetsiifilistes nõuetes ja tooteportfelli eripärades, mitte intralogistika korralduses. Sama ladu ja sama siselogistika teenindavad samaaegselt mitut segmenti, kus sisemised materjali ja infovood on segmentide lõikes ühtlustatud ning erinevused ilmnevad peamiselt pakendamise-, märgistuse- ja kvaliteedinõuetes konkreetsete klientide lõikes. Seega ei ole segmentid organisatsioonikaardil eraldi intralogistika "omanikud", vaid neid toetab ühine horisontaalne protsess, milles osalevad mitmed osakonnad korraga. [23]

Intralogistika vaates seob segmente omavahel eelkõige lao ja tootmisüksuse koostöö. Tooraine ja pakkematerjalid sisenevad ettevõttesse läbi lao, kus toimub vastuvõtt,

partiide loomine, märgistamine ja paigutamine laokohtadesse. Sama ladu vastutab ka valmistoodangu eest: *VO* üleminekutsoonist võetakse toodang vastu, tehakse kanded *WMS*-i, paigutatakse kaubad riulitesse, komplekteeritakse klienditellimused ja väljastatakse need koos vajalike dokumentidega. Materjali ettevalmistaja lüli ühendab lao ja tootmise ning tema põhiülesandeks kontrollida *ERP*-is, et tootmistellimuse jaoks on piisav kogus õiget partiid, täita punkrid vastavalt töökorraldusele ning jälgida kuivatite ja kesksüsteemi tööd, et materjal jõuaks liinile nõuetekohase niiskuse ja temperatuuriga. Sealt edasi liiguvad detailid läbi tootmisliinide, järelprotsesside ja *VO*-tsooni tagasi lao vastutusvaldkonda. Nii moodustub sisendprotsess, mis algab veokilt mahalaadimisest ja lõpeb kas etteandega masinale või valmistoodangu paigutamise lattu [22].

Protsesside juhtimine ei toimu ühe osakonna sees, vaid jaguneb rollipõhiselt mitme struktuuriüksuse vahel. Ost ja hankijad vastutavad selle eest, et materjalid jõuaksid õigel ajal tehasesse ja tarnetingimused oleksid kooskõlas kliendile võetud kohustustega. Nende töö mõjutab otseselt sisendi rütmi ja partiide struktuuri. Planeerimine ja logistikakoordinaatorid juhivad tootmisplaani, väljundtakti ning veoste ajakava, millega seotakse kokku klientide tarneaknad, tootmistsükli pikkus ja lao võimekus. Tootmisüksus vastutab selle eest, et masinad töötaksid vastavalt töökorraldusele ning *VO*-tsooni jõuav valmistoodang oleks korrektselt pakendatud ja märgistatud. Kvaliteediosakond määrab partiide staatuse, teeb sisendi ja väljundi kontrollid, vabastab või blokeerib partiisid ning käsitleb kõrvalekaldeid. Kvaliteedi osakonna lõplikud kinnitused seovad kokku segmentidest tulenevad nõudeid ja intralogistika igapäevased tegevusi. *IT*-üksus tagab *ERP*-i, *WMS*-i, skannerite ja etiketiprinterite töökindluse ning hoolitseb selle eest, et kandelogi ja masterandmed oleksid üheselt mõistetavad. Kõigi nende osakondade sees on ametijuhendid, mis kirjeldavad, milline protsessilõik on konkreetse rolli vastutuses: laotöötaja vastutab vastuvõtu ja paigutuse skannide eest, materjali ettevalmistaja punkrite täitmise ja kuivatuse jälgimise eest, transporditöölise veokite broneerimise ja ekspordidokumentide eest, kvaliteedispetsialist partiivabastuste ja reklamatsioonide eest. Järgmisel joonisel 8 toon välja kontserni segmentide grupistruktuuri. [24]



Joonis 8. Kontserni segmentide grupistruktuur [23] [yEd abil kohandatud]

Küsimusele, kas ettevõttes on protsessid kaardistatud, ei saa vastata mustvalgena kas on olemas või mitte. Ühelt poolt on X OÜ osa kontsernist X, mis tegutseb *ISO 9001*, *IATF 16949* ja teiste kvaliteedistandardite raames. See tähendab, et teatud tasemel protsessikirjeldused ja kaardistused on vältimatult olemas. Eesti üksuses on dokumenteeritud kauba vastuvõtu ja inventuuri kord, kvaliteediprotseduurid partiide karantiini ja vabastuse kohta, VO-tsooni ja sisetranspordi töökorralduse põhimõtted ning hulk ametijuhendeid, mis sätestavad rollid ja vastutuse. Need dokumendid määravad, kuidas peaksid üksikud sammud välja nägema. Milliseid kontrole tehakse vastuvõtul, kuidas märgistatakse partiid, kuidas tehakse tsükliloendust, millal tohib partiid tootmise vabastada ja kuidas tuleb dokumenteerida kõrvalekaldeid. Lisaks, eksisteerib kontserni tasandi üldine protsessikaart, mis näitab väärtusahelat alates müügist ja ostust kuni tootmise ja väljastuseni.

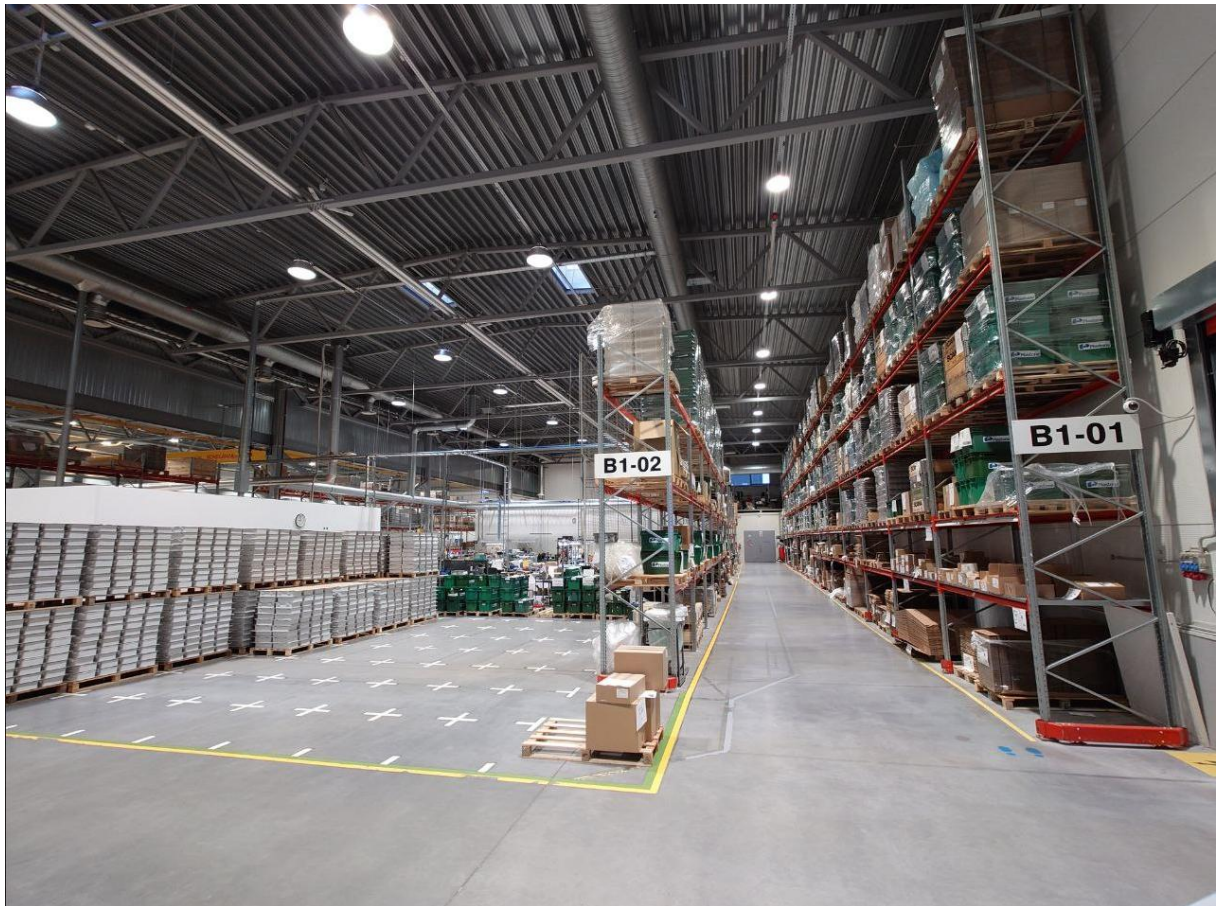
Teiselt poolt praktika näitab, et intralogistika sisendfaasi eriti seda materjalide vastuvõttu, punkrite etteannet ja pakkematerjalide varustamist ei ole Eesti üksuses senini terviklikult ühele AS-IS skeemile koondatud. Töökorraldus on aja jooksul kujunenud välja erinevate inimeste kogemuse ja kokkulepete põhjal mille järgi osa samme järgib täpselt kirjalikke juhendeid, osa tehakse nii nagu alati mitteametlikult tehti ilma et see oleks kuskil eraldi kirjas. Hea näitena on see, et ei ole ükski joonises näha kogu teekonda alates veoki saabumisest ja aluse skannimisest kuni partiide liikumiseni kuivatitesse, punkritesse, VO-

tsooni ja valmistoodangu lattu, samuti ei ole ühtset kaarti, mis seoks kokku sisendi, inventuuri ja pakkematerjalide liikumise. Seetõttu ei ole ka osakondade rollid ja vastutusprotsessid alati kõigile osapooltele võrdselt nähtavad, sest ametijuhendites on küll rollid kirjeldatud, kuid nende omavaheline seos intralogistika tervikpildis ei ole visualiseeritud. [25]

Käesolev lõputöö lähtubki eeldusest, et protsesside juhtimist saab parendada ja ühtlustada nii, et olemasolev sisendprotsess tehakse nähtavamaks ja üheselt mõistetavamaks. Autor kasutab osalusvaatlust ja andmeanalüüsi, et kirjeldada intralogistika tegelikku kulgu ning joonistada välja *AS-IS* skeemid materjalide vastuvõtu, inventuuri, punkrite etteande ja pakkematerjalide tagamise kohta. Nende skeemide abil on võimalik võrrelda, kus ettevõtte dokumenteeritud protseduurid ja ametijuhendid praktilise tööga hästi kokku langevad ning kus tekivad lüngad või mitteametlikud oma reeglid. Sellest tulenevalt saab peatüki lõpuks vastata, et ettevõttes on protsessid osaliselt kaardistatud, kuid intralogistika sisendfaasi tervikpilti ei ole seni sõnaselgelt kujundatud ning just selle tervikpildi loomine ongi käesoleva uurimuse üks peamisi väljundeid.

2.3 Ettevõtte ladu ja tootmine

X OÜ puhul ei ole laos toimuv lihtsalt tootmistsehhist eraldiseisev järeltegevus, vaid osa ühtsest väärtusahelast, kus siselogistika tagab materjalide ja info voogamise täpselt niisugusel kujul, nagu tootmine vajabki. Tootmistsehh valmistab survevaluga plastdetailid ja pakendab need standardsetele alustele või *EUR* tüüpi omadele koos partii ja seerianumbrite ning koguste märgistusega. Nende aluste liikumine tootmisest valmislattu toimub kindla ajastuse ja digitaalsete kannetega, et *ERP*-süsteem registreeriks liikumise koheselt. Laost saab toodetud komponentide jaoks järgmine töötlüli mille põhifunktsiooniks partiide lõplik kontroll, ladustamine ja tellimuste komplekteerimine, mis valmistab kauba kliendisaadetiseks. Sujuv suhtlus ja infovahetus on siin võtmetähtsusega. Järgmisel joonisel 9 näitan tehases olevat *V0*-tsoon.



Joonis 9. X OÜ V0-tsoon (pilt on autori poolt tehtud)

Tootmise planeerimises osalevad tootmisjuht, tootmise planeerija, arenduse kui ka kvaliteedi osakonnad üheskoos tagamaks, et tootmistsükli ja lao vastuvõtuvõime oleksid kooskõlas ning puuduksid pudelikaelad tarneahela alguses. Samal ajal kasutavad laohoidjad reaalajas andmeid, et jälgida varude taset ning valmistoodete täiendamist riiulikohtadele läbi *ERP*-süsteemi, samas vältida topeltkäsitlust. Need funktsioonid loovad siselogistikale väärtust, mis väljendub selles, et vajalikud tooted jõuavad kliendini lubatud ajal ja täiskoguses. Kauba liikumine läbi üleandmistsooni on selgelt reeglitega raamistatud, kus tootmise väljund on lao sisend, mis tähendab, et märgistused, pakend ja dokumentatsioon peavad olema täpsed, sest need andmed kantakse digitaalselt üle logistikaprotsessidesse. Seos tootmistsehi ja lao vahel peegeldab kaasaegset intralogistika kontseptsiooni, mis rõhutab, et logistika ei ole lihtsalt toetav funktsioon, vaid tootmise partner. See nõuab ühist protsesside kaardistamist ja ühtlustamist liigsete liigutuste vähendamiseks, liinide ja riiulite paigutuse ümberplaneerimist ning automaatsete abivahendite kasutusele võtmist, et logistilised tegevused ei katkestaks tootmisvoogu. Niimoodi luuakse süsteem, kus tootmine saab keskenduda kvaliteetse detaili valmistamisele ja ladu kindlustab, et iga valmistatud detail jõuab õigeaegselt ja nõutud seisukorras kliendile. Infovoo mõttes on kriitiline, et *ERP* ja *WMS* kasutaksid samu masterandmeid. Kuigi üleandmine on põhimõtteliselt selgete reeglitega raamistatud,

esineb praktikas töövõtete ja vastutuse tõlgendamisel ebaühtlust (*nt* märgistuse ja andmekannete ajastus ning *VO* üleandmise kontrollsammud), mistõttu tekivad nähtavuslüngad *ERP/WMS*-is ning kasvab topeltkäsitlemise ja ümbertöö risk. See omakorda pikendab *VO* ooteaega ja paigutuse tsüklaega ning võib mõjutada komplekteerimise täpsust ja tarnekindlust. Artiklikaardid, pakendihierarhiad, etiketimallid ja laokohtade struktuur peavad olema standardiseeritud, vastasel juhul kaob üleandmisel osa infost või tekivad dubleerivad kirjed. Seetõttu on tootmise muutused, näiteks, pakendi mõõtude või märgistuse uuendused, alati kooskõlastatud kvaliteedi osakonnaga ning jõuavad enne rakendamist andmebaasi laohoidjatele laotöö lihtsustamiseks. See tagab, et skanner loeb etiketi ühtmoodi nii *VO*-s, riulis kui ka väljastuses ning sama *SSCC* jälgib aluse elutsükli algusest kliendini. Operatiivtasandil annab ladu tootmisele tagasi mõõdikud, mis kirjeldavad seose tervist. *VO*-ooteaeg, paigutuse tsüklaeg, inventuuri täpsus ja komplekteerimise veamäär näitavad, kas üleandmine toimub õige tempoga ja kas valmistoodang on kiiresti korjesse jõudnud. Kui näitajad halvenevad, algatatakse ühiselt parandus milles tootmine võib korrigeerida üleandmise rütmi või pakendivormi, ladu võib ümber paigutada *A*-tsooni artikleid, lisada lisaringe või muuta väljastusaknaid. Hommikused lühikoosolekud hoiavad pildi värskena ja loovad mehhanismi, kus probleemid lahendatakse enne kui need jõuavad klienditähajani. Nendes lühikoosolekutes juhtkond tavatöötajatega arutab tulevased tööplaanid, räägib uute vormide sisseviimise kohta, hoiatab võimalikest muutustest töö üles ehitamises. Füüsiline eraldatus ei välista aga protsessi tervikpilti. Kuigi ladu ja tootmistsehh asuvad üksteisest suhteliselt eemal ja täidavad erinevaid funktsioone, nende töö on omavahel paika pandud selliseks, et tootmine keskendub kvaliteetse detaili valmistamisele ja õigele pakendile ning ladu tagab nähtavuse, säilitamise, täpse komplekteerimise, õigeaegse väljastuse kui ka *ERP*-i süsteemis kannete õigsuse. Üleandmistsooni ühtne töökorraldus, ühine takt, ühtsed andmed ja kokkulepitud kõrvalekalde käsitus hoiavad vood stabiilsena ning seovad kaks üksust üheks toimivaks väärtusahelaks. Järgmisel joonisel 10 näitan tehases olevat tootmistsehhi. [22]



Joonis 10. X OÜ tootmistsehh (pilt on autori poolt tehtud)

2.4 Intralogistika raamtingimused ja uurimisfookus

X OÜ tootmiskeskond kuulub pigem voolupõhise tootmiskorraldusega survevalutehaste hulka, kus protsessi stabiilsus sõltub materjali etteande, kuivatuse ja infosüsteemide ühtsest toimimisest. Ettevõttes kuivatatakse plastgraanul tsentraalselt ning materjal liigub kesksüsteemi kaudu masinapealsetesse kuivatisse, mis vähendab käsitsi liigutamist ja toetab ühtlast tootmistakti. Tootmisstrateegia on hübriidne, kus korduvate ja suure käibega A-klassi toodete puhul hoitakse miinimumvaru, samas kui aeglasema käibega koodid liiguvad tellimuspõhiselt, et hoida tasakaalu tarnekindluse ja paindlikkuse vahel. Selline korraldus eeldab, et sisendi kättesaadavus milleks on materjalid, pakkematerjal, erikomponendid ning andmekanded ERP/WMS-s oleksid ajas ja sisus täpsed, sest

väiksemadki kõrvalekalded kanduvad kiiresti edasi tootmisse ja väljastusse. Intralogistika raamtingimus X OÜ-s on tootmise ja lao füüsiline eraldatus, mida seob kindel üleminekutsoon nimelt VO ning ERP/WMS kandeloogika. Sisendmaterjalide vastuvõtt, märgistus ja partiide haldus toimuvad laos, kusjuures tootmises tarbitakse materjali vastavalt töökorraldustele ning valmistoodang liigub tootmisest standardse trajektoori järgi VO-tsooni ja sealt valmislattu. Pakkematerjalide ja erikomponentide olemasolu hoitakse *min-max* reeglite ning ajastatud ringkäikudega, et vähendada liiniseisakuid ja viimasele hetkele jäetud otsimist, kuid selline ülesehitus toimib ainult siis, kui rollipiirid tootmise ja lao vahel on selged ning identifikaatorid nagu partii/SSCC liiguvad katkestusteta läbi VO-tsooni, võimaldades tagada jälgitavuse, inventuuri täpsuse ja töövoogu prognoositavuse. Ettevõtte kvaliteediraamistiku kujundavad ISO 9001 ning valdkonnaspetsiifiliselt IATF 16949 ja ISO 13485, mis tõstavad nõudeid nii protsessikontrollile kui ka jälgitavusele (*nt* kuivatuse parameetrid, partii seosed, kontrollitud vabastus või karantiin, dokumenteeritud kõrvalekallete käsitus). Kuna X OÜ teostab lisaks survevalule ka järelprotsesse nagu tampotrükk, koostamine, liimvormimine, ultrahelikeevitus, märgistamine, suureneb sisemiste materjalide ja infovoogude keerukus ning kasvab oht, et ebaühtlane tööpraktika tekitab nähtavuslünki, kus füüsiline liikumine ei peegeldu süsteemis või peegeldub viivitusega ning see omakorda põhjustab topeltkäsitlemist ja ümbertööd. Eelnev teoreetiline raamistik eeldab, et sisendprotsessid on standardiseeritud ja üheselt mõistetavad milleks on kohustuslikud skannid, ühtsed etiketiväljad, selged staatused nagu karantiin või vabastus, kokkulepitud üleandmispunktid ja ajastused. Käesoleva töö probleem seisneb aga selles, et ettevõtte sisend- ja liidese protsessides ei ole standard praktikas järjepidev, vaid töö on osaliselt kujunenud kogemuspõhiselt ning varieerub rollide, vahetuste ja mitteametlike kokkulepete lõikes. Sellest tulenevalt võivad kanded ERP/WMS-s olla ajastuse ja sisu poolest ebaühtlased, märgistus ja identifikaatorite kasutus ei pruugi olla kogu teekonnas üheselt jälgitav ning VO-liideses võib vastutuse üleandmine jääda erinevalt tõlgendatavaks, mis tõstab kõrvalekallete avastamise hilinemise riski. Kui kõrvalekalle selgub alles hilisemas lülis, siis suureneb ümberkontrolli, ümbermärgistuse ja täiendkannete vajadus ning see mõjutab otseselt läbiaega, tootmise rütmi ja tarnekindlust kasvatades liiniseisakute, komplekteerimisvigade ning inventuuri lahknevuste tõenäosust. Seega ei ole küsimus ainult selles, kas protseduurid ja dokumendid on olemas, vaid selles, kas need rakenduvad ühtselt ja ennustatavalt ning kas sisendahel on piisavalt nähtav, et seda oleks võimalik igapäevaselt juhtida, mõõta ja auditeerida. Nendest raamtingimustest ja probleemi ilmingutest lähtudes on töö uurimisfookus intralogistika sisend- ja liidese protsessidel, mis mõjutavad otseselt nähtavust ja töövoogu stabiilsust, keskendudes materjalide vastuvõtule ja partiihaldusele, etteandele ja sisendi liikumisele tootmisse (*sh* kuivatid ja punktid), VO üleminekutsoonile kui tootmise ja lao kriitilisele liidesele,

ERP/WMS kannetele ning kohustuslikele skannidele kui protsessi digitaalsele peeglile, samuti pakkematerjalide ja erikomponentide kättesaadavusele kui potentsiaalsele seisaku riskide allikale. Seega ei ole küsimus ainult selles, kas protseduurid ja dokumendid on olemas, vaid kas need rakenduvad ühtselt ja ennustatavalt ning kas sisendahel on piisavalt nähtav, et seda saaks igapäevaselt juhtida, mõõta ja auditeerida. Töö uurimisfookus on intralogistika sisend- ja liidese protsessidel, mis mõjutavad nähtavust ja töövoos stabiilsust: materjalide vastuvõtt ja partiihaldus, etteanne ja sisendi liikumine tootmisse (*sh* kuivatid ja punkrid), *VO* üleminekutsoon kui tootmise ja lao kriitiline liides, *ERP/WMS* kanded koos kohustuslike skannidega ning pakkematerjalide ja erikomponentide kättesaadavus kui seisaku riskide allikas. Töö eesmärk on parandada sisendfaasi protsesside juhtitavust ja tootmise etteande stabiilsust X *OÜ*-s vähendades läbimisaja varieeruvust, viivis- ja duplikaatkandeid, topeltkäsitlemist ning liiniseisakute riski. Selle jaoks kirjeldatakse *AS-IS* olukord valitud kontrollpunktides, tuvastatakse standardi ja praktika lahknevused ning sõnastatakse *TO-BE* nõuded ja parendusettepanekud. Nii loob alapeatükk loogilise silla teoreetilise raamistiku ja järgneva empiirilise *AS-IS* protsessikirjelduse vahel. [26]

3 METOODIKA JA EMPIIRIA

Käesolevas peatükis kirjeldatakse uurimuse metodoloogilist raamistikku ja empiirilist läbiviimist. Esmalt selgitatakse andmete kogumise strateegiat mille seas on osalusvaatlus kolmes rollistsenaariumis, süvaintervjuud ning dokumendianalüüs valimi kujundamisega. Seejärel käsitletakse andmete analüüsimise põhimõtteid *AS-IS* protsesside valideerimisel ja *KPI*-de abil mõõdetavate kitsaskohtade tuvastamisel, mille põhjal koostatakse *TO-BE* protsessikirjeldused kolmele kriitilisele sisendprotsessile.

3.1 Andmete kogumine

Metoodika ja empiiriline käsitus tuginevad kvalitatiivsele juhtumiuuringule mille sihiks on kirjeldada ja mõtestada intralogistika sisendfaasi ning selle mõju tootmise etteandele X OÜ-s. Fookuses on sisendmaterjalide liikumine alates veoki saabumisest ja partiihalduse loogikast kuni üleminekutsooni, paigutuse, komplekteerimise ja väljastuseni. Uurimisdisain on valitud selleks, et siduda teorias kirjeldatud standardid ja infosüsteemi reeglid tööpõrandal toimuva tegeliku käitumisega ning hinnata kuidas jälgitavus ja standardiseerimine mõjutavad varude nähtavust, läbiaja variatsiooni ja liiniseisakute riski juba enne tootmise käivitumist. Andmete kogumine põhineb kolmel omavahel täiendaval meetodil: osalusvaatlusel, süvaintervjuudel ja dokumendianalüüsil. Kõige üldisem ja liigsetesse detailidesse süvenemata neist on osalusvaatlus, mis toetub teoreetilisele arusaamale, et uurija saab organisatsiooni igapäevaseid praktikaid kõige paremini mõista siis, kui ta osaleb protsessis mitte ainult kõrvaltvaatajana, vaid teatud rolli kandva liikmena. Lisaks sellele, osalusvaatlus on meetod, mille puhul uurija viibib uuritavas keskkonnas ning jälgib tegevusi ja suhtluseid, olles samal ajal protsessiga erineval määral seotud. Meetodi väärtus seisneb selles, et see aitab nähtavaks teha töö tegeliku kulgemise, rollijaotuse, mitteformaalsed praktikad ning "vaikimisi" normid, mis võivad ametlikust kirjeldusest erineda. Osalusvaatluse tugevuseks peetakse kontekstitundlikkust ja võimalust mõista tegevusi "seestpoolt" ja peamise piirangutena tuuakse esile uurija mõju olukorrale ning vaatlusandmete selektiivsuse riski, mistõttu on oluline süsteemne fikseerimine ja refleksiivsus. Poolstruktureeritud intervjuu on kvalitatiivne intervjuuvorm, kus uurijal on eelnevalt kavandatud temaraamistik ja põhiküsimused, kuid vestluse käigus on võimalik küsimuste sõnastust, järjekorda ja täpsustavaid järelküsimusi paindlikult kohandada. Meetod sobib protsesside tähenduse ja põhjenduste mõistmiseks, sest võimaldab kirjeldada, kuidas osalejad reegleid tõlgendavad, miks teatud otsuseid tehakse ning milliseid kitsaskohti ja riske praktikas tajutakse. Poolstruktureeritud intervjuu peamised eelised on sügavus ja paindlikkus ja peamise piirangutena tuuakse esile sotsiaalse soovitatavuse mõju, intervjuueerija võimaliku mõjutuse ning mälupõhise ebatäpsuse riski. Intervjuu usaldusväärsust toetavad selge intervjuueerimisraamistik,

ühtlane teemade käsitus eri intervjuueeritavatega ning läbipaistev andmete talletamise ja analüüsi loogika. Dokumendianalüüs keskendub aga organisatsiooni ametlike alusdokumentide ja infosüsteemi väljundite (*nt* tööjuhised, protseduurid, vormid, standardid, aruanded ja logid) sisulisele käsitlemisele. Metoodilises käsitluses nähakse dokumente normatiivse raamistikuna, mis kirjeldab, kuidas protsess peaks toimima ning millised on rollid, kontrollpunktid ja andmesisestuse nõuded. Dokumendianalüüs loob seega võrdlusbaasi tegeliku praktika hindamiseks ja aitab tuvastada, kas kõrvalekalded tulenevad standardi puudumisest, ebaselgest sõnastusest või ebaühtlasest rakendamisest. Meetodi tugevuseks on jälgitavus ja auditeeritavus ja peamise piiranguna tuuakse välja asjaolu, et dokumendid ei pruugi peegeldama tegelikku tööpraktikat ega selgitama täielikult osaliste otsuste ja käitumise "*miks*"-tasandit. [27]

Järgmises alapeatükis "*Andmete analüüsimine*" kirjeldatakse analüüsi põhimõtteid ja tööloogikat, millele tuginedes kujundati *AS-IS* protsessikirjeldused ning sõnastati *TO-BE* sihtseisundi nõuded. Empiirilised *AS-IS* tulemused ja *TO-BE* lahendused on esitatud alapeatükkides 3.3 ja 3.4.

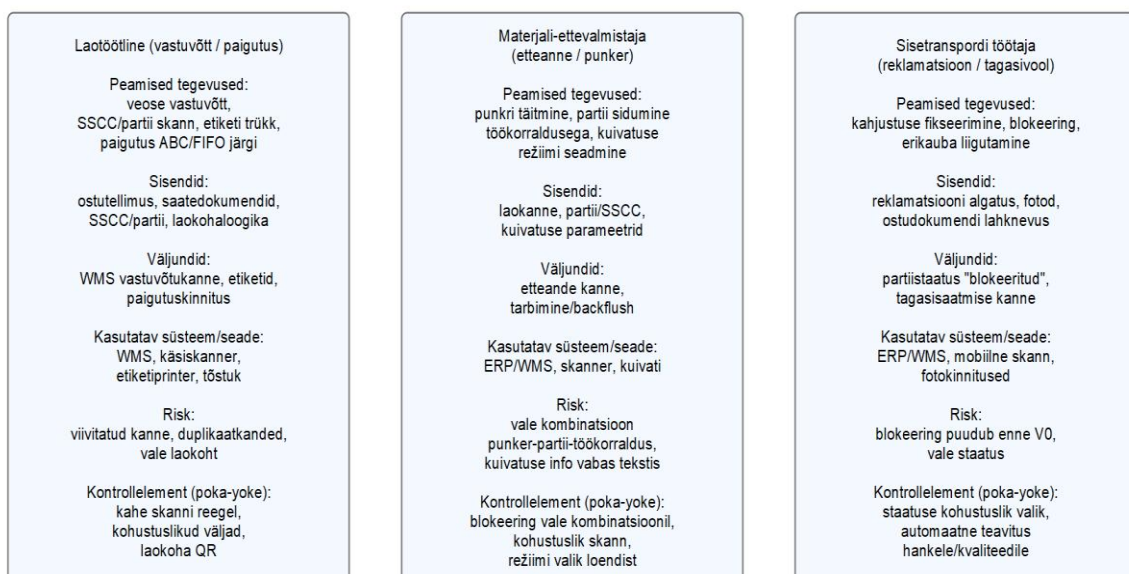
3.2 Andmete analüüsimine

Käesolevas alapeatükis kirjeldatakse andmete analüüsimise põhimõtteid ja töövoogu, mille abil 3.1 alapeatükis kogutud osalusvaatluse, süvaintervjuude ja dokumendianalüüsi materjal muudeti *AS-IS* protsessikirjeldusteks ning *TO-BE* sihtseisundi nõueteks. *AS-IS* protsessikirjeldused koostati eeskätt osalusvaatluse põhjal ning valideeriti dokumendianalüüsi ja ühetunnilise süvaintervjuude võrdlusega millest võtsid osa tootmisjuht ja tootmise plannerija. *TO-BE* sihtseisundi nõuded tuletati *AS-IS* kitsaskohtadest, kasutades süvaintervjuudest saadud ekspert-sisendit teostatavuse, kontrollpunktide ja erandite käsitluse täpsustamiseks. Käesolevas töös seoti andmeallikad analüüsi väljunditega järgmiselt: dokumendianalüüsiga määratleti normatiivsed nõuded (kohustuslikud väljad, staatused, kontrollid ja rollid), mille vastu võrreldi tegelikku tööloogikat. *AS-IS* protsessikirjeldused koostati osalusvaatluse põhjal ning dokumentide abil kontrolliti, kus praktika ja juhendatud protsess lahknevad. Intervjuudes tootmisjuhi ja tootmise planeerijaga täpsustati kitsaskohtade mõju ja teostatavus ning sõnastati *TO-BE* nõuded ja kontrollpunktid. Fookus on analüüsi metoodikal (kuidas andmeid töödeldi ja seoti), mitte empiirilistel tulemustel, mis esitatakse alapeatükkides 3.3 ja 3.4. Edasi kirjeldatakse analüüsi etappe, kuidas 3.1 alapeatükis kogutud andmeid (osalusvaatlus, süvaintervjuud ja dokumendianalüüs) analüüsiti intralogistika sisendfaasi protsesside kirjeldamiseks ning parendusvajaduste struktureerimiseks. Alapeatüki vaates on andmete töötlemise ja analüüsi loogika põhineb arusaamal mis moel jõutakse olemasoleva olukorra (*AS-IS*) kaardistamiseni ning mis moel sõnastatakse tuleviku sihtprotsess (*TO-BE*) koos

nõuete ja kontrollpunktidega. *AS-IS* kirjeldus tähendab käesolevas töös protsessi sellisena, nagu see ettevõttes tegelikult toimub (tegevused, rollid, otsustuskohad, info ja materjalivoo sammud ning süsteemikanded), *TO-BE* kirjeldus aga analüüsi tulemusena sõnastatud sihtseisundit, mis defineerib standardiseeritud töökorralduse ja kontrollmehhanismid, mille abil vähendada varieeruvust, tõsta jälgitavust ja parandada protsessi tulemusnäitajaid. *AS-IS/TO-BE* lähenemist kasutatakse juhtumiuuringu raamistikus seetõttu, et see võimaldab siduda empiirilise protsessikirjelduse (mis päriselt toimub) ja süsteemse parenduse (kuidas peaks toimuma) üheks terviklikuks analüüsiraamistikuks. Andmeanalüüs toimus kahes omavahel seotud etapis: esimeses etapis koostati ja valideeriti *AS-IS* protsessikirjeldused intralogistika sisendfaasi peamistes lülides ning teises etapis tuletati *AS-IS* analüüsist *TO-BE* nõuded ja protsessikirjeldused, lähtudes standardiseerimise, jälgitavuse ning rollipiiride selguse põhimõtetest. Enne protsessikaartide lõplikku kujundamist struktureeriti osalusvaatluse märkmed sündmuspäeviku loogikasse (tegevus → tegutseja/roll → sisend/väljund → süsteemikanne → võimalik kõrvalekalle), süvaintervjuude materjal vormistati analüüsitavaks kokkuvõtteks (teemablokid, rollipõhised tähelepanekud, korduvad mõisted) ning dokumendianalüüsi materjal (tööjuhendid, protseduurid, vormid, süsteemireeglid ja vajadusel *ERP/WMS* väljavõtete kirjeldused) koondati dokumendimatriksisse, kus iga dokumendi puhul fikseeriti eesmärk, protsessis käsitletav samm, kohustuslikud sisendid ja andmeväljad, vastutav roll ning oodatav tulemus. Dokumendianalüüsi käsitletakse käesolevas töös kui meetodit, mille abil võrreldakse normatiivset protsessi (kuidas töö peaks juhendi järgi käima) tegeliku protsessiga (kuidas see praktikas toimub) nii, et dokumentidest said tuvastatud protsessi kriitilised nõuded (*nt* kohustuslikud kontrollid, vastutuse piirid, andmeväljad ja staatused) ning kasutati neid võrdlusalusena vaatluse ja intervjuude põhjal koostatud protsessikaartide kontrollimiseks; vajadusel täpsustati protsessi samme ja terminoloogiat nii, et *AS-IS* kirjeldus oleks kooskõlas nii dokumenteeritud reeglite kui ka tegeliku tööloogikaga. *AS-IS* kaardistamine tehti protsessikaartidena *yEd* skeemide abil, et muuta töövood üheselt mõistetavaks ja võrreldavaks, ning analüüsi läbiviimiseks jaotati sisendfaas neljaks alamskeemiks: sisendmaterjalide vastuvõtt ja ettevalmistus, inventuuri protsess, materjali etteandmine punkritesse ning pakkematerjalide ja erikomponentide tagamine. See jaotus võimaldas käsitleda iga protsessi eraldi rollijaotuse, kontrollpunktide ja süsteemikannete vaates ning vähendas ohtu, et detailid kaovad liiga üldise ühe suure skeemi sisse. Iga alamskeemi puhul tehti allikateülene võrdlus nimelt triangulatsioon, kus kõrvutati omavahel [28]

1. Tööjuhendites ja protseduurides kirjeldatud sammud ja nõuded [29]
2. Osalusvaatluses nähtud tegelik tööjärjestus [30]
3. Intervjuudes selgitatud põhjendused ja erandite käsitus [31]

Triangulatsiooni eesmärk oli koostada *AS-IS* kirjeldus, mis ei ole ainult tegevuste jada, vaid sisaldab ka otsustuskohti ja tingimusi (mis suunab protsessi edasi või erandharusse), rollivastutust ning ka millises kohas ja millise loogikaga tehakse *ERP/WMS* kanded. Kitsaskohad ja riskipunktid määratleti analüüsis ühtsete kriteeriumide alusel, et vältida subjektiivset hindamist: kitsaskoha või riskipunkti märgiti protsessikaardil juhul, kui esines vähemalt üks järgmistest tunnustest: kas korduv erand või varieeruv tööjärjestus rollide/vahetuste lõikes, kontrollpunkti või kannete ajastuse ebaselgus, dubleeriv tegevus (topeltkäsitlemine või topeltsisestus), sõltuvus üksiktöötaja kogemusest või "vaiketeadmisesest" või olukord, kus kõrvalekalde mõju kandub edasi tootmisse või väljastusse. Riskipunktide kirjeldamisel kasutati protsessilooikat "põhjus → koht protsessis → võimalik mõju", mis võimaldas hiljem siduda *TO-BE* nõuded konkreetsete juurpõhjustega. Analüüsi käigus fikseeriti (Joonis 16) igas protsessilülis vastutav roll (kes teeb), osapooled (kes osaleb või kooskõlastab) ning süsteemne vastutuse üleandmise hetk (*nt* üleandmistsoon), et protsessikirjeldus toetaks hilisemat standardiseerimise ja kontrollpunktide määratlemist.



Joonis 16. X OÜ töökohustuste jaotus sisendprotsessis (*yEd* skeem, koostatud *yEd* abil) [12]

TO-BE kirjeldused tuletati *AS-IS* analüüsist standardiseerimise loogika alusel: iga protsessi jaoks sõnastati standardtöö sammud (mis järjekorras ja mis tingimustel), kohustuslikud kontrollpunktid ja nende vastutajad, süsteemikannete miinimumnõuded (millal ja mis andmeväljadega) ning erandite käsitus, et protsess jääks auditeeritavaks; *TO-BE* lahendustes lähtutakse eesmärgist vähendada protsessi varieeruvust ja tõsta reaajas nähtavust, toetades seda *SOP*-ide täpsustamise, visuaalse juhtimise ja

vajadusel *poka-yoke* tüüpi kontrollide loogikaga (*nt* vale kombinatsiooni ennetavad kontrollid). Et *AS-IS* ja *TO-BE* võrdlus oleks hinnatav, seoti analüüsis protsesside kriitilised lõigud tulemusnäitajatega, mida ettevõtte kontekstis kasutatakse tarnekindluse ja siselogistika kvaliteedi hindamiseks (*nt OTIF, VO* ooteaeg, inventuuri täpsus, komplekteerimise täpsus, materjali puudusest tingitud liiniseisakud). Nende näitajate roll 3.2 alapeatükis on metoodiline, sest need annavad raamistiku, mille järgi hinnata, kas tuvastatud kitsaskohad on protsessi tulemuslikkuse seisukohalt relevantesed ning milliste näitajate kaudu saab hiljem *TO-BE* parenduste mõju hinnata. Kokkuvõttes kirjeldab 3.2 alapeatükk analüüsi protseduuri, mille abil kogutud andmed muudetakse empiirilisel valideeritud *AS-IS* protsessikaartideks ning *TO-BE* standardiseerimisnõueteks ja sihtprotsesside kirjeldusteks. *AS-IS* protsesside sisuline kirjeldus esitatakse järgmises alapeatükis ning *TO-BE* lahendused koondatakse sellele järgnevas alapeatükis. [16]

3.3 Olemasolevad protsessid (*AS-IS*)

X *OÜ* sisendprotsess algab materjalide saabumisest tehasesse laadimissildade kaudu. Tootmisse sisenevad materjalid tuuakse kohale veokitega ning mahalaadimise, esmase käsitlemise ja materjalialuste liigutamise eest vastutab laohoidja/tõstuki juht, kelle tööülesannete hulka kuuluvad laos toimuvad liikumised ning paralleelselt ka *VO*-tsoonilt valmistoodangu äravedu. Pärast mahalaadimist jaotatakse saabunud alused laopinnal ladustamispiirkondadesse vastavalt materjalitüübile ja ladustamisloogikale. Lao ala on jaotatud ridadeks, mis võimaldavad materjale paigutada süsteemselt ning hiljem tuvastada asukohti ridade ja paigutuse järjekorra alusel. Kui materjal on laos paigas ja süsteemis arvel, jätkub protsess materjali ettevalmistaja tööetapiga, kus tootmistellimuse alusel kontrollitakse *ERP*-süsteemis, kas tellimuse täisvalamiseks ettenähtud materjalikogus kilogrammides on süsteemis olemas ning kas süsteemi jääk vastab tegelikule laoseisule. Materjalikasutuse järjekorras lähtutakse põhimõttest, et vanemad partiid tarbitakse enne uuemaid, et hoida rotatsiooni ja vähendada seisumajäämise riski. Seejärel komplekteeritakse tellimuse jaoks vajalik kogus materjalikotte ning korraldatakse nende transport punkriteni tehase teise ruumi. Punkrialal asub suur hulk tootmist toitvaid punkreid, millest igaüks on tähistatud valge sildi ning seitsmekohalise koodiga. Punkrisse ette antud materjal liigub edasiselt torusüsteemide kaudu tootmismasinasse alles siis, kui seadistaja märgib tootmismasina seisundiks "valmis käivitamiseks" ning materjali etteande tingimused (*sh* sobiv materjaliliik ja kuivatuse valmidus) on täidetud. Kuivatamine toimub maapealsetes kuivatites ja keskkuivatites, mis paiknevad teisel korrusel. Kuivatuse kestus sõltub materjalist (tüüpiliselt 2–4 tundi, erandina 3 tundi). Kui kuivatuse tsükkel on lõppenud, kuvab süsteem olekuks "valmis" ning tootmine saab alustada. Tootmise käivituse algfaasis võib tekkida seadistuspraak, mille korral jälgitakse protsessi parameetreid (*nt* kuivatuse ja temperatuuri sobivus), et

väljastada materjalist või kuivatuse režiimist tulenev kõrvalekalle. *AS-IS* protsessiskeemid on esitatud vooskeemi põhimõttel, kus eristatakse tegevusetappe, otsustuskohti ning protsessi seisundeid/tulemusi. Värvikood on kasutusel loetavuse suurendamiseks: helesinine tähistab protsessi seisundit või vahe-/lõpptulemust, roheline tavapärasest tegevusetappi, kollane otsustuspunkti ning roosa tuvastatud riski/probleemi või parendusvajadust. Sama legend kehtib joonistel 11–15. *AS-IS* protsesside kirjeldus on käesolevas peatükis struktureeritud neljaks alaprotsessiks:

1. kauba vastuvõtt ja ettevalmistus
2. inventuuri korrektsus
3. punktide omavahel sassi ajamise risk materjali etteandel
4. pakkematerjalide ja erikomponentide tagamine

3.3.1 Kauba vastuvõtt (*AS-IS*)

X OÜ-s algab materjalide vastuvõtt veoki saabumisest ning vastuvõtul kontrollitakse materjali vastavust tarnedokumentide ja tellimuse järgi. Pärast vastuvõttu tehakse *ERP*-süsteemis vajalikud kanded ning materjalid paigutatakse ladustamisaladesse. Kui materjal on süsteemis arvel ja füüsiliselt laos, jätkub protsess materjali ettevalmistaja tööetapiga, kus tootmistellimuse alusel kontrollitakse *ERP*-is tootmise jaoks vajaliku materjalikoguse olemasolu, vastavust lao tegelikule seisule ning jälgitakse partiide kasutusjärjekorda, teisisõnu vanem partii vabastatakse enne uuem. Seejärel valitakse tellimusele vastav kogus materjalikotte, tõstetakse need transpordiks tõstukile ning viiakse määratud punkrisse. Punkrisse etteandmise eel- või paralleel etapina läbib materjal kuivatuse (tüüpiliselt 2–4 tundi), mille järel süsteem kuvab olekuks "valmis" ja tootmise etteanne saab käivituda.



Joonis 11. Sisendmaterjalide vastuvõtu ja ettevalmistuse protsess X OÜ-s (*AS-IS*) , kus: *helesinine - protsessi seisund / vahe- või lõpptulemus; roheline – tavapärase tegevus- või tööetapp (AS-IS samm) (yEd skeem, koostatud yEd abil)*

Protsessi käigus esineb ajakulu varieeruvust olukordades, kus *ERP*-andmed ei ole ajakohased (*nt* vastuvõtukanne viibib või on ebatäpne) või lao ja tootmise vaheline infovahetus on killustunud, mistõttu võib tellimuse ettevalmistus pikeneda. Samuti mõjutab ettevalmistuse kestust laopinna paigutusloogika. Kui sagedamini kasutatavad või prioriteetsed materjalid ei paikne operatiivselt ligipääsetavates kohtades, siis suureneb

otsimise ja transpordi ajakulu ning sellest tulenevalt kasvab tootmise ajagraafiku kõikumise risk.

3.3.2 Kauba inventuuri korrektsus (AS-IS)

Inventuuri eesmärk on tagada ERP-is kajastuva laoseisu ja tegeliku füüsilise laoseisu vastavus. Inventuuri tehakse rangelt üks kord aastas kindlal kuupäeval ning vajadusel ka omaette igaaastasest inventuurist üksikute materjalide lõikes, kui ilmneb ebatäpsusi süsteemiandmetes või materjalide asukohtades. Inventuuri aluseks on ERP-ist väljavõetud materjalinimekirjad. Loendus toimub valdavalt käsitsi (kottide ja aluste füüsiline loendamine), mille järel sisestatakse kogused ERP-i ja võrreldakse süsteemiandmetega. Lahknevuste tüüpilisteks põhjusteks on viivitusega kanded, ümberpaigutused, ebatäpne sisestus, topeltkäsitlused või märgistuse ja asukoha ebaselgus. Inventuuri keerukust suurendab asjaolu, et materjal võib paikneda samaaegselt mitmes tsoonis (ladu, punkrid, tootmine), mistõttu nõuab tegeliku pildi kokkupanek rohkem aega ning suurendab hilinemise ja kordusloenduste tõenäosust, kuna mitte kottides, vaid punkrites loendamise ajaks olev materjal nõuab samuti arvesse võtmist parema inventuuri täpsuse saavutamiseks.



Joonis 12. Inventuuri protsess X OÜ-s (AS-IS), kus: *helesinine - protsessi seisund / vahe- või lõpptulemus; roheline - tavapärase tegevuse- või tööetapp (AS-IS samm) (yEd skeem, koostatud yEd abil)*

Praktikas mõjutavad inventuuri töökindlust ka IT-süsteemi hooldused ja uuendused, mis võivad toimuda väljaspool tavapärast tööaega ning suurendada kannete ajastuse ebaühtlust. Sellisel juhul võivad vead või vahelejäänud kanded avalduda hiljem lahknevustena. Ebatäpsused inventuuriandmetes mõjutavad varude nähtavust ning võivad omakorda tekitada täiendavaid kontrole ja koormust nii lao kui ka kvaliteedi osakonna efektiivsusele, äärmuslikul juhul viia tellimuse pooleli jätmise riskini materjali ebapiisavuse tõttu.

3.3.3 Tõenäosus punkerid omavahel sassi ajada (AS-IS)

Materjalide etteandmine punkritesse on sisendprotsessi kriitiline etapp, sest punkrisse suunatud materjal määrab, millise toorainega tootmismasin edasi töötab. Materjali ettevalmistaja lähtub etteandel tootmistellimusest ja materjali koodist ning valib vastava

punkri, mis on tähistatud valge sildi ja seitsmekohalise koodiga. AS-IS olukorras tugineb punkri valiku kontroll suure osas visuaalsele tuvastamisele punkri koodist valge sildi peal, tellimuse materjalikoodist, töökorraldusest. Risk, et materjal sattub valesse punkrisse, suureneb olukordades, kus töö toimub paralleelselt mitme tellimuse ja mitme punkri täitmisega, punkrid on osaliselt täidetud, valgustingimused on ebasoodsad, tähised on kulunud või töötempo on ajasurve tingitult kõrge. Risk võib avalduda ka siis, kui tootmistellimuse materjaliinfo on kasutuses paberil ning selle vastavus punkri tegeliku tähisega ei ole üheselt kontrollitud.



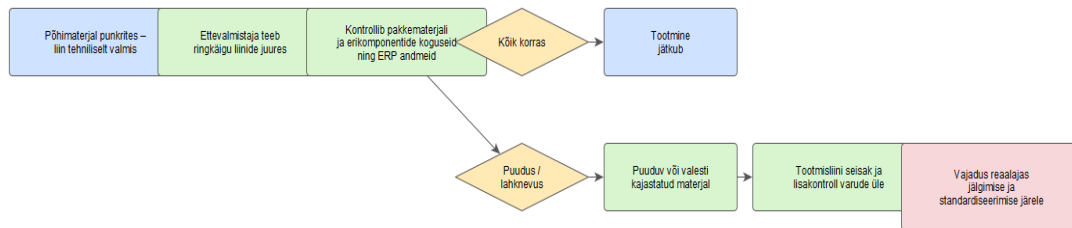
Joonis 13. Materjali etteandmine punkritesse ja sellega seotud risk (AS-IS) , kus: *helesinine - protsessi seisund / vahe- või lõpptulemus; roheline – tavapärase tegevus- või tööetapp (AS-IS samm); roosa – tuvastatud risk, probleem või mõju / parendusvajadus (yEd skeem, koostatud yEd abil)*

Kui vale materjal jõuab punkrisse, siis võib tootmises tekkida seadistuspraak, materjalikulu kasv ja vajadus liin ajutiselt peatada, millele järgneb lisatöö materjali eemaldamiseks ning punkri puhastamiseks. Kuigi selliste juhtumite esinemissagedus võib olla madal, on mõju tootmisele ja ajakulule märkimisväärne.

3.3.4 Komponentide ja pakkematerjali korrashoid (AS-IS)

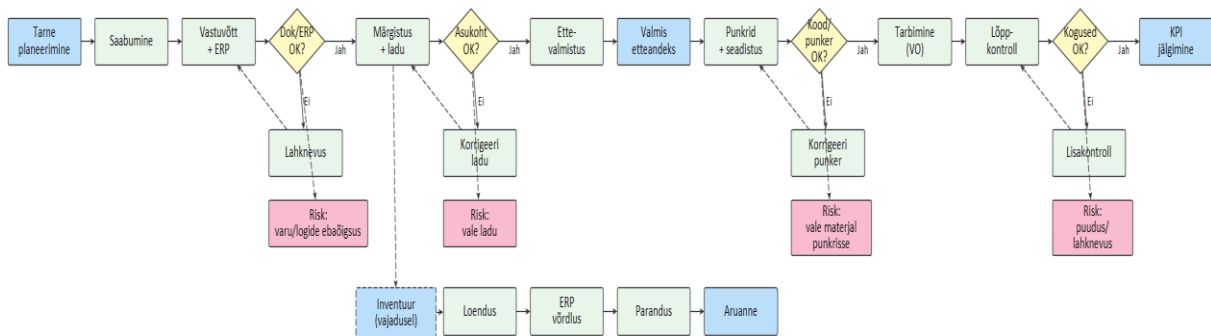
Tootmises võib esineda olukordi, kus tootmistellimuse käivitamine või jätkamine jääb seisma pakkematerjali või erikomponentide puudumise tõttu, kuigi põhimaterjal on punkris täis ja liin on tehniliselt valmis, kuid tegelik kogus laos ei lase nagnii tellimust täis valada. Pakkematerjalide (*nt* pakendid, kiled, märgistusdetailid) ja erikomponentide (*nt* sisetükid, lisaelemendid) olemasolu kontroll ja tagamine on osaliselt seotud ringkäikudega tehases, kus jälgitakse liinide varustatust ning ERP-is kajastuvat seisut. AS-IS olukorras tekivad katkestused eelkõige juhul, kui ERP-andmed ei ole ajakohased (materjal on füüsiliselt olemas, kuid pole süsteemis registreeritud või vastupidi), kogused on ebatäpselt sisestatud, tarne viibib või vastutuspiirid lao ja tootmise vahel ei ole üheselt tajutavad. Sellistel juhtudel võib tootmisliin seista kuni materjalide ja komponentide kättesaadavus on taastatud, mis mõjutab seadmete kasutust ja tarnegraafiku täitmist (*sh OTIF*). Lisaks eespool toodule, esineb olukordi, kus laoseisu korrigeerimisel sisestatakse ekslikult vale ühik või vale kogus ja selline viga võib jääda esialgu märkamatuks, kuid

põhjustada hilisemaid süsteemseid lahknevusi varude ülevaates ning mõjutada planeerimist ja tootmise rütmi. Käesoleva alaprotsessi *AS-IS* skeem ja riskikohad on koondatud vastavale joonisele ning kogu sisendprotsessi tervikvaade on esitatud joonisel 14.



Joonis 14. Pakkematerjalide ja erikomponentide tagamise protsess ning sellega seotud riskid (*AS-IS*), kus: *helesinine* - protsessi seisund / vahe- või lõpptulemus; *roheline* – tavapärase tegevus- või tööetapp (*AS-IS* samm); *kollane* – otsustuspunkt / kontrollküsimus; *roosa* – tuvastatud risk, probleem või mõju / parendusvajadus (*yEd* skeem, koostatud *yEd* abil)

Joonis 15 esitab protsessi koondtasemel põhivoo ning toob esile kriitilised otsustuskohad ja risked. Kõrvalekallete detailne käsitus (lahknevused, lisakontrollid, riskistsenaariumid) on kajastatud joonistel 11–14 ja moodustab *TO-BE* parenduste lähtekoha.



Joonis 15. X OÜ sisendprotsess, kus: *helesinine* - protsessi seisund / vahe- või lõpptulemus; *roheline* – tavapärase tegevus- või tööetapp (*AS-IS* samm) (*yEd* skeem, koostatud *yEd* abil)

Eespool kaardistatud *AS-IS* protsessid näitavad, et sisendfaasi peamised kõrvalekalded koonduvad kolme probleemiklastrisse. Esiteks, esineb *ERP/WMS* andmete ajastuse ja kvaliteedi kõikumine mille sekka kuuluvad hilinenud või ebatäpsed kanded, lahknevused süsteemi ja füüsilise laoseisu vahel, mis pikendavad ettevalmistust ning tekitavad ebakindlust tootmise etteandes. Teiseks, kontrollpunktid ja standardtöö on mitmes lülis

ebapiisavalt ühtlustatud ning sõltuvad töötajate kogemusest ja töökoormusest (nt materjali otsing ja valik laos, inventuuri loendusloogika, infovahetus lao ja tootmise vahel), mis suurendab läbimisaja varieeruvust ja topeltkäsitlemist. Kolmandaks, ilmnevad kriitilised riskikohad tootmise liideses: punkrisse etteandmisel on vale punkri või vale materjali risk ning pakkematerjalide või erikomponentide puhul võib tekkida seisaku risk, juhul kui varude tegelik seis ja süsteemne nähtavus ei ole kooskõlas. Seega selgus kaardistamisega, et uurimisprobleem ei seisne üksnes protseduuride olemasolus, vaid protsessi juhitavuse ja jälgitavuse ebapiisavuses sisend- ja liideslülides, kus on vaja tagada reaalajas usaldusväärsed kanded, standardiseeritud kontrollid ja selged rollipiirid nii, et väheneksid viivitused, duplikaat- ja paranduskanded, topeltkäsitlemine ning materjalipuudusest või vale etteande riskist tulenevad liiniseisakud. Nende järelduste põhjal on *TO-BE* sihiks standardiseerida vastuvõtu ja liikumiste ühiselt mõistmist (*sh* kohustuslikud skannid), viia korda varude täpsus *sh* inventuuri ja tsükli loogika, lisada punkriprotsessi veakindlad kontrollid ning luua pakkematerjalidele kui ka erikomponentidele nähtav ja "pull"-põhine täiendamine, et tootmise etteanne oleks prognoositav ja stabiilne.

3.4 TO-BE OLUKORRAD

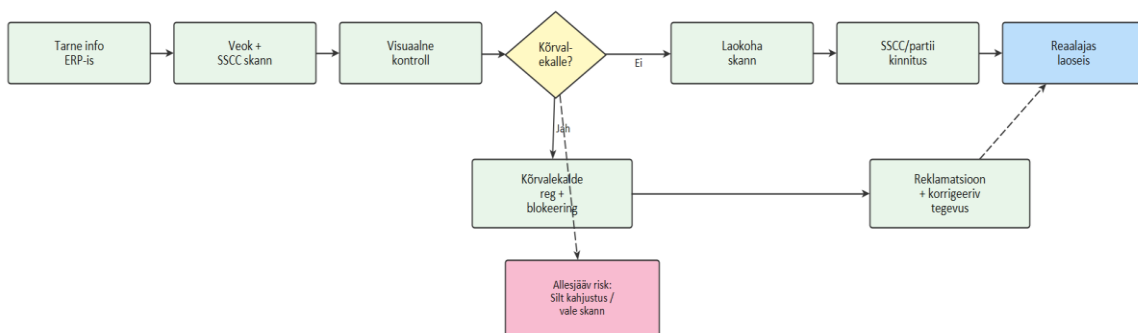
Käesolevas alapeatükis kirjeldatakse, kuidas alapeatükkides 3.2 ja 3.3 empiirilisel valideeritud *AS-IS* protsessikaartidel tuvastatud kitsaskohad (kannete ajastus, topeltkäsitlused, rollipiiride ebaselgus, visuaalkontrollist sõltuvad riskid ning varude ebatäpsusest tulenevad seisakud) teisendatakse *TO-BE* sihtseisundiks. *TO-BE* lähenemise eesmärk on muuta intralogistika sisendfaas üheselt juhitavaks ja auditeeritavaks: kriitilised liikumised kinnitatakse skanneerimisega, kohustuslikud kontrollpunktid seotakse vastutavate rollidega ning erandite käsitlus tuuakse protsessi sisse nii, et kõrvalekalded ei liigu edasi tootmisse märkamatuks. *TO-BE* on koondatud kolme protsessivaldkonna alla:

1. sisendmaterjalide vastuvõtt ja laohaldus
2. varude täpsus ja inventuuri loogika
3. materjali etteanne tootmisse

3.4.1 Sisendmaterjalide vastuvõtt ja laohaldus (*TO-BE*)

TO-BE vastuvõtus ja laohalduses viiakse rõhk käsitsi kontrollidelt ja hilinenud kannetelt reaalajas kinnitatud vastuvõtuloogikale, et vähendada süsteemi ja füüsilise laoseisu lahknevusi ning tasakaalustada ettevalmistuse läbiaega. Enne tarne saabumist on *ERP/WMS*-is olemas ostutellimus või eelteade, mis määratleb oodatavad artiklid, kogused ning vajadusel partii/*SSCC* struktuuri. See loob vastuvõtul ühtse ootuse, mille vastu

tegelik tarne kontrollitakse. Veoki saabumisel seob laotöötaja saadetise süsteemiga ühe esmase skanniga milleks on tardedokument või SSCC ja pärast tehakse visuaalne kontroll (pakendi terviklikkus, märgistus, kogus) ning kõrvalekalded registreeritakse samas töövoos: puuduolek, vale kood, kahjustus või ebatüüpiline partii määratakse kindlaks kohe ning vajadusel rakendatakse automaatne blokeering või kvaliteedipoolne otsus, mis takistab materjali liikumist etteandesse enne V0. Peale vastuvõttu kinnitatakse paigutus skanneerimisega kaheastmeliselt (laokoht + SSCC/partii) nii, et süsteem ei ole enam sõltuvusest sellest, kui hästi töötaja teab laopinda, vaid igal liikumisel tekib jälg (kes, millal, kuhu, millise üksusega).



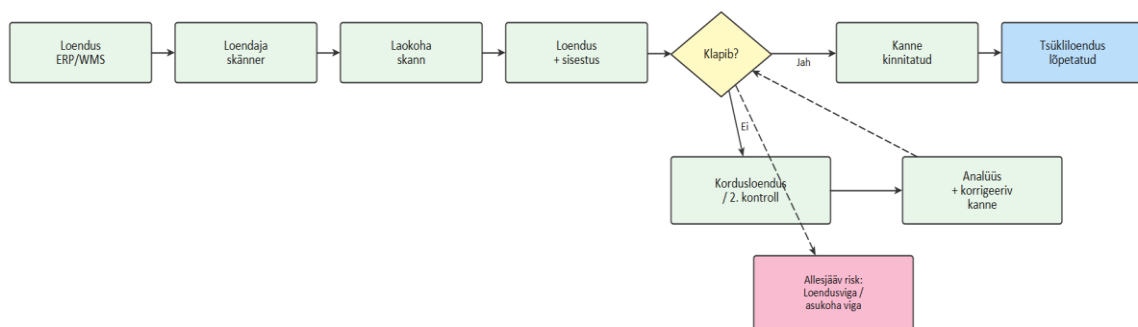
Joonis 16. Vastuvõtt ja laohaldus X OÜ, kus: roheline – protsessi tegevus või sündmus (AS-IS), sh kontrollid ja kõrvalekalde käsitletus (yEd skeem, koostatud yEd abil)

Paigutusloogika (ABC/FIFO, üleminekutsoon, V0 reeglid) seotakse selgete otsustuspunktidega: millal materjal jääb V0 tsooni, millal läheb otse riulisse ja millal on kohustuslik kvaliteedi kinnitus. Selline TO-BE lahendus vähendab topeltsisestust, lühendab vea avastamise tsüklit ning loob ettevalmistajale usaldusväärse lähteinfo tellimuste komplekteerimiseks ja partiide õigeaegseks tarbimiseks.

3.4.2 Varude täpsus ja inventuurikorraldus (TO-BE)

TO-BE lahenduses asendatakse harv ja mahukas "suur inventuur" regulaarse tsükli loendusega. Nii avastatakse laoseisu lahknevused kiiremini ning analüüsitakse nende juurpõhjuseid, et vähendada kordusloendusi ja vältida olukordi, kus tootmise etteanne sõltub ebatäpsest laoseisust. ERP/WMS genereerib tsükli loenduse ülesandeid riskipõhiselt (nt A-materjalid sagedamini kui C-materjalid), arvestades nii tarbimiskiirust kui ka varasemaid lahknevusi. Loendamine toimub skänneri abil (laokoha skann + koguse määramine), mis vähendab käsitsi ümberkirjutust ja hilisemat ümbersisestust. Lahknevuse korral rakendub TO-BE-s standardne kontrollirada. Süsteem nõuab kordusloendust ning juhul, kui lahknevus ületab tolerantsi, teise töötaja kinnitust enne korrigeerimise tegemist. Lisaks, märgitakse korrigeerimise juurde põhjuseliik (nt

vastuvõtuviive, ümberpaigutus, tagastus tootmisest, pakendamise kadu), et lahknevused ei jääks "lihtsalt numbriparanduseks", vaid muutuksid protsessi juhtimise sisendiks.

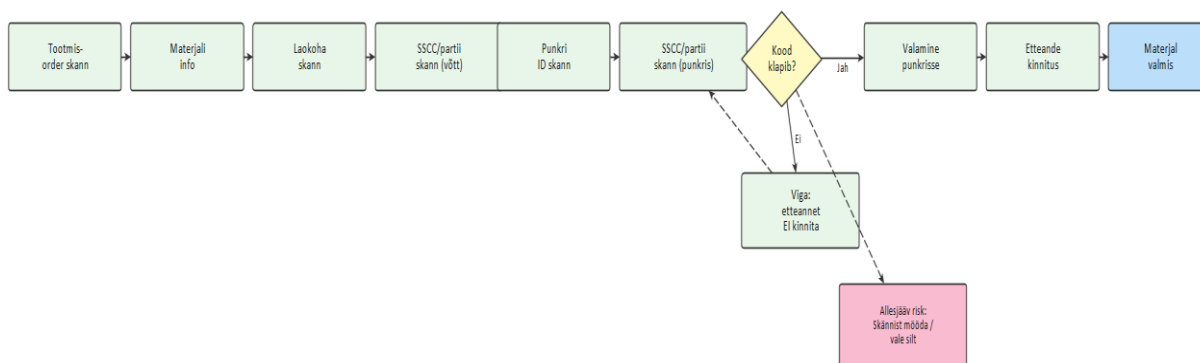


Joonis 17. Tsükli loendus (inventuur) X OÜ, kus: roheline – protsessi tegevus või sündmus (AS-IS), sh kontrollid ja kõrvalekalde käsitletus (yEd skeem, koostatud yEd abil)

Loendamise ajal saab vastav laokoht või üksus ajutise "lukustuse", et vältida samaaegsed liikumised, mis AS-IS olukorras tekitasid halli tsooni loenduse ja tegelike ülekannete vahele. TO-BE inventuuriloogete seob varude täpsuse otse sisendfaasi KPI-dega. Kui laoseis on reaajas usaldusväärne, vähenevad ettevalmistuse katkestused, VO ootamatused ja materjalipuudusest tingitud liiniseisakute risk ning muutub võimalikuks hinnata parenduste mõju samade mõõdikutega mida kasutati AS-IS analüüsis.

3.4.3 Materjali etteanne punkritesse (TO-BE)

TO-BE punkriprotsessis lahendatakse AS-IS kriitiline risk (nt vale materjal vales punkris) poka-yoke loogikaga, mis ei tugine pelgalt visuaalsele võrdlusele, vaid süsteemsele sobivuskontrollile. Materjali etteandmine algab tootmistellimuse üheselt tuvastamisest. Ettevalmistaja skaneerib tootmistellimuse või üsnagi harva saab ainult ülesande ERP/WMS-ist, mille järel süsteem kuvab lubatud materjalikoodi, koguse ning vajadusel lubatud partii/SSCC valiku. Materjali võtmisel kinnitatakse liikumine laokoha ja SSCC/partii skanniga, et säiliks jälg, millisest kohast ja millise partiiga etteanne tehti. Punkri juures toimub kaheastmeline kontroll milles esmalt skaneeritakse punkri ID (nt QR-kood) ja seejärel SSCC/partii ning seejärel süsteem võrdleb automaatselt, kas punkri jaoks ettenähtud materjalikood vastab skaneeritud üksusele. Kui kombinatsioon ei klapi, ei luba TO-BE etteannet kinnitada ning töötaja saab kohe veateate enne kui vale materjal jõuab torusüsteemi ja tootmisse.

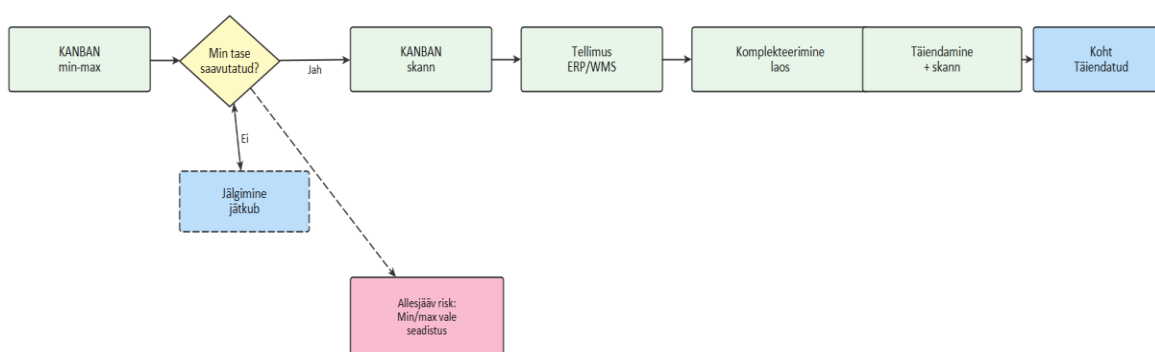


Joonis 18. Materjali etteandmine punkrisse X OÜ, kus: roheline – protsessi tegevus või sündmus (AS-IS), sh kontrollid ja kõrvalekalde käsitletus (yEd skeem, koostatud yEd abil)

Kui kombinatsioon klappib, kinnitatakse etteanne ning ERP/WMS vähendab varu ja talletab seose "punker-partii-order-aeg-teostaja". Kuivatuse ja režiimivaliku osas seotakse TO-BE-s etteanne selgete eeltingimustega, kus kuivatuse olek, kestus ja (vajadusel) režiimivalik on standardi töö osa ning erandite korral (nt režiimi muutus, ülekuumenemise kahtlus) fikseeritakse kõrvalekalle kohe nii, et tootmise seadistuspraagi korral oleks jälgitav, kas põhjus võib tulla sisendfaasist.

3.4.4 Pakkematerjalide ja erikomponentide tagamine (TO-BE)

TO-BE pakkematerjalide ja erikomponentide tagamiseks viiakse "mälu ja ringkäikude" põhiselt toimiv varustamine süsteemseks "pull"-lahenduseks, et vähendada olukordi, kus liin on tehniliselt valmis, kuid tootmine peatub puuduva komponendi või ebatäpse laoseisu tõttu. Liinide lähedusse kujundatakse KANBAN-/supermarket-loogikaga varuala, kus igale pakkematerjalile ja erikomponendile määratakse min-max tase ning visuaalselt üheselt tähistatud asukoht. Kui tase jõuab miinimumini, käivitub täiendamine standardse signaaliga KANBAN-kaardi või riulisildi skanni abil, mis genereerib ERP/WMS-is ülesande laole või vastutavale rollile. Täienduse toomisel kinnitatakse taastamine samuti skanniga, et varu ja füüsiline olemasolu püsiks kooskõlas ning vältida olukordi, kus füüsiliselt varu on olemas, aga süsteemis on puudu või vastupidi.



Joonis 19. *KANBAN*-supermarket pakkematerjalidele X OÜ, kus: *roheline* – protsessi tegevus või sündmus (*AS-IS*), *sh* kontrollid ja kõrvalekalde käsitletus (*yEd* skeem, koostatud *yEd* abil)

TO-BE-s tuuakse erandite käsitletus protsessi sisse ning kui komponent on blokeeritud, tarne hilineb või kogus ei klapi, fikseeritakse see kohe standardiseeritud põhjusega ning vajadusel teavitatakse automaatselt hanke- või kvaliteedi osakonda, et probleem ei ilmneks alles vahetult enne käivitust. Selline lahendus vähendab rollipiiride hägusust, suurendab reaajas nähtavust ning toetab *TO-BE* põhieesmärki vältimaks ootamatud liiniseisakud ja tõhustamiseks tarnekindlust (*OTIF*) läbi kontrollpunktide, mis on seotud konkreetsete kannete ja vastutajatega

3.4 Järeldused ja ettepanekud

Töö empiirilise osa tulemused koondavad sisendfaasi protsessikaardistuse ning kaardistuse käigus tuvastatud kõrvalekalded. Järeldused on esitatud uurimisküsimuste lõikes ning ettepanekud lähtuvad nendest samadest tulemustest ja töös juba kirjeldatud sihtlahendustest (*TO-BE*).

Uurimisküsimusele, millised intralogistika protsessid on standardiseerimata, vastab *AS-IS* analüüs. Kaardistus näitas, et ebaühtlus ilmneb eeskätt sisendmaterjalide vastuvõtu, laohalduses (kannete tegemise järjekord ja kontrollide loogika), varude täpsuse tagamises (*sh* inventuuri ja tsükliloenduse loogika) ning materjali etteandes punkritesse koos pakkematerjalide ja erikomponentide tagamisega. Praktika varieerumine seostub eelkõige olukordadega, kus rollid ja kontrollpunktid ei ole üheselt määratletud või kus standardi täitmist ei toeta sama loogikaga *ERP/WMS* kanded ja visuaalkontroll. Selle tulemusena kandub osa protsessireeglitest vaiketeadmisse ning protsessi tulemus sõltub suuremal määral täitjast ja töökoormusest.

Uurimisküsimusele, millised protsessid on intralogistika vaates kõige kriitilisemad tarneahela tõhususe mõttes, osutusid määravaks need lülid, kus kõrvalekalle kandub kiiresti tootmise etteandesse ja tekitab lisakäsitlust või ajakulu. *AS-IS* kaardistus tõi esile, et:

1. vastuvõtu ja kannete kvaliteet mõjutab sisendi jälgitavust ning loob eelduse korrektseks laoseisuks; viibivad või ebatäpsed kanded suurendavad ettevalmistuse ajakulu ja lisategevusi
2. Laoseisu täpsus on kriitiline, sest lahknevused süsteemi ja füüsilise laoseisu vahel toovad kaasa kordusloendusi ning parandusvooge

3. Punkriprotsess on kõrge mõjuga riskikoht, sest vale punker või vale materjal võib viia seadistusvea ja praagini ning katkestada tootmise etteande
4. Pakkematerjalide ja erikomponentide kättesaadavus mõjutab etteande valmisolekut; tootmise etteanne võib katkeda ka siis, kui põhimaterjal on olemas, kuid vajalikud komponendid ei ole õigeaegselt kättesaadavad.

Uurimisküsimusele, kui hästi tööjuhised on kooskõlas tegeliku tööpraktikaga, näitas dokumentatsiooni ja tööõranda praktika võrdlus, et juhendid kirjeldavad üldloogikat, kuid ei kata alati erandolukordi ja ajasurve tingimusi ning ei täpsusta piisavalt, millisel hetkel ja millise rolli poolt peavad toimuma konkreetsete kinnitused *ERP/WMS*-is. Seetõttu tekib olukordi, kus protsess on praktikas toimiv, kuid mitte üheselt auditeeritav: osa otsuseid tehakse kogemuse põhjal ning kannete ajastus sõltub töövoo koormusest.

Uurimisküsimusele, kuidas mõjutab infoliikumine protsesside efektiivsust, ilmnes *AS-IS* kaardistusest, et sisendi infoliikumise kvaliteet (kannete õigsus ja ajakohasus, rollipõhised kinnitused ning selged kontrollpunktid) on seotud varude nähtavuse ja protsessi stabiilsusega. Hilinenud või ebatäpsed kanded ning lahknevused süsteemi ja füüsilise laoseisu vahel põhjustavad lisakäsitlust, ümberloendusi ja parandusvooge ning võivad vähendada tootmise etteande stabiilsust. Seetõttu on infoliikumine sisendfaasis protsessi juhtimise eeltingimus, mitte ainult toetav tegevus.

Eeltoodud järeldustest tulenevalt on *TO-BE* sihtseisundi ettepanekud suunatud rollipõhise standardiseerimisele, auditeeritavatele kontrollpunktidele ning *ERP/WMS* kannete loogika ühtlustamisele. Vastuvõtu ja laohalduse koordineerimise ühtlustamiseks on ettepanek kujundada vastuvõtule ühtne *SOP*, kus kirjeldatakse kohustuslikud kontrollpunktid (*nt* dokument, kogus, märgistus), kannete järjekord *ERP/WMS*-is, rollivastutused ning tuua erandite käsitus (puudulik tarne, vale märgistus, tarneakna ületus) standardprotsessi osaks. Varude täpsuse parendamiseks on ettepanek liikuda riskipõhisele tsükli loendusele ning kinnitada loendused skänneri abil, rakendades lahknevuste korral kaheastmelist kontrolli ja põhjuse märkimist, et lahknevused oleksid üheselt käsitletavad. Punkriprotsessi veakindluse tõstmiseks on ettepanek rakendada *poka-yoke* loogikat, kus punkri identifikaatori skann ja materjali *SSCC*/partii skann tagavad automaatse vastavuskontrolli enne etteannet. Pakkematerjalide ja erikomponentide tagamise parendamiseks on ettepanek kujundada "*supermarket*" või *min-max* tasemetel põhinev täiendamisloogika ning kasutada tarbimise signaalil põhinevat taastellimist (*kanban*-kaart või skannipõhine väljastus), sidudes vastutused ja erandite käsitluse üheks standardiks (*SOP*).

Rakendamise püsivuse tagamiseks on ettepanek määrata kontrollrütmi ja jälgida neid näitajaid, mis peegeldavad kaardistuses ilmnenud kitsaskohti: varude täpsus, *VO*-sooni

läbimisaeg (sisendist kuni etteande valmisolekuni), parandus- ja duplikaatkannete hulk, vale etteande juhtumid ning materjalipuudusest tingitud liiniseisakud. Kokkuvõttes tulemused näitavad, et sisendfaasi juhitavus ja jälgitavus sõltuvad eelkõige rollipõhisest standardiseerimisest, selgetest kontrollpunktidest, *ERP/WMS* andmekvaliteedist ning töös kirjeldatud *TO-BE* ettepanekud on suunatud nende kõrvalekallete tekkepõhjuste vähendamisele.

KOKKUVÕTE

Käesolev lõputöö käsitleb intralogistika sisendfaasi tööprotsesside ühtlustamist ja tarneahela tõhususe parandamist konfidentsiaalsuse tõttu anonüümitud ettevõtte X näitel. Töö lähtub probleemist, et protseduuride ja dokumentide olemasolu üksi ei taga veel nende ühtlast rakendumist ega piisavat nähtavust igapäevaseks juhtimiseks ja auditeerimiseks. Seetõttu keskendub uurimus sisend- ja liideseptsessidele, mis mõjutavad otseselt varude nähtavust ja tootmise etteande stabiilsust: materjalide vastuvõtt ja partiihaldus, sisendi liikumine tootmisse, VO üleminekutsoon kui tootmise ja lao kriitiline liides, ERP/WMS kanded koos skannimise loogikaga ning pakkematerjalide ja erikomponentide kättesaadavus kui seisakuriskide allikas. Uurimistöö eesmärk on parandada sisendfaasi juhtitavust ja vähendada läbimisaja varieeruvust, viivis- ja duplikaatkandeid, topeltkäsitlemist ning liiniseisakute riski, sõnastades AS-IS olukorra põhjal TO-BE sihtseisundi nõuded ja parendusettepanekud. Töö on struktureeritud uurimisküsimuste ümber:

1. millised intralogistika protsessid on ühtlustamata
2. millised lülid on tarneahela tõhususe seisukohalt kriitilisemad
3. kui hästi tööjuhised kattuvad tegeliku praktikaga ning kuidas infoliikumine mõjutab protsesside efektiivsust
4. Kuidas mõjutab infoliikumine (nt ERP kanded, laooperatsioonide sisestamine, töökorralduse jagamine) intralogistika protsesside efektiivsust?

Uurimisobjektiks on rahvusvahelisse X kontserni kuuluv plastkomponentide tootja X OÜ, kelle tootmis- ja järelprotsesside kompleksus ning kontserni kvaliteedi ja teenindusootused suurendavad sisemiste materjali ja infovoogude juhtimise tähtsust. Eesti üksuse kontekstis on olulised viimaste aastate organisatsioonilised muutused ning praktikate ühtlustamise vajadus, mis loob soodsa võimaluse töökorralduse, rollijaotuse ja andmekäsitluse standardiseerimiseks. Töö käsitleb sisendahela tervikut loogikas "sisend – tootmise etteandmine – valmisladu – väljastus", tuues esile tüüpilisi kõrvalekaldeid (nt topeltkäsitlemine, märgistuse ja kannete ebaühtlus, komplekteerimise ebatäpsused) ning seostades need juurpõhjustega, mis tekivad standardi, rollivastutuse või infosüsteemi kasutusloogika ebapiisavast kooskõlast.

Teoreetiline osa loob raamistiku, milles intralogistikat käsitletakse tehase sisemise logistikana, kus materjali ja info liikumine peab moodustama ühtse, juhitava ja auditeeritava süsteemi. Kesksete mõistetena rõhutatakse standardiseeritud tööd, rollipõhiseid kontrollpunkte, jälgitavust ning ERP/WMS andmekvaliteeti. Läbivaks lähtekohaks on see, et sisendfaasi stabiilsus ja tarneahela tõhusus sõltuvad lisaks

füüsilisele materjalivoolule ka sellest, kas protsessis tekib õigeaegselt üheselt mõistetav digitaalne jälg nagu kanded, staatused, skannid, mis võimaldab varude nähtavust, prognoositavat etteannet ja väiksemat kõrvalekallete käsitusmahtu.

Empiiriline osa tugineb kvalitatiivsele juhtumiuuringule, mille sihiks on kirjeldada ja mõtestada intralogistika sisendfaasi mõju tootmise etteandele X OÜ-s. Andmete kogumine on üles ehitatud triangulatsioonina: osalusvaatlus, süvaintervjuud ning dokumendianalüüs. Osalusvaatluse roll on teha nähtavaks töö tegelik kulgemine, rollijaotus ja praktikad, mis võivad ametlikest tööjuhustest erineda. Intervjuud aitavad mõista otsuste põhjendusi, tajutud riske ja lahenduste teostatavust, dokumendianalüüs annab normatiivse võrdlusbaasi (rollid, kontrollpunktid, kohustuslikud andmeväljad ja staatused), mille suhtes saab hinnata, kas kõrvalekalded tulenevad standardi puudumisest, ebaselgest sõnastusest või ebaühtlasest rakendamisest. Andmete analüüsimisel kirjeldatakse tööloogikat, mille abil kogutud materjal vormiti AS-IS protsessikirjeldusteks ning nende põhjal sõnastati TO-BE nõuded. AS-IS koostati eeskätt osalusvaatluse põhjal ning valideeriti dokumentide ja intervjuude võrdlusega, kus osalesid tootmisjuht ja tootmise planeerija. AS-IS/TO-BE lähenemist kasutatakse selleks, et siduda päriselt ettevõttes toimuv sellega nagu peaks toimuma ühte terviklikku analüüsiraamistikku, kus parendusettepanekud on seostatavad nii kontrollimehhanismide kui ka tulemusnäitajatega.

AS-IS protsessikirjelduste põhjal ilmneb, et sisendfaasi suurimaks väljakutseks on standardi ebaühtlane rakendumine ja sellest tulenev varieeruvus nii tööjärjestuses kui ka infosüsteemi kannetes. Esiteks, tõuseb esile vastuvõtu ja laohalduse lüli, sest protsessi sujuvus ja sisendi jälgitavus sõltuvad sellest, kas kohustuslikud kontrollid (*nt* dokument, kogus, märgistus) ja kannete tegemise loogika on ajastatud ühtselt ning seotud konkreetse rollivastutusega. Kui kanded viibivad või kontrollpunktid ei ole üheselt määratletud, tekivad lisakäsitus, otsingud ja parandusvood, mis omakorda kasvatavad läbimisaja kõikumist. Teiseks, ilmneb varude täpsuse tagamise probleem, kus süsteemi ja füüsilise laoseisu lahknevused toovad kaasa kordusloendusi ja korrektsioone, kuid püsiv täpsus ei parane, kui lahknevuste põhjused ei ole ühtselt tuvastatavad ja kontrollitavad. Kolmandaks, riskikriitiline lüli on punkriprotsess, kus vale punker või vale materjal võib põhjustada seadistusvea, praagi ja liiniseisaku. Isegi harva esinevate juhtumite korral on mõju nii suur, et veakindluse tase määrab protsessi stabiilsuse. Neljandaks, probleemialaks on pakkematerjalide ja erikomponentide kättesaadavus; puudus või ebatäpne nähtavus võib peatada töö ka siis, kui põhimaterjal on olemas ja liin tehniliselt valmis, sidudes sisendfaasi juhtimise otseselt tarnekindluse ja liiniseisakute riskiga.

Tööjuhiste ja tegeliku praktika võrdlus näitab, et juhendid kirjeldavad üldjoontes see kuidas peab, kuid ei kata alati erandolukordi ega ajasurve tingimusi ning ei täpsusta piisavalt, millal ja kelle poolt peavad toimuma konkreetsed kinnitused *ERP/WMS*-is. Sellises olukorras kandub osa protsessiloogikast kogemuspõhiseks vaikeseadmuseks, mis teeb tulemuse sõltuvaks täitjast ning suurendab varieeruvust vahetuste ja koormustippude lõikes. Seetõttu käsitletakse infoliikumist sisendfaasis juhtimise eeltingimusena: kannete õigsus ja ajakohasus, rollipõhised kinnitused ning üheselt mõistetavad kontrollpunktid loovad varude nähtavuse ning vähendavad läbiaja kõikumist, samas kui hilinenud või ebatäpsed kanded kasvatavad lisakäsitluse, ümberloenduste ja parandusvoogude mahtu ning suurendavad tootmise etteande ebastabiilsust.

TO-BE sihtseisundi ettepanekud on üles ehitatud põhimõttele, et standardiseerimine peab olema rollipõhine, auditeeritav ja infosüsteemi loogikaga toetatud. Vastuvõtu ja laohalduse parendamiseks tehakse ettepanek kehtestada ühtne *SOP*, mis määratleb kohustuslikud kontrollpunktid ja kannete järjestuse *ERP/WMS*-is ning seob need rollivastutustega. Sama standardi osaks tuuakse erandite käsitlus, et kõrvalekalle oleks üheselt tuvastatav ja lahendatav, mitte olukorrast või täitjast sõltuv. Varude täpsuse parandamiseks soovitatakse liikuda kampaanialikult suure igaastase inventuuri loogikalt püsivale riskipõhisele tsükli loendusele, mis vähendab lahknevuste kuhjumist ning toetab nende põhjuspõhist käsitlemist. Punktiprotsessi puhul on keskne veakindluse tõstmine kontrollmehhanismidega, mis ennetavad vale kombinatsiooni enne tootmisse kandumist ning jätavad auditeeritava jälje (mida, kuhu, millal ja kelle poolt). Pakkematerjalide ja erikomponentide tagamiseks soovitatakse luua selge täiendamisloogika (*nt min-max* või "*supermarket*" tüüpi lahendus) ning siduda see tootmise etteande eeldustega, et vältida seiskumist mitte põhimaterjalide tõttu. Rakendamise vaates rõhutatakse, et standardi püsimiseks on vaja mõõdikuid ja kontrollrütmi (*nt* varude täpsus, sisendi läbimisaeg, parandus- ja duplikaatkannete hulk, vale etteande juhtumid) ning regulaarset auditeerimist ja koolitust, mis hoiavad praktika kooskõlas kirjeldatud töökorraldusega.

Töö järeldused seovad uurimisküsimused empiiriliste tulemustega. Standardiseerimata või ebaühtlaselt rakenduvad eeskätt vastuvõtu ja laohalduse sammud, varude täpsuse tagamise loogika ning tootmise liideses paiknevad etteande- ja tagamisprotsessid. Tarneahela tõhususe seisukohalt kriitilisemad on lülid, kus kõrvalekalle kandub kiiresti tootmise etteandesse. Tööjuhiste ja praktika lahknevus avaldub eelkõige erandite ja kinnituste ajastuse ebaselguses. Infoliikumise kvaliteet määrab sisendfaasi juhtitavuse. Kokkuvõttes lõputöö näitab, et sisendfaasi parem juhitavus ja jälgitavus sõltuvad rollipõhisest standardiseerimisest, süsteemsetest kontrollpunktidest, *ERP/WMS* andmekvaliteedist ning kavandatud *TO-BE* ettepanekud loovad eeldused stabiilsemaks etteandeks ja väiksemaks kõrvalekallete ning lisakäsitluse mahuks.

SUMMARY

This thesis focuses on improving supply chain efficiency through the standardisation of internal logistics (intralogistics) work processes in an anonymised plastics manufacturing company (Company X) operating in Estonia as part of an international industrial group. The topic is relevant because the company's global operating model and customer expectations set high requirements for delivery reliability and quality performance, which in turn depend on how consistently internal material and information flows are managed. In the Estonian unit where injection moulding is complemented by post-processing activities such as assembly, bonding, marking/printing and other finishing operations stable intralogistics is critical for ensuring that production is fed on time, inventories remain accurate and finished subcomponents can be delivered according to customer schedules. Recent organisational changes and the blending of practices have further highlighted the need to unify work instructions, roles and data handling so that processes are not only documented, but also consistently executed and auditable in daily operations.

The problem addressed in this thesis is that internal work processes are not clearly differentiated and do not support a sufficiently efficient working environment due to inconsistent implementation of procedures and uneven information handling. In practice, this leads to recurring deviations such as double handling, inconsistent labelling, system entries, inventory discrepancies and picking/handling inaccuracies. These deviations increase corrective work, create uncertainty in inventory visibility and can propagate quickly to production feeding causing instability, scrap risk or line stoppages. The aim of the thesis is to analyse Company X's work processes from an intralogistics and supply chain perspective and also assess to what extent process standardisation and the restructuring of inbound processes can improve delivery reliability and quality outcomes while increasing overall supply chain efficiency. The analysis is guided by four research questions: which intralogistics processes are not standardised or applied inconsistently, which intralogistics processes are most critical for supply chain efficiency, how well existing work instructions match real intralogistics practice and how information flow affects process efficiency, especially *ERP/WMS* entries, warehouse transaction input and communication of work orders.

The scope of the thesis follows the internal chain logic "inbound → production feeding → finished goods warehouse → outbound" with primary focus on the inbound phase and the interfaces that directly influence inventory visibility and the stability of production feeding. Key areas include goods receiving and batch/lot handling, the movement of inbound materials into production, the *VO* transition zone as a critical interface between warehouse and production, *ERP/WMS* confirmations supported by scanning logic and the availability

of packaging materials and special components as potential drivers of production stoppages. The thesis applies an *AS-IS / TO-BE* approach to connect the current way of working with the desired target state ensuring that improvement proposals are linked to both operational controls and performance outcomes.

Methodologically, the research uses a case study design enabling a detailed assessment of a single organisation's real processes, identification of inefficiencies and development of practical, company-specific improvement proposals. The study is built on triangulation: participant observation was used to capture how work is actually performed under daily conditions (including role distribution, task sequencing and deviations from written procedures). Semi-structured interviews with key stakeholders (warehouse, planning, logistics coordination and production management) were conducted to clarify decision logic, perceived risks and the feasibility of proposed changes. Document analysis was carried out to compare existing work instructions and required system fields/statuses against real practice. In addition, quantitative operational indicators and system data were considered (e.g., *ERP/WMS* records and performance metrics such as *OTIF*, inventory accuracy, picking accuracy and lead time) to link process behaviour to measurable outcomes. Process maps were created for the *AS-IS* and *TO-BE* states using *yEd* and *AI* support was applied in the preparation and coding of diagrams.

The *AS-IS* analysis demonstrates that the main challenge in the inbound phase is the inconsistent application of standards, which creates variability in both physical work execution and *ERP/WMS* transaction timing. Receiving and warehouse handling emerge as a critical link: when mandatory checkpoints (document verification, quantity control, labelling and confirmation steps) are not executed in a uniform sequence or are not tied to clear role responsibility, system entries may be delayed or incomplete. This generates additional searching, correction flows and repeated handling increasing lead-time variability and reducing the predictability of downstream production feeding. Inventory accuracy issues are also significant: mismatches between system stock and physical stock lead to recounts and adjustments, but stable improvement is limited if discrepancy causes are not systematically identified and managed through consistent transaction logic and traceable corrections. A high-impact risk is located at the production feeding interface (hopper/bin feeding) where an incorrect material or wrong destination can cause setup errors, scrap and line stoppages; even rare incidents have major consequences meaning process stability depends on strong error-proofing and traceability at this interface. Finally, packaging materials and special components are shown to be a frequent source of disruption: insufficient visibility or unclear replenishment rules can halt production even when main materials are available directly affecting delivery reliability.

The comparison of work instructions with actual practice shows that written guidance generally describes the intended process, but often lacks sufficient detail regarding exception handling, time-pressure conditions and the exact timing and ownership of *ERP/WMS* confirmations. As a result, parts of the process rely on experience-based "silent knowledge," which increases variation between shifts and during workload peaks. The thesis therefore treats information flow as a prerequisite for operational control: accurate and timely system confirmations create inventory visibility and enable predictable feeding, whereas delayed or inaccurate entries increase corrective work, recounts and instability across the internal supply chain.

Based on the identified gaps, the *TO-BE* target state and proposals follow the principle that standardisation must be role-based, auditable and supported by *ERP/WMS* logic. The thesis proposes a unified *SOP* for receiving and warehouse handling that defines mandatory checkpoints and the required sequence of system confirmations, explicitly linked to role responsibilities and includes structured exception handling so that deviations are resolved consistently rather than *ad hoc*. To improve inventory accuracy, a shift is recommended from a primarily annual inventory campaign toward continuous, risk-based cycle counting, which reduces the accumulation of discrepancies and supports root-cause management through traceable corrections. For hopper/bin feeding the thesis emphasises raising error-proofing through control mechanisms and scanning-based confirmations that prevent incorrect combinations before material enters production and create an auditable record (what was fed, where, when, and by whom). To reduce stoppage risk from auxiliary items packaging materials and special components should be managed through clear replenishment logic (e.g., *min-max* levels or a "*supermarket*" approach) tied to production feeding prerequisites. Finally, sustainable implementation requires governance: defined *KPIs*, a regular audit rhythm and training to keep practice aligned with standards, monitoring of indicators such as inbound lead time and variability, inventory accuracy, correction/duplicate entries feeding error incidents and stoppage drivers.

In conclusion, the thesis shows that improved manageability and traceability in the inbound phase depend not only on having documentation, but on consistent, role-based execution supported by systematic checkpoints and high-quality *ERP/WMS* data. The most critical weaknesses are found where deviations rapidly propagate to production feeding and delivery performance, particularly in receiving confirmations, inventory accuracy control, the *VO*/feeding interface and the availability of packaging/special components. The proposed *TO-BE* measures are expected to reduce lead-time variability, minimise double handling and rework, decrease correction and duplicate transactions, improve inventory visibility and traceability and lower the likelihood of high-impact feeding errors and line stoppages. By strengthening standardised work and information discipline, Company X can

build a more predictable internal supply chain supporting better delivery reliability, stable quality outcomes and higher customer satisfaction.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] K. Gryczycha, M. Pannok, ja S. Lier, „Development of a Reference Process Model for the Modularization of Production- Related Logistics in the Chemical Industry”, *Chem. Eng. Technol.*, kd 47, lk 243–252, okt 2023, doi: 10.1002/ceat.202300334.
- [2] „Sõnaveeb”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://sonaveeb.ee/>
- [3] „Laohaldustarkvara kasutuselevõtmine ja juurutamine võivad kliendile olla ressursimahukad protsessid - Logistika Pluss”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.logistikapluss.ee/news/laohaldustarkvara-kasutuselevotmine/>
- [4] „Mis on ERP?”, Erpcon. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.erpcon.ee/kasulikku/mis-on-erp>
- [5] „Serial Shipping Container Code (SSCC) | GS1”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: https://www.gs1.org/standards/id-keys/sscc?utm_source=chatgpt.com
- [6] „GS1 Eesti logistikaetikett SSCC GS1-128 - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=GS1+Eesti+logistikaetikett+SSCC+GS1-128>
- [7] ERPLY, „fifo-method-first-in-first-out”. [Online]. Available at: https://wiki.erply.com/et/article/448-fifo-method-first-in-first-out?utm_
- [8] „Riigi Teataja raamatupidamise seadus inventuur - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: https://www.google.com/search?q=Riigi+Teataja+raamatupidamise+seadus+inventuur&zx=1766927169986&no_sw_cr=1
- [9] „inventuur varude arvestus juhend eesti - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=inventuur+varude+arvestus+juhend+eesti>
- [10] „digikogu.taltech.ee RFID vastuvõtuprotsess parendamine - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=digikogu.taltech.ee+RFID+vastuv%C3%B5tuprotsess+parendamine>
- [11] „digikogu.taltech.ee RFID logistika lõputöö - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=digikogu.taltech.ee+RFID+logistika+l%C3%B5put%C3%B6%C3%B6>
- [12] „yEd manual pdf - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=yEd+manual+pdf>
- [13] „andmekvaliteet ERP WMS laohaldus eesti - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=andmekvaliteet+ERP+WMS+laohaldus+eesti>
- [14] A. Davies, S. Lal, F. Perez, ja S. Potdar, „Defining ‘on-time, in-full’ in the consumer sector”, 2019.
- [15] „5S visuaalne juhtimine eesti - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=5S+visuaalne+juhtimine+eesti>
- [16] „site:lean.org standardized work - Поиск в Google”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=site%3Alean.org+standardized+work>
- [17] Taltech, „kvaliteedi juhtimine”. [Online]. Available at: https://taltech.ee/ulikool/kvaliteedijuhtimine?utm_
- [18] „Lehekülge ei leitud - EVS standard evs.ee | et”. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.evs.ee/et/vke/iso-90012015-v%C3%A4ikeettev%C3%B5ttes>

- [19] A. Arula, „Tootmisprotsesside optimeerimine Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveskis“, Tartu Ülikooli Pärnu kolledž, 2015. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <http://hdl.handle.net/10062/49243>
- [20] L. Liivrand, „Tarneahela läbimisaja optimeerimise võimalused ning seos materjalide varude hoidmise tasemele PKC Grupi näitel“.
- [21] „Group executive management | KB Components“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.kbcomponents.com/investor-relations/corporate-governance/group-executive-management/>
- [22] KB COMPONENTS OÜ, „LOGISTICS AND INDUSTRIALIZATION“. [Online]. Available at: <https://www.kbcomponents.com/engineering-manufacturing/logistics-industrialization/>
- [23] „Business areas | KB Components“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.kbcomponents.com/business-areas/>
- [24] „SYSTEM & CONCEPT DEVELOPMENT | KB Components“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.kbcomponents.com/engineering-manufacturing/system-concept-development/>
- [25] „MATERIAL EXPERTISE | KB Components“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.kbcomponents.com/engineering-manufacturing/material-expertise/>
- [26] „☐ KB COMPONENTS ESTONIA OÜ (11063274) - Overview @ Inforegister.ee“, Inforegister. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.inforegister.ee/en/11063274-KB-COMPONENTS-ESTONIA-OU/>
- [27] „Sotsiaalse Analüüsi Meetodite ja Metodoloogia õpibaas“. Vaadatud: 6. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://samm.ut.ee/>
- [28] „triangulatsioon kvalitatiivne uurimus eesti - Поиск в Google“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=triangulatsioon+kvalitatiivne+uurimus+eesti>
- [29] „dokumendianalüüs metoodika eesti - Поиск в Google“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=dokumendianal%C3%BC%C3%BCs+metoodika+eesti>
- [30] „osalusvaatlus metoodika õppematerjal eesti - Поиск в Google“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=osalusvaatlus+metoodika+%C3%B5ppematerjal+eesti>
- [31] „Tartu Ülikool kvalitatiivne intervjuu juhend - Поиск в Google“. Vaadatud: 28. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.google.com/search?q=Tartu+%C3%9Clikool+kvalitatiivne+intervjuu+juhend>