

Helina Härginen

**ETTEVÕTTE X TOOTMISE
PLANEERIMISE PROTSESSI ANALÜÜS
JA SAAVUTATAVAD PARENDUSED**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut

Tootmine ja tootmiskorraldus

Juhendaja: Ruslan Raid

Tallinn 2024

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Helina Härginen

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

Ettevõtte X tootmise planeerimise protsessi analüüs ja saavutatavad parendused

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu.

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, Helina Härginen

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)

Juhendaja Ruslan Raid

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1 TOOTMISE PLANEERIMISE PÕHIMÕTTED	7
1.1 Operatiivplaneerimine	7
1.2 Agregaatplaneerimine	8
1.3 Tootmise korraldamine	8
1.4 Arvutipõhised planeerimissüsteemid	9
1.4.1 MRP, MRP II ja ettevõtte ressursside planeerimine	9
1.4.2 Digitaliseerimine	12
2 UURIMISSTRATEEGIA JA -MEETODID	13
2.1 Protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüsi meetod	13
3 ETTEVÕTTE X TOOTMISE PLANEERIMISPROTSESSI VAATLUS	15
3.1 Ettevõtte X põhiprotsessid	15
3.2 Ettevõttes kasutatav tootmistarkvara	16
3.2.1 Excel kui tootmistarkvara	16
3.2.2 Lao- ja tootmisarvestus tarkvara	16
3.3 Ettevõtte X planeerimisprotsess	17
3.4 Tootmise protsess	21
3.5 Tootmise tähtsamad tulemusnäitajad	22
3.5.1 Tootmise efektiivsus	22
3.5.2 Inventuurid ettevõttes X	23
3.5.3 Tellimuste täitmise efektiivsus	24
4 PLANEERIMISPROTSESSI ANALÜÜS	25
4.1 Ettevõtte X tootmise planeerimise analüüs	29
4.2 Vajalikud ERP funktsioonid	31
4.3 Parendusettepanekud	32
4.4 Edasised tegevused	33
KOKKUVÕTE	34
Summary	36
VIIDATUD ALLIKAD	38
Lisa 1. Tellimuse sisestamise tööleht BOM-is	40
Lisa 2. Laoseisu ja tellimuste vajaduse koondtabel	41
Lisa 3. Uste pressimise ja naelutuse plaan	42
Lisa 4. Tootmise protsess	43
Lisa 5. Laadimiste eesmärgi täitmine kuude kaupa 2019-2023	44
Lisa 6. PFMEA analüüs	45

LÜHENDID JA MÕISTED

- AI – *artificial intelligence* (tehisintellekt)
- BC – *blockchain* (ploki ahel)
- BOM – *bill of materials* (tükileht)
- ERP – *enterprise resource planning* (ettevõtte ressursside planeerimine)
- FMEA – *failure mode effect analyse* (tõrgete liigi ja mõju analüüs)
- IoT – *internet of things* (asjade internet)
- ML – *machine learning* (masinõpe)
- MRP – *material recourse planning* (materjalivajaduse planeerimine)
- MRP II – *material recourse planning II* (tootmisressursside planeerimine)
- PFMEA – *process failure mode effect analyse* (protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüs)
- RPA – *robotic process automation* (robotiseeritud protsessi automatiseerimine)
- RFID – *radio frequency identification* (raadiosagedustuvastus)
- TPM – *total productive maintenance* (seadmete tulemuslik hooldussüsteem)
- WS – *Woodware Systems* (ettevõttes X kasutusel olev tootmis- ja laohaldustarkvara)

SISSEJUHATUS

Tänapäeva ettevõtete digitaalne areng on kiire ning paljud ettevõtted soovivad esialgu valitud tarkvara vahetada kaasaegsema ja rohkemate võimalustega lahenduste vastu. Uue tarkvara vajadus võib tekkida juhul, kui varasem teenusepakkuja lahkub turult ning on ka käesoleva uurimistöö raames käsitletava ettevõtte olukord. Paljud vanemad tarkvarad ei võimalda erilahenduste integreerimist, sundides seeläbi arenevaid ettevõtteid otsima paremini sobivaid tarkvaralahendusi. [1]

Ettevõtte X on soetanud tootmis- ja laohaldustarkvara *start-up* ettevõttelt, kes on tänaseks lõpetanud oma tegevuse. Tekkinud on olukord, kus tootmise ja ettevõtte juhtimiseks on kasutusel *Excel*'is loodud tabelid ja dokumendid. Viimastel aastatel on ettevõttes juurutatud ka mitmeid uusi tooteid, mistõttu on kasvanud pooltoodete ja materjalide arv. See seab väljakutsed tootmisele eelnevale planeerimisele, mis võib hetkel olemasoleva lahenduse korral osutada ettevõtte eesmärkidele mittesobivaks. Seoses nimetatud väljakutsetega on lõputöö eesmärk kaardistada ettevõtte X planeerimise protsess, et leida seal esinevad kitsaskohad ning parendamise võimalused efektiivsemaks tootmise juhtimiseks. Juhtkonna poolt antud ülesanne on kaardistada hetkeolukord, mille analüüsi käigus tuvastada koheselt rakendatavad tegevused ning selgitada välja nõuded tootmisjuhtimise tarkvara valimiseks.

Planeerimisprotsessi kaardistamine on vajalik ettevõtte protsesside tarkvara pakkujatele, et leida ettevõtte X vajadustele sobivaim lahendus. Oluline on kindlaks teha, milliseid võimalusi uus tootmisjuhtimise tarkvara peaks pakkuma, et lahendada praeguseid probleeme ning tooks reaalselt kasu ettevõttele. Autor toob töös välja ettevõtte X planeerimisprotsessi vajadused, et lihtsustada ettevõtte juhtidel teha valikut erinevate tarkvara teenuse pakkujate vahel.

Lõputöö autor on seadnud eesmärgiks:

- kaardistada ettevõtte X tootmise planeerimisega seotud protsessid;
- leida protsesside kitsaskohad ning hinnata nende mõju suurus;
- leida ettevõtte X planeerimisprotsessi jaoks vajalikud funktsioonid, millele tarkvara peab vastama;
- koostada parendusettepanekud kitsaskohtadele.

Lõputöö on koostatud neljas osas. Esimeses peatükis tutvustatakse tootmise planeerimise põhimõtteid ning antakse lühike ülevaade arvutipõhistest planeerimissüsteemidest. Teoreetilises osas tuuakse välja ettevõtte planeerimisprotsessi olulisemad eesmärgid ning tutvustatakse kaasaegseid planeerimise meetodeid. Töö teises osas on esitatud analüüsi- ja uurimismeetodid, mis tutvustavad kasutatud tehnikaid lõputöö eesmärkide

saavutamiseks. Kolmandas peatükis tutvustatakse ettevõtte hetkeolukorda ja tootmise planeerimise protsessi. Tuuakse välja olulisemad efektiivsuse näitajad, mida on võimalik kasutada ettevõtte tulemuslikkuse hindamiseks. Tootmise planeerimise protsessi kirjeldus võimaldab tuvastada seal esinevad kitsaskohad, mis on lõputöö peamine eesmärk. Neljandas osas koostatakse planeerimisprotsessi analüüs, kirjeldatakse uurimistulemusi ning antakse võimalikud lahendused probleemidele. Planeerimisprotsessi analüüsi käigus on võimalik tuvastada olulisemad tõrked, mille lahendamine annab suurimat kasu. Töö lõpus koostab autor soovitusel edasisteks tegevusteks, mis võimaldavad ettevõtte X juhtide seatud eesmärgi saavutada.

1 TOOTMISE PLANEERIMISE PÕHIMÕTTED

Tootmise planeerimise eesmärk on toota võimalikult lühikese tootmisajaga kvaliteetsed tooted. Tootmine peab toimuma minimaalsete ressurssidega, kliendi soovitud tähtjaks vastavalt kliendi nõudlusele. [2]

Planeerimine on eesmärgipärane tegevus, mis on seotud eelkõige tulevikuga, tegeledes protsesside organiseerimise ja ajalise juhtimisega [2], [3]. Planeerimine on ettevalmistus eesmärgi täitmiseks ning jaguneb erinevateks faasideks [2]:

- eesmärgi püstitamine;
- probleemi analüüs;
- alternatiivide leidmine;
- alternatiivide hindamine.

Tootmisettevõtetes kasutatakse agregeeritud planeerimist, kus plaan on jaotatud osaplaanideks sisuliselt, ajaliselt ning tootegruppide järgi [2]:

- Sisuline jaotamine tähendab planeerimist ettevõtte erinevate funktsionaalsete osakondade kaupa. Enamasti on nendeks müük, hankimine, tootmine ja finantsosakond.
- Ajalise planeerimise korral tehakse plaanid pikaajalise ja lühema perioodi jaoks. Strateegiline plaan tehakse üheks või enamaks aastaks, kus planeeritakse tegevused ühes kuus või kvartalis. Taktikaline plaan luuakse kuu või kvartali kohta, kus planeeritud ajaperiood on nädal või päev. Operatiivne plaan on lühiajaline plaan nädala kohta, kus planeeritakse ära iga tund, vahetus või päev.
- Tootegruppide järgi planeeritakse korraga sarnased tooteperekonnad või grupid.

Tootmise planeerimise käigus kavandatakse ettevõtte ressursside kasutus ning nõudlusest tulenev tooteportfelli kasutus, vajalikud tootmisressursid, nagu tööjõud, masinad ja materjalid. Eesmärk on valida tootmispartii optimaalne suurus ning määrata nende tootmise ajaline järjekord. Muuhulgas sisaldab tootmise planeerimine järjepidevat tootmise kontrolli ja korraldamist. [2]

1.1 Operatiivplaneerimine

Operatiivplaneerimine on protsess, mis hõlmab seoste nägemist tehnoloogiliste operatsioonide vahel [4]. Operatiivplaneerimisega kaasneb ajaplaanide koostamine, millega määratakse millised operatsioonid, millistel seadmetel ja millises järjekorras tehakse, et tooted saaks valmis soovitud ajaks. Analüütilised meetodid on tootmise ajaplaanide koostamisel väga töömahukad ning seetõttu eelistatakse heuristilisi

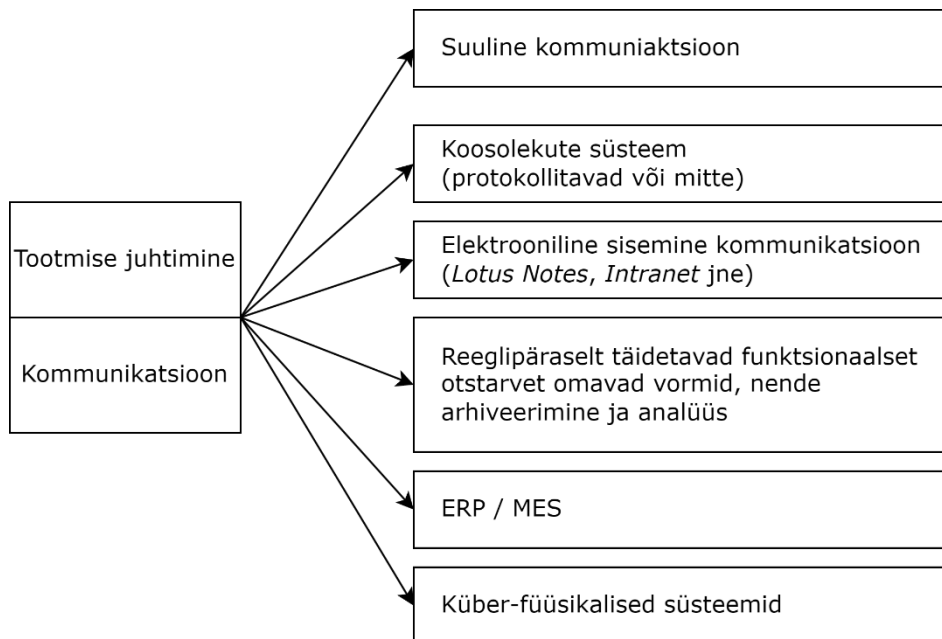
meetodeid. Operatiivplaani ajaplaanide koostamise lihtsustamiseks luuakse esmalt komponentide tootmise järjekord ja seejärel luuakse ajaline plaan. [5]

1.2 Agregaatplaneerimine

Agregaatplaneerimine on tootmise planeerimise meetod, kus tootmisprotsessi vaadeldakse kokkuvõtlikult. See on oluline, et ühendada ressursside planeerimine ning tootmise operatiivplaneerimine omavahel ning annab tootmisjuhtidele ülevaate sellest, mida toota ja millises koguses kolme kuni 18 kuu pärast. Agregeeritud planeerimine ei täpsusta üksikasju ega tee operatiivjuhtimise otsuseid, vaid arvestab pigem üldist tootmisvajadust ja -mahtu. [2], [5]

1.3 Tootmise korraldamine

Ettevõtete eesmärk on tõrgeteta tootmise tagamine, mistõttu on oluline tootmist korraldada parimal võimalikul viisil. Tootmise planeerimisel kasutatakse seetõttu matemaatilisi arvutusi, tuginetakse intuitsioonile ja mitmetele planeerimissüsteemidele. [6] Tootmise planeerimine seisneb erinevate tootmisfaktorite kombineerimises ning nende ajalises koordineerimises ja juhtimises. Tootmise korraldamisel on oluline meeskonnatöö, info liikumise kvaliteet ja süsteemsus, milleks kasutatakse erinevaid kommunikatsioonivõimalusi, et lihtsustada igapäevast tööd paljudes erinevates üksustes. (Joonis 1). [2]



Joonis 1. Kommunikatsioonivõimalused ettevõttes [6]

Tootmise eesmärged on võimalik paremini saavutada, kui tootmise planeerimine on täpne ja detailne. Efektiivselt korraldatud tootmise aluseks on hästi toimiv ettevõttesisene suhtlus ja infovahetus. Erinevad kommunikatsioonivõimalused on suuline infovahetus, koosolekute süsteemid, sisemine infovahetus elektrooniliselt, erinevad funktsionaalset otstarvet omavad täidetavad vormid, arvutipõhised ning küber-füüsikalised süsteemid. [6]

Ettevõtted kasutavad kõiki eelnimetatud suhtlemise võimalusi vastavalt ettevõtte vajadustele. Siiski erinevad eelnimetatud meetodid infovahetuse kiiruse ja täpsuse poolest. Seda, kui efektiivselt töötavad erinevad tootmise etapid, on võimalik mõõta erinevate mõõdetavate tulemuste abil. Tulemuste hindamine annab võimaluse võrrelda, kas planeeritu vastab tegelikkusele, ning otsustada, millised parendustegevused on vajalikud sujuvama tootmise kindlustamiseks. [6]

1.4 Arvutipõhised planeerimissüsteemid

Kaasaegselt ning efektiivselt kommunikatsioonivorm on äriettevõtetes juurutatud arvutipõhine süsteem, mis võimaldab kõrgeima täpsusega vahetada infot reaajas. Arvutipõhised planeerimissüsteemid, nagu materjalivajaduse planeerimine, materjalide ja tootmisressursside planeerimine ning ettevõtte ressursside planeerimine, on tavaliselt loodud kindlale tootmisolukorrale, mistõttu on tänapäeva tootmissettevõtetes väga erinev infotehnoloogiline tase. Peamine põhjus, miks paljud ettevõtted püüavad hakkama saada teiste kommunikatsioonivormidega, on võimalus, et investering ei tasu ära ning uute süsteemide kasutuselevõtt on ajamahukas ning keeruline. Samas teatakse, et *Excel*´il põhineval planeerimisel tehakse muudatused käsitsi ja suure töömahu tõttu on võimalus teha rohkem vigu. [2]

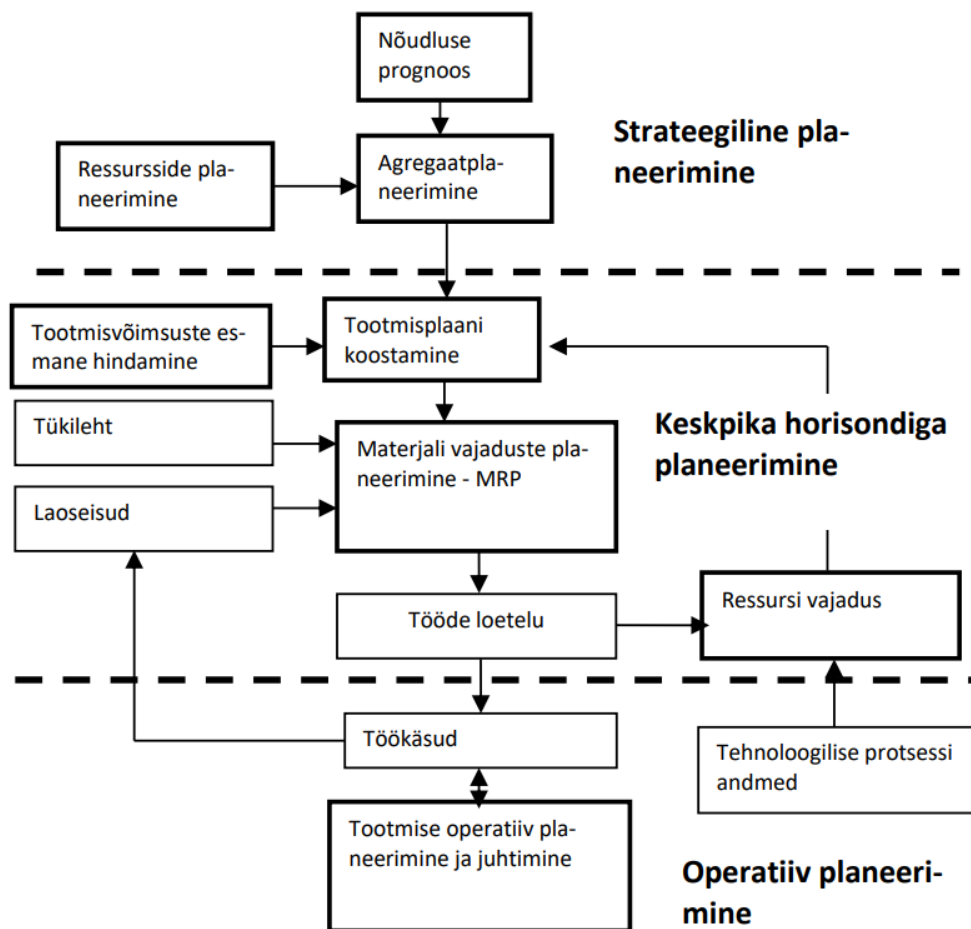
Tänapäeval on arvutipõhist tootmise planeerimist ja analüüsi vajalik kasutada väikestel ja keskmise suurusega ettevõtetel, kes tegelevad tellimustootmisega, tootmisprotsessid on mahukad ja paljude operatsioonidega, kus jagatakse samu ressursse erinevates tootmise etappides ning kui tootmiskeskonnast tulenevalt on vajadus kiirelt muudatustele reageerida. [2] Järgnevalt on kirjeldatud ettevõtte ressursside planeerimiseks põhilisi süsteeme, mis on kaasaegsete äriprotsesside planeerimise tarkvara eelduseks.

1.4.1 MRP, MRP II ja ettevõtte ressursside planeerimine

Materjalivajaduse planeerimine (MRP) on põhiliselt materjalivoogude planeerimine, mis on seotud tellimuse täitmisega. Tootmisressursside planeerimine (MRP II) on materjalivajaduse planeerimise edasiarendus, kuhu on lisandunud finantsjuhtimine, tootmisvõimsuste ja ressursside arvestamine ning planeerimine. Tootmise juhtimise ja

planeerimissüsteemide areng algas 1960. aastatel, mil juba paljud ettevõtted kasutasid tootmise planeerimiseks arvuteid. [5]

MRP süsteemid lähtuvad üldisest tootmisplaanist ja toote tükilehelt esitatud toote struktuurist. Toote tükileht (BOM) on materjalide nimekiri, mis sisaldab toote koostist, komponente ja nende valmistamise järjekorda. Sellisel meetodil on võimalik juhtida materjalivooge, kuid mitte planeerida tootmist ennast. MRP II süsteemid võimaldavad lisaks planeerida tootmisvõimsusi, prognoosida nõudlust ning juhtida tootmist operatiivselt (Joonis 2). Siiski moodustavad nii MRP kui ka MRP II tänapäevase ettevõtte ressursside planeerimise süsteemi alamsüsteemid. [5], [7]



Joonis 2. MRP II-süsteemide ülesehitus [5]

Ettevõtte ressursside planeerimine (ERP) on tarkvarasüsteem, mis aitab organisatsioonidel automatiseerida ja hallata põhilisi äriprotsesse optimaalse tulemuslikkuse saavutamiseks. ERP-tarkvara koordineerib ettevõtte äriprotsesside vahelist andmevoolu, pakkudes ühtset infoallikat ja ühtlustades tegevust kogu ettevõttes. See on võimeline ühendama finants-, tarneahela-, tegevus-, kaubandus-, aruandlus-, tootmis- ja personalitegevused ühel platvormil. [8]

Enamikel ettevõtetel on olemas finants- ja operatsioonisüsteem, kuid eraldiseisvad süsteemid ei suuda minna kaugemale igapäevastest äriprotsessidest ega aidata kaasa ettevõtte tulevasele kasvule. Kui ettevõtted laienevad ja nende vajadused muutuvad, peaksid nende süsteemid nendega kaasas käima. Tänapäevane ERP tarkvara aitab ettevõtet juhtida paindlikumalt ja tõhusamalt pakkudes, paindlikke kasutuselevõtu võimalusi, paremat turvalisust ja privaatsust, jätkusuutlikkust ning vähese koodiga kohandamist. See loob äritegevusse ja protsessidesse järjepidevuse ning vastupidavuse, kasutades teadmisi, mis aitavad kiirelt areneda, valmistades samal ajal ettevõtet ette selleks, mis tuleb järgmiseks. [8]

Viimase kümne aasta jooksul on paljud digitehnoloogiad arenenud ning nende ühendamine ERP-lahendustesse on võimalik. Tehnoloogiad nagu masinõpe (ML), tehisintellekt (AI), tööstuslik asjade internet (IoT), tarkvararobotite protsesside automatiseerimine (RPA) ja plokiahel (BC) on intelligentsete tootmissüsteemide kaasaegseimad osad. Nende tehnoloogiate kasutamine pole paljude ettevõtete jaoks enam kulu, vaid pigem suurendab kasumit. Uusimate tehnoloogiate kasutuselevõtt ning ettevõtete digitaliseerimine ja protsesside automatiseerimine on järjest enam võimalikud, kui ettevõttel on nüüdisaegse majandustarkvara. Mida rohkem on erinevatel tarkvaralahendustel kasutajaid üle maailma, seda kasutajasõbralikumaks neid muudetakse. Majandustarkvarade areng on loonud pilve lahenduste näol soodsamad tingimused andmete turvalisusele, koondamisele kesksesse lahendusse. Pilve lahenduse korral jäävad ära kulukad versiooniuuendused. [9]

Eelnevate aastate jooksul on ettevõtetel palju kahtlusi ERP-süsteemi juurutamise tasuvuse suhtes. Võimalus, et majandustarkvarale üleminek on aeglane, kulukas või ebaõnnestub, on siiski oluliselt vähenenud. Siinkohal võib välja tuua peamised eelised, mida ERP ettevõttele pakub. [10]

Ühe olulisema eelisenä saab välja tuua andmete turvalisuse. Enamikes ERP-ides on võimalik näha muudatuste ajalugu ning ükski muudatus ei kao andmebaasist. Serveris asuvate failide korral pole kustutatud faile võimalik taastada ning faili sees muudatuste tegemisel ei jää märget, kes muudatuse tegi ja mida muudeti. ERP garanteerib, et andmed on ühes kohas ning jälgitavad. Kaasaegsete pilvepõhiste ERP-süsteemide korral on ka ettevõtte tundlik teave jaotatud mitmetesse serveritesse, et kaitsta ühe tõekepunkti eest ning lisab turvakihhi. Enamikel süsteemidel on õigused, mida on lihtne kontrollida. [10]

Teine suurim ERP-i väärtus tuleneb asjaolust, et kogu teave eri osakondadest on salvestatud ühte kohta ning andmed ei ole dubleeritud erinevate rakenduste ja tabelite vahel. Kuna kõik on ühes süsteemis, ei teki probleeme aruannete ja analüüside tegemisel. See muudab ettevõtte paremini auditeeritavaks, sest kogu teave, mida audiitor võib vajada, on kergesti kättesaadav. [10]

ERP-süsteem võimaldab automatiseerida korduvad ja põhilised ülesanded, mis vabastavad töötajatele tööaega, et tegeleda teiste projektidega, mis loovad organisatsioonile rohkem väärtust. Kindlasti tasub eelistada ERP-süsteemi, millele saab erinevaid funktsionaalsusi lisada sellel hetkel, kui ettevõtte seda soovib. Süsteemi laiendamine on hea eelis ka juhul, kui ettevõtte äri nõuded ERP-ile ajas muutuvad. Olulise eelisena saab välja tuua ka ERP-i mobiilsuse ja paindlikkuse. Tänapäevased ERP-süsteemid on mobiilisõbralikud ning tagatud on ligipääs pilvesüsteemidele. Reaalajas aruandlus hoiab töötajad informeeritud igal ajahetkel. [10]

Kõik need eelised saavad tuua ettevõttele kulude kokkuhoiu, operatiivsuse tõhususe, paindlikkuse, parema klienditeeninduse, koostöö, täpsema prognoosimise. Ja vähemate etappidega organiseeritud töövood. [10]

1.4.2 Digitaliseerimine

Oluline küsimus ettevõtetele on, kuidas alustada tootmise digitaliseerimisega. Enamasti on digitaliseerimise eesmärk lühendada tootmiseks kuluvat aega ning automatiseerida tootmist. Oodatavaks tulemuseks on suurem tootlikkus, madalamad tootmiskulud, võimalus toota väiksemate partiidega personaliseeritud tooteid. Siiski on oluline olla ka kindel, et digitaliseerimiseks tehtud investeeringud ennast ära tasuks. [11]

Tootmise digitaliseerimine tähendab lihtsustatult tootmisprotsesside viimist digitaalruumi. Nendeks on digitaalne andmete kogumine ja töötlemine, tootmisprotsesside automatiseerimine, mis vähendab inimfaktorit ning tööstustarkvara abil tootmisprotsesside juhtimist. Ideaalne on tootmise digitaliseerimisega tööstus 4.0 saavutamine ettevõttes, kus tootmises kõik seadmed on omavahel digitaalselt ühendatud ja teevad ise otsuseid pilveandmeside abil. Paljud Eesti ettevõtted on olukorras, kus digilahenduste kasutuselevõtt tehakse pigem väikeste sammudega üksikute tootmisliinide või -üksuste kaupa. [11]

Oluline on enne tehniliste lahendusteni jõudmist paika panna soovitud tulemuseni jõudmiseks mõtestatud protsess. Mõistlik on alustada digidiagnostikaga, mis annab ülevaate ettevõtte tootmise hetke olukorrast ja võimalusest. Digiauditi eesmärk on välja selgitada tootmise hetke digivõimekus, mil määral ja milleks digitaaltehnilisi lahendusi kasutatakse. [11]

Digiauditi käigus tuvastatakse kitsaskohad ning efektiivsust pärssivad tegurid. Neile pakutakse välja kindlad meetodid, kuidas neid lahendada läbi digitaliseerimise ja automatiseerimise. [12]

2 UURIMISSTRATEEGIA JA -MEETODID

Tootmise planeerimise protsessi kaardistamine on oluline etapp enne ettevõtte ressursside planeerimise tarkvara juurutamist. Lõputöö autor peab oluliseks olemasolev protsess kirjeldada ning tuvastada hetkel kasutusel oleva planeerimissüsteemi puudused, millele on vaja leida võimalikud lahendused. Selle eesmärgi saavutamiseks kasutatakse arendusuurimust.

Arendusuurimused on praktilised vaatlused, mis tegelevad probleemide lahendamise, pidades silmas konkreetseid kasutajate vajadusi. Selline rakenduslik uurimus põhineb olemasolevast puudusest või vastuolust, mida on vaja parandada või muuta. Arendusuurimuse käigus ei koguta uusi andmeid, vaid tegeletakse praktilise probleemi lahendamise, mille tulemuseks on lahendus, mis arvestab konkreetse kasutaja vajadusi. [13], [14]

Arendusuurimuse läbiviimiseks on vajalik olukorra täpne kirjeldus, mis on lõputöö praktilise osa eesmärk. Vajalike andmete kogumise peamine meetod on vaatlus, mis toimus perioodil 02.01.2024 kuni 15.04.2024. Autor vaatles seitsme töötaja tööd ning kogus andmeid ettevõtte serverisse salvestatud tööfailidest. Vaadeldavad ametikohad olid müügiesindaja, ostujuht, tootmisjuht, tootmise planeerija-tehnoloog, tootmise spetsialist ja kahe osakonna tootmismeistrid. Vaatluse eesmärk oli kaardistada vaid tootmise planeerimisega seotud tegevused. Autor kasutas vestlusi, et leida võimalikke kitsaskohti lisaks vaatluse käigus leitud vaatlustele.

Kogutud andmete põhjal kaardistati tootmise planeerimise protsess ning loodi protsessi kirjeldus, mis on aluseks kvalitatiivsele analüüsile. Eesmärk on tuvastada võimalikud lisategevused, liigne protsessi keerukus ning võimalikud ohutegurid, mis mõjutavad töö efektiivsust, ebatäpsust ja vähendavad andmete õigsust. Leitud probleemide analüüsimiseks kasutatakse protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüsi (PFMEA). Tuvastatud kitsaskohad on aluseks parandusettepanekutele ning vajalikele tarkvara funktsioonidele, mida sobiv tootmishalduse tarkvara võiks pakkuda.

2.1 Protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüsi meetod

Protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüs (PFMEA) on tööstuses laialt levinud meetodika töökindlusprobleemide analüüsimiseks, mis leiab kasutust paljudes erinevates tööstusharudes. Kõikide tegevuste käigus võib esineda eksimusi, millel on kulud suurendavaid tagajärgi. Võimalike vigade süsteemne käsitlemine võimaldab tuvastada riskid protsessides võimalikult vara enne uute muudatuste kasutuselevõttu. [15], [16], [17]

PFMEA-d rakendatakse, kui [16]:

- võetakse kasutusele uus tehnoloogia või uus protsess;
- on olemas olemasolev protsess, mida on muudetud, mis võib hõlmata ajakohastatud protsessidest, pidevast täiustamisest või kvaliteediparendustest tulenevaid muudatusi;
- olemasolev protsess puutub kokku uue keskkonna või asukoha muutusega (protsessis ei ole tehtud füüsilisi muudatusi).

PFMEA käigus määratakse esialgu kindlaks protsessi funktsioonid, veamoodused ja nende mõju protsessile, tuvastatakse tõrke põhjused ja nende mehhanismid. Iga vea mõju jaoks määratakse kindlaks selle raskusaste või ohtlikkus, hinnatakse riski esinemise sagedust ja vea avastamise võimalikkust. Korrutades omavahel need kolm hinnangut: raskusaste, sagedus ja avastamise võimalikkus, saadakse riskiprioriteedi hinne, mis võimaldab kindlaks teha suurima mõjuga riskid protsessis. Soovitav on läbi viia parendused suurima raskusastme järgi ning nende seast teha vastavalt ettevõtte ressursidele ja eesmärkidele. Levinuim on seada prioriteetid Pareto reegli kohaselt, kus 80 protsenti mõju on põhjustatud 20 protsendist võimalikest probleemidest. [16], [17]

Pärast prioriteetide kokkuleppimist on järgnev samm asjakohaste parandusmeetmete väljatöötamine, et vähendada rikete esinemist või parandada nende avastamist. Pärast parandusmeetmete lõpuleviimist peaks hindamise tegema uuesti, et kindlaks teha rakendatud parandusmeetmete tõhusust. Need hinnangud võivad olla kasulikud juhul, kui otsustatakse võtta kasutusele järgmisi uusi parandusmeetmeid. [17]

PFMEA on väärtuslik meetod mitmete eeliste realiseerimiseks, et vältida tõrkeid tootmisettevõtete protsessides. Tööstusettevõtetes on tõrgete analüüs kasutusel parema töökindluse saavutamiseks ning uute, olemasolevate ja ajas muutunud protsesside käigus tekkivate kulude vähendamiseks. Samuti on tegemist kasuliku algmaterjaliga, mis võimaldab analüüsida esinevaid tõrkeid ning võrrelda võimalike parenduste efektiivsust protsessides. [16], [17], [18]

3 ETTEVÖTTE X TOOTMISE PLANEERIMSPROTSESSI VAATLUS

Tootmisettevõtte X on puidust uste tootja, kelle tegevusala kuulub töötleva tööstuse puidutöötlemise ning puittoodete tootmise klassifikatsiooni alla. Valmistooted eksporditakse jaekaubanduse ettevõtetele erinevatesse Euroopa riikidesse, Suurbritanniasse ja Austraaliasse. Ettevõtte on loodud 26 aastat tagasi ning on oma tegevusaja jooksul arendanud järjepidevalt nii infrastruktuuri kui ka tootmiseseadmeid. Ettevõtte toodangu maht on viimastel aastatel kasvanud kuni kümme korda, seejuures on järjepidevalt muutunud tooteportfell ning tekkinud vajadus luua võimalused arendada efektiivselt uusi tooteid.

Ettevõtte X areng on olnud viimase viie aasta jooksul kiirem ning tootmise efektiivsuse tõstmiseks on tekkinud vajadus luua detailsem ja samas kiireid muutusi võimaldav tootmisplaan, et vastata muutunud kliendinõuetele. Keerulises puidutööstussektori majandusolukorras otsitakse uusi turge, mis on märkimisväärselt suurendanud uute toodete arendamise vajadust ettevõttes. Viimase kahe aastaga on lisandunud ettevõtte tooteperekonda kuus uut toodet ning kasvanud tehnoloogiliselt keerulisemate toodete nõudlus. Toodete arendus jätkub ning uute klientide leidmine on muutunud ettevõtte jaoks järjest olulisemaks.

3.1 Ettevõtte X põhiprotsessid

Ettevõtte X tootmisprotsess on jaotatud komponentide tootmiseks ja uste koostamiseks, mis nõuab hoolikat planeerimist toote jaoks vajalike komponentide osas enne lõplikku toote valmimist. Tellimuse saabumisel algab protsess materjalide tellimisega, millele järgneb komponentide tootmine ning lõpuks toodete kokkupanek, et need oleksid valmis kliendile saatmiseks (Joonis 3).



Joonis 3. Tellimuse väärtusahel [autori koostatud]

Iga väärtusahela etapp hõlmab mitmeid tegevusi ning ühtsete andmete kasutamine ja info jagamine erinevate osakondade vahel on oluline efektiivse planeerimise tagamiseks. Autori peamine fookus oma töös on suunatud tootmise planeerimise protsessile, eesmärgiga tuua esile võimalikud kitsaskohad tootmise organiseerimisel.

3.2 Ettevõttes kasutatav tootmistarkvara

Ettevõtte X kasutab tootmise korraldamiseks ja planeerimiseks *Microsoft Excel* kontori-tarkvara ning lao- ja tootmisarvestuse tarkvara *Woodware* (WS). Tootmisjuhi eesmärk on olnud luua ettevõttes operatiivne ja võimalikult detailne infovahetussüsteem kasutades olemasolevaid ressursse ilma täiendavate investeeringuteta.

3.2.1 *Excel* kui tootmistarkvara

Tellimuste ja tootmise andmed salvestatakse *Excel*'i failidesse, kus on loodud BOM, tootmise ajalised plaanid, erinevate pakisiltide printimise vormid, kliendi tellimuste laadimiste failid, konteinerite laadimiste plaan, efektiivsust näitavad graafikud ja tabelid, ostumaterjalide tellimuste tabel ning erinevad aruanded ja raportid, mida töötajad värskendavad igapäevaselt manuaalselt, et tootmise tulemused oleksid jälgitavad. Tellimuste täitmise jälgimine ning materjalide tootmise vajadus saab alguse BOM-ist, mis on tootmise planeerimise algne andmebaas.

Excel'i eelis on võimalus programmeerida automaatseid andmete edastamise süsteeme erinevate dokumentide vahel. *Excel*'i puuduseks on faili kasutuse jagamine, sest korraga saab faili muuta üks kasutaja, failide salvestuste ajaloo kohta puudub info, manuaalne sisestus on aeganõudev ja inimlike vigade tekkimise oht on suur.

3.2.2 Lao- ja tootmisarvestus tarkvara

Ettevõttes X kasutusel oleva lao- ja tootmisarvestus tarkvara WS põhilised funktsioonid on tootmisarvestus, laoarvestus, tellimuste arvestus ning tegelike kulude ja omahinna arvestus. WS töötab operatsioonisüsteemis *Windows* ning kasutusel on lokaalne lahendus ettevõtte serveris. [19]

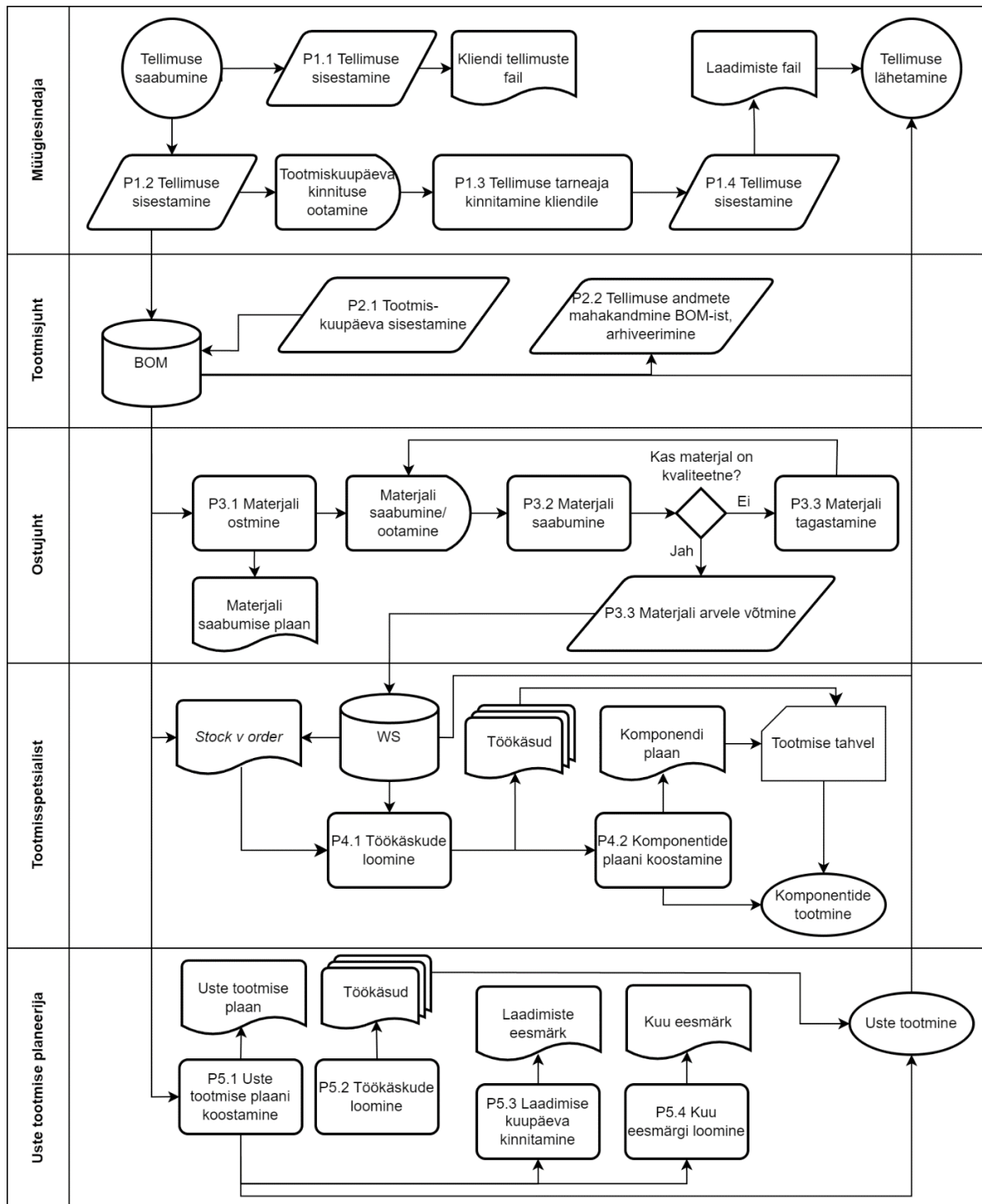
WS-i põhimõte seisneb tootmisprotsesside kirjeldamisel. Protsesside tulemusena materjali tekib või väheneb, ühtedest pooltoodetest tehakse teised ning muudetakse komponendi või toote staatust. WS võimaldab salvestada need protsessid. Teostatud töö sisestatakse programmi selle tegemise kuupäeval, mis võimaldab jälgida tootmise ajalist kulgemist. Võimalused, mis toimuvad tootmise käigus on [19]:

- Protsess ainult sisendiga. Lattu tekib materjali juurde, ei vähene, nt ostmine.
- Protsess ainult väljundiga. Laost läheb materjal maha, ei teki juurde, nt müümine.
- Protsessi käigus materjal ei muutu. Laos materjali mõõtmed ega kogus ei muutu, nt laoaadressi muutmine ja väärtuse muutmine.
- Protsessi käigus materjal muutub. Laost läheb materjal maha ja lattu tekib teine materjal. Muutuvad kogused või mõõtmed või mõlemad.

WS tarkvara võimaldab saada infot materjalide ja toodete laoseisu kohta, on võimalik näha omahinda igas töölusastmes ning saab arvestada tegelikke materjalikadusid. [20]

3.3 Ettevõtte X planeerimisprotsess

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks koostab autor tootmise planeerimise protsessivoo skeemi (Joonis 4) ning kirjeldab planeerimise etappe.



Joonis 4. Tootmise planeerimise voo skeem [autori koostatud]

Ettevõtte X tootmise planeerimise protsess algab tellimuse saabumisega. Müügiesindaja sisestab tellimuse kliendi tellimuste faili (P1.1) ning samal ajal ka andmebaasi BOM (Lisa 1). Andmesisestus toimub manuaalselt ning koguste ja toodete sisestamisel peab müügiesindaja veenduma, et õiged andmed oleksid salvestatud korrektselt.

Seejärel lisab tootmisjuht BOM-i uue tellimuse tootmise kuupäeva ning kinnitab tellimuse valmimise kuupäeva (P2.1). Kui kliendi soovitud tähtaega pole võimalik täita, peab müügiesindaja suhtlema kliendiga ning leppima kokku uue tarne nädala või muutma tellimuse sisu. Tootmiskuupäeva määramisel kasutab tootmisjuht koondtabelit, et näha kõiki ühe nädala tooteid ning valida ühte partiisse sobivaimad tellimused arvestades kliendi soovitud tähtaega (Joonis 5). Partii koondtabelis on võimalik summeerida nädalasse plaanitud tooted ning võimaldab hinnata partii suurust. Kinnitatud tellimuse lisab müügiesindaja laadimisplaani (P1.4), kuhu salvestatakse esialgne planeeritav kuupäev ning hiljem ka laadimise lõplik kuupäev ja kellaeg.

	22.04.2024	26.04.2024	03.05.2024	10.05.2024	29.04.2024	17.05.2024	24.05.2024
NETT DOOR DESCRIPTION	136397867	003320	003412	889895 903751	000P891429	000P960921	000P960934
FLB_T_610_V				50			
FLB_T_686_V				50	25		
FLB_T_762_V				175			
FLB_T_813_V				50			
FLB_T_838_V				125	50		
FLB_T_915_V				75	50		
FLB_T_610_Z							
FLB_T_686_Z			50				
FLB_T_762_Z		24	175				
FLB_T_813_Z			50				
FLB_T_838_Z		24	175				
FLB_T_838x2057_Z							
FLB_T_915_Z		24	50				
FLB_H_610_Z							
FLB_H_686_Z					48	48	48
FLB_H_762_Z					336	72	288
FLB_H_838_Z					96	120	120
FLB_H_813_Z					48	24	24

Joonis 5. Tootmise partii koondtabeli BOM-is [ettevõtte X dokumendi ekraanipilt]

Järgnevalt tellib ostujuht vajalikud materjalid (P3.1). Ostujuht saab tellimist vajavate materjalide, koguste ja tarneaegade info BOM-ist. Puitmaterjali ostmisel tehakse kokkuleppeid tarnijatega pikema perioodi jooksul ning enamasti on täpseid kuupäevaid keeruline prognoosida. Kord nädalas toimub ostu koosolek tootmisjuhi, ostujuhi ja komponentide planeerijaga, et üle vaadata lähiajal vajaminevad materjalid ning koostada vajaminevate materjalide ostu plaan. Materjalide ostu plaani sisestatakse prognoositavad tarnekuupäevad ning sisestatakse soovitavad materjali saabumise kuupäevad. Materjalide ostutellimused tehakse kirja teel ning vajadust tellimuse tegemiseks peab ostujuht ise BOM-ist vaatama või tuginema vastavalt tootmisest saadud infole. Ostusoovitusi WS programm ega Excel'is loodud BOM ei tee. Saabunud materjali sisestab ostujuht WS-i

pärast transpordi ja ostuarvete saabumist. Ilma reaalse kuludokumendita materjale laohaldustarkvarasse ei salvestata.

Komponentide tootmist planeerib tootmisspetsialist, kes saab info vajaminevate toodete ning koguste kohta tellimuse ja laoseisu koondtabelist (Lisa 2). Sellesse tabelisse imporditakse andmed tellimustes nõutud koguste kohta BOM-ist ja materjali laoseisu kohta WS-ist. Koondtabelis tähistatakse valmis komponendid rohelisega, pärast töökäsu loomist kollasega ning töökäsku ootavad kogused sinise värviga, mis võimaldab visuaalselt juhtida komponentide tootmist andes infot töös olevate pooltoodete staatuse kohta. Koondtabelis vähenevad kogused automaatselt pärast BOM-i värskendamist, kui sinna on salvestatud valmis uste kogused.

Tootmisspetsialist loob töökäsud komponentide tootmiseks WS-is nii, et alustab soovitud protsessi liikumist, prindib töökäsu ning seejärel tühistab loodud liikumise. Tootmise töötaja loob samasuguse protsessi töö teostamise kuupäeval ning salvestab või lõpetab liikumise. Koostatud töökäskude põhjal loob planeerija komponentide tootmise järjekorra plaani *Excel*'is (Joonis 6), arvestades iga toote tootmiseks kuluvaid norme, tehnoloogilisi seadistusi ning töötajate ja tööpinkide hõivatust. See võimaldab visuaalselt näha, millal komponendid võivad valmis saada. Töökäskude järjekorra muutmine on *Excel*'is kiire. Komponenti plaani jälgib hõövli terade ettevalmistamise töötaja, et valmistada ette terakomplektid tööpinkidele. Töökäsu fail salvestatakse serverisse ja muudetakse töökäsu pealkiri, et sama protsessi töökäsku luues fail ei asenduks. Nii jääb võimalus juba loodud töökäsku korduvalt välja printida. Salvestatud töökäsud organiseeritakse kaustadesse.

2		TM	Käsijärkamine	WEINIG P400	SCM
3					
95	19.03.2024	FLb T kül, otsapuu, 8873 m (04.04)		OAK LB lai laud, ema-isa_1, 7104 m	FLB H, T ema-isa laud_1, 3743 m (21.03)
96	20.03.2024			Oak LB egp põõn, 2912 m	FLB H laud_2, 12606 m (vaja 20.03)
97	21.03.2024	50x100, FLB T laud, otsapuu, 7475 m (vaja 02.04)		XG H lamellid, 1945 m	FLB T laud_3, 8824 m 22.03 //
98	22.03.2024			XG kül_1, otsapuu, 5078 m // XG aluspuu, vahepuu, 1019 m	FLb T ema-laud_2, 4171 m vaja 26.03
99				2 vahetust	2 vahetust
100	25.03.2024	FLb T, H ema-laud, 4323 m		FLB T kül (04.04) // gtf vahepuu, 521 m	LB H põõn, 1302 m (20.03) // ECP viilungi lamell, 1860 m
101	26.03.2024	LB H laud, 4768 m (09.04)			FLb diagonaal, 6633 m // FLB T diagonaal_2, 2728 m
102	27.03.2024			Oak LB kitsas laud, ema-isa_2, 6766 m	DoorLining, 3570 m
103	28.03.2024	FLB H kül, otsapuu, 5191 m		Oak LB kitsas laud, ema-isa_2, 6766 m	FLB T laud, 10000tk vaja 02.04
104	29.03.2024				

Joonis 6. Komponentide tootmine [ettevõtte X dokumendi ekraanipilt]

Välja printitud komponentide tootmise töökäsed lisatakse tootmise tahvile (Joonis 7), et need oleks tootmismeistritele kättesaadaval kohe, kui eelnev töökäsk tootmises saab tehtud.

T.M JÄRKAMINE KASIJÄRKAMINE	HÖÖVEL GAUJING WEINIG P400	HÖÖVEL SCM	RAILLINE RILESA	STEGHER MESA VAIKE FREES	SALVADOR	FORMAAT- SAAG MULTITRID RP200	KAHAKETTALINE DEWALT	EGP LIMIMINE SERVAKANT	CNC NEVA	KOMPLEKTEERIMINE LAILIHV PAKSUSMASIN 00303
FLB T kaand 02.04 3475m FLB T.M. kassa-kaand 4833m	XG kätlg. 4008m XG alampuu 1015m FLB T kätlg. 7921m GTF välispinn 541m	EGP välispinn kaand 1860m FIAT diagonaal 4633m 2978m Dioon kätlg. 5530m	RAILLINE EOK 4P kaand 10ka 11594 XG Euvilusa 5574m	STEGHER EOK SH 4mm 994 TF alampuu 1004m MESA	LB V kaand - 3 6864 46194 LD V kaand - 2 58924 EGP H viisid - 2,70m EOK kätlg. 10804 EOK 830 30m kaand 204 XG H alampuu 1004m EOK LS pinnel 9624 LB V kaand 45984	FORMAATSAG XG H kaand 624 EGP vsm kaand 77m XG P H viisid - 2,70m EOK kätlg. 10804 EOK 830 30m kaand 204 XG H alampuu 1004m EOK LS pinnel 9624 EOK pinnel EOK pinnel 44104 EOK spaa 2 2994 OK LB vsm kaand 19454	KAHAKETTALINE EOK 50mm kaand OKCB asp pinn EGP kätlg. trim EOK diagonaal 262 2203 13064 HOB LENG 44x135	EGP LIMIMINE EOK alampuu Käsitel 2.5C alampuu 0004 EOK vsm pinnel kätlg. 2004 830 1354 EOK C välispinn EOK alampuu EOK kätlg. EOK pinnel XG E välispinn	CNC GTE kätlg. 2004 OKCB välispinn EOK EOK vsm kätlg. spuum 18594	KOMPLEKTEERIMINE LAILIHV EOK pinnel PAKSUSMASIN OKCB pinnel XG H kaand SHKP kaandkätlg.

Joonis 7. Tootmise tahvel [ettevõtte X tootmiskontor]

Tootmistahvli eeliseks on tööde visuaalne juhtimine, et tootmismeister näeks tootmise plaanitud töid, olles oluline info edastamise meetod õhtuse vahetuse meistritele. Magnetahvliil on tööde järjekorda lihtne muuta ning eelmisest töökeskusest järgmise liigutada.

BOM-i sisestatud tellimuste põhjal loob tehnoloog-planeerija uste tootmise plaani (Lisa 3). Seal paigutatakse tellimused ajaliselt plaani nii, et tooted saaksid valmis soovitud laadimise kuupäevaks võimalikult vähese arvu seadistustega. Uste tootmise plaanis on näha, kas tooted saavad valmis kliendi soovitud tähtajaks. Komponentide planeerija märgib kord nädalas roheline värviga tooted, mille komponendid on olemas, kollasega tooted, millel on üks komponent puudu ja oranžiga tooted, millel on üle kahe komponendi puudu. Lisatakse ka kommentaar, milline komponent on puudu ning millal on plaanitud komponendi valmimise aeg. Komponentide planeerija kasutab komponentide olemasolu võrdlemiseks laoseisu ja tellimuste koondtabelit ning jälgib enda loodud komponentide plaani.

Töökäsed uste koostamisele, viimistlemisele ja pakkimisele printitakse *Excel* 'is. Töökäsule lisab tootmismeister WS-ist komponentide nimekirja, mille järgi töötaja leiab laost õiged komponendid. Valmistatud ukse sisestab uste tootmise planeerija või müügiesindaja nii uste pressimise plaani kui ka BOM-i, mis võimaldab jälgida tellimuste valmimist. Kuu lõpus koostab uste tootmise planeerija järgmise kuu tellimuste valmimise eesmärgi juhtkonnale kinnitamiseks, mis on loodud pärast tellimuste lisamist pressi plaani.

3.4 Tootmise protsess

Ettevõtte X tootmise protsess (Lisa 4) on jaotatud komponentide tootmiseks ja uste tootmiseks. Mõlema osakonna protsessivoog on sarnane ning teostatud töö sisestatakse WS-i igas tööetapis.

Tootmismeister viib töökäsu töötajale ning veendub, et töötaja on saanud tööst aru. Küsimuste korral annab meister lisainfot. Tootejoonised on töötajatele kättesaadavad tehases asuvatest arvutitest ning töökohal asuvatest jooniste kaustadest.

Komponentide töökäsk (Joonis 8) on loodud WS-is ning seal on kirjas töö jaoks vajaminevate pakkide numbrid, laoaadressid ja kogused (laost) ning toodetavad komponentide nimetused ja soovitud kogused (lattu). Tähtaeg on töökäsu printimise kuupäev, mida tootmistöötaja arvestama ei pea. Laoalad on väikesed ning pakid võivad asuda erinevatel laoaadressidel. Seejärel otsib töötaja töötlemist vajavad pakid ning teostab töö. Kasutatud pakid ja kogused ning loodud pakid ja kogused kirjutab töötaja eraldi töölehe blanketile, et selle põhjal sisestada protsessi liikumine WS-i. Valmis pakid viib töötaja andmebaasi sisestatud laoalasse. Tehtud töö sisestab töötaja andmebaasi iga tööpäeva lõpus. Tootmistöötajad ja töstukijuhid peavad muutma ka paki laoaadressi kohe, kui nad on muutnud paki asukohta, kasutades selleks tehases asuvaid arvuteid. Töstukijuhil ei ole kaasaskantavat tahvelarvutit, mistõttu jäävad paljud pakkide asukohad andmebaasis muutmata.

TÖÖKÄSK NR. TK-7-04-2024

16.04.2024

Protsess: Höövel Weinig P400 /
HWE-33-04-2024

Tähtaeg: 16.04.2024

Täitmise aeg:

Täitja:

Märkused:

SUUND	Tooteliik	Tootekood	Nimetus	Paksus	Laius	Pikkus	Kvaliteet	Laoaadress	Paki nr	Profiil	Materjal	Kontroll	TK	m
LAOST	Timber cut	otsapuu	FLB T 762	47.0	100.0	610.0	PF	Järkamine	p24040229	FLB	Spruce	220	134,200	
LATTU	Comp	otsapuu	FLB T 762	44.0	90.0	610.0				FLB	Spruce	220	134,200	
LAOST	Timber cut	otsapuu	FLB T 838	47.0	100.0	690.0	PF	Järkamine	p24040231	FLB	Spruce	154	106,260	
LATTU	Comp	otsapuu	FLB T 838	44.0	90.0	690.0				FLB	Spruce	154	106,260	
LAOST	Timber cut	otsapuu	FLB T 915	47.0	100.0	765.0	PF	Järkamine	p24040234	FLB	Spruce	209	159,885	
LAOST	Timber cut	otsapuu	FLB T 915	47.0	100.0	765.0	PF	Järkamine	p24040235	FLB	Spruce	69	52,785	
LATTU	Comp	otsapuu	FLB T 915	44.0	90.0	765.0				FLB	Spruce	278	212,670	

Üldmaterjalid:

KOKKU:

Ühikut

Väljastas:

Vastutaja:

/Helina/

//

Joonis 8. Komponenti tootmise töökäsk [ettevõtte X dokumendi ekraanipilt]

Uste koostamise töökäsu luuakse Excel'is koos uste pakinumbriga. Vajaminevate komponentide nimekiri koostatakse komponentide töökäsu meetodil WS-is, kuid loodud nimekirja ei salvestata. Uste koostamise töökäsu kirjutatakse kasutatud pakid ning nende laojäägid. Tehtud töö salvestatakse WS-i iga vahetuse lõpus.

3.5 Tootmise tähtsamad tulemusnäitajad

Tootmise planeerimise efektiivsuse näitajateks (KPI) on autor valinud ettevõttes X:

- tootmise efektiivsus;
- inventuuride tulemused;
- tellimuste täitmise efektiivsus.

Nende näitajate põhjal on võimalik hinnata erinevate perioodide tulemusi ning võimaldavad hinnata erinevate muutuste mõju tootmisele.

3.5.1 Tootmise efektiivsus

Ettevõttes X kontrollitakse igapäevaselt töökeskustes tehtud töö kogust ning võrreldakse eesmärgiga. See annab esmase ülevaate, kas tootmine toimib plaanilt. Päevase tootmise efektiivsuse arvutamisel võrreldakse tegelikult kulunud tööaega planeeritud tööaegadega (Joonis 9).

Date		19.02.2021			
Reasilidid	Sum of qty	norm	hours	percentage	comments
Järkamine TM/2 vahetus	5720	6000	8	95%	FLB H diagonaal + ESD X sisud
Järkamine (käsi)/	683	500	8	137%	Oak LB
Höövel Gau-Jing/1 vahetus	884	2000	8	44%	ECP SH4P
Höövel Gau-Jing/2 vahetus	2779	3500	8	79%	ECP SH4P + FLB H külj
Höövel SCM/1 vahetus	3773	4000	8	94%	LB T ema-laud + doorlining leng
Höövel SCM/2 vahetus	2139	2400	8	89%	ECP viilungi lamell
Rilesa/	1303	900	10	116%	FLB T + FLB H külj
Stegherr/	397	250	8	159%	ECP SH4L otsapuu, vahepuu
Trimwex talapress/	398	550	10	58%	XG H alus/vahepuu *käsirulliga liimine + külm tehas
Salvador/1 vahetus	1068	3000	2	142%	FLB T laud *Maria
Salvador/2 vahetus	3936	3000	8	131%	FLB T laud
Vertikaalpress 1/1 vahetus	220	240	8	92%	FLB T 762
Vertikaalpress 1/2 vahetus	180	240	8	75%	FLB T 762 + 813
Roboti naelutamine/1 vahetus	250	300	8	83%	FLB T 838
Roboti naelutamine/2 vahetus	170	300	8	57%	FLB T 838 + 838/2057 *päeva lõpus 2 h tootevahetus
Uksenaelutus/1 vahetus	90	120	8	75%	LB T 762 *Urmas, laua kvaliteet kehv
Uksenaelutus/2 vahetus	80	120	8	67%	LB T 762 *Martin, seadistus 915-le
Tamm LB naelutus/	134	100	9	119%	Oak LB 762
Parandus/Parandus 1/ v1	16	80	8	20%	ESD X *Kaidy üksi + DoorLining komplekteerimine
Klaasimine/Parandus 2/ v1	34	60	4	113%	XG E
Parandus/Parandus 2/ v1	40	60	4	133%	XG WP
Parandus/Parandus 3/ v1	99	60	12	110%	XG WP
Klaasimine GP/	130	240	4	108%	* + DoorLining komplekteerimine
Packing/	911	600	8	152%	
Möötlõikus/1. vahetus	159	350	8	45%	
Möötlõikus/2. vahetus	223	550	8	41%	

Joonis 9. Tootmise efektiivsuse aruanne [ettevõtte X dokumendi ekraanipilt]

Efektiivsuse aruanne annab olulise info tootmise üldise olukorra kohta, näidates tootmises saavutatud tulemusi. See tabel võimaldab kiiresti avastada pingi rikkeid, tellimuste valmimise hilinemisi ja kvaliteediga seotud takistusi tootmises. Lisaks annab tagasisidet uutele toodetele määratud normide kohta, kui see on liiga kõrge või madal.

Töökeskuste tootmise efektiivsus (1) [21] kajastatakse protsendina

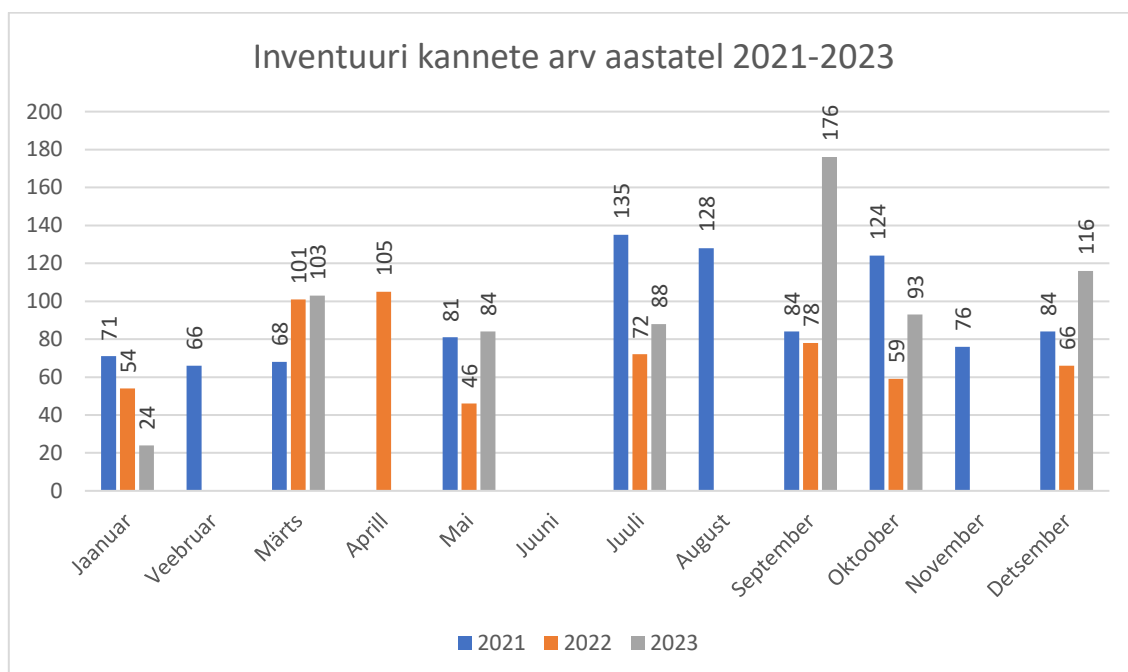
$$E = \frac{O_t}{O_s} \times 100\%, \quad (1)$$

- Kus E – efektiivsus;
 O_t – tegelik tulemus vaadeldava perioodi kohta, ühik tk, m
 O_s – soovitud tulemus vaadeldava perioodi kohta, ühik tk, m.

Püsivalt madalamad tootmise efektiivsuse tulemused viitavad probleemidele, millele on vajalik tähelepanu pöörata. Eesmärk on kiirendada tööprotsessi ning suurendada tootlikkust eelistatult nii, et töötaja ei peaks kiiremini tööd tegema.

3.5.2 Inventuurid ettevõttes X

Andmete sisestamisel tehtud vead muudavad laoseisu ebatäpseks ning sujuvama töö tagamiseks on vajalik laoseisu korduvalt kontrollida ja korrigeerida. Inventuuri käigus muudetakse pakkide laoadressid õigeks, kantakse maha arvel olevad pakid, mida enam pole, ja võetakse arvele puuduvad pakid ning korrigeeritakse avastatud vigu (Joonis 10).



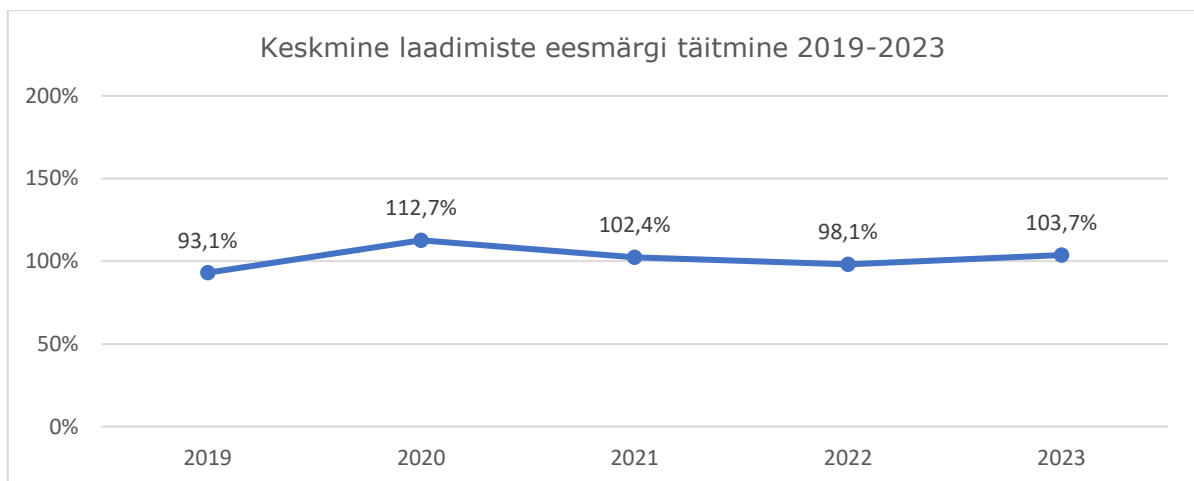
Joonis 10. Inventuuri korrigeerivate sisestuste arv aastatel 2021-2023 [autori koostatud ettevõtte X andmete põhjal]

Inventuuride vajadus tõstab ettevõtte kulusid, kuid samas pole võimalik jätkata efektiivset tootmist, kui andmebaasis on andmed valed.

Inventuur on vajalik läbi viia ajal, kui tööpingid tootmises seisavad ning tehases ei ole müra. Inventuure tehakse vajadusel laupäeval, kuu viimasel või järgmise kuu esimesel tööpäeval. Tootmist inventuuri ajal ei toimu, kuni kõik pakid on loetud. Inventuurid viiakse läbi peamiselt laoseisu korrigeerimiseks, mis on põhjustatud andmesisestuse ja -arvestuse vigadest töö raporteerimisel.

3.5.3 Tellimuste täitmise efektiivsus

Ettevõttes X luuakse iga kuu lõpus järgmise kuu eesmärk, kus kinnitatakse tellimused, mis on plaanis toota. Kuu eesmärk arvestab nii kliendi soove kui ka tootmise suutlikkust ning selle täitmine on ettevõtte jaoks oluline tulemusnäitaja (Joonis 11).



Joonis 11. Keskmine eesmärgi täitmine aastatel 2019-2023 [autori koostatud ettevõtte X andmete põhjal]

Planeerimisprotsessi parendamisel on võimalik saavutada täpsem laadimiste eesmärgi täitmine, et suurendada sellega kliendi rahulolu. Kuude kaupa on graafikul (Lisa 5) näha plaanitud laadimiste ebastabiilsust, mis näitab planeerimise täpsust.

Laadimiste eesmärgi täitmine on olnud aluseks töötajatele lisatasu määramisel, kui ettevõtte majanduslik olukord on hea. Regulaarseid efektiivsuse parendamise meetodeid ettevõttes juurutatud ei ole.

4 PLANEERIMISPROTSESSI ANALÜÜS

Ettevõtte X planeerimisprotsessi vaatlemisel kasutati kokku 13 erinevat *Excel*'i faili, kahte *Word*'i eelsalvestatud vormi ja ühte materjalihaldustarkvara (Tabel 1), samuti seadmete efektiivsuse analüüsi tarkvara *GlobalReader*. Dokumentide nimetused tabelis on toodud täpselt sellistena, nagu need on salvestatud ettevõtte serveris.

Tabel 1. Planeerimisprotsessis kasutatavate dokumentide kirjeldus [autori koostatud]

	Nimetus	Kirjeldus
1	1 <i>Container loading.xlsx</i>	Laadimiste plaan - plaanitud laadimise kuupäev ja kellaaeg
2	alusesilt uus kvaliteedikontroll.xlsx	Pakisiltide printimine komponentidele, ustele, pakitud ustele
3	<i>daily movement 2023.xlsm</i>	Kuu eesmärgi graafik, töökeskuste koondtabelid, graafikud efektiivsuse analüüsiks tootmisjuhile
4	<i>daily production figures.xlsm</i>	Eelmise päeva tootmise tulemuste raport
5	<i>Job_card_Manufacturing_Template v2.dotx</i>	Uste töökäskude printimise põhi
6	<i>job_card_Quality.docx</i>	Uste pakinumbrate loomise põhi
7	Klaasiliistu töökäsk.xlsx	Klaasiliistude lõikamise töökäsk
8	Komponendi plaan 2024.xlsm	Komponentide tootmise plaan
9	Kuu eesmärk.xlsx	Uue kuu tellimuste tootmise eesmärk
10	<i>Material truck forecast.xlsx</i>	Ostumaterjalide tellimise, saabumise plaan
11	Presside, naelutuse ja pakkimise tootmisplaan 2023.xlsm	Uste tootmise planeerimise tabel
12	<i>production packs.xlss</i>	Uste pakisildid ja töökäsud uste tootmiseks
13	<i>spetsidega bom_CV2.xlsm</i>	BOM - toodete, müügitellimuste andmebaas
14	<i>Stock v orders.xlsx</i>	WS laoseisu ja BOM-ist materjalivajaduse koondtabel
15	<i>stockreport jobcard.xlsm</i>	Salvestab laoseisu WS-i aruandest, et seda saaks salvestada koondtabelisse
16	<i>Woodware Systems</i>	WS - materjalide andmebaas

Tabelis loetletud dokumendid moodustavad omavahel keerulise andmete vahetuse ja edastamise süsteemi, võimaldades luua vajalikke dokumente tootmise paremaks planeerimiseks ning annavad ülevaate hetkel tootmises toimuvast.

Vaatluse tulemusena tuvastas töö autor kokku 26 vea esinemise võimalust erinevates planeerimise etappides, mis mõjutavad tootmise efektiivust (Tabel 2).

Tabel 2. Võimalikud vea esinemise moodused [autori koostatud]

Protsessi etapp	Võimalik vea esinemise moodus
1. Tellimuste sisestamine BOM-i	Vale toode.
	Vale kogus.
2. Tootmiskuupäeva lisamine (partiide määramine)	Liiga suur partii.
	Liiga väike partii.
3. Ostuprotsess	BOM-ist on keeruline leida soovitud materjali koguseid ja kuupäevasid ostumaterjalidele.
	Tarnijatel ei ole õiget suuruse või kvaliteediga puitu.
	Tarnijatel pole piisavalt materjali.
	Tööjõu ressurss on piiratud.
	Materjali kvaliteediprobleemid.
	Ostumaterjalid ei ole WS-is arvel nende lattu saabumise hetkel, vaid mitu päeva hiljem.
4. Komponentide töökäsu loomise protsess	Iga protsessi kohta tehakse eraldi töökäsk.
	Eelmise protsessi liikumine peab olema lõpetatud, et saaks teha järgmise protsessi töökäsku.
	Komponentide planeerija sisestab töökäsule vale väljatuleva toote.
	Ei ole näha komponentide töökäsu seost uste tootmise ega kliendi tellimustega.
	Loodud töökäsu faili nimi jääb muutmata.
	Valed kogused töökäsul.
	Valed kogused WS-is.
	Vajadus luua uus/alternatiivne komponent standardsele tootele.
	Komponentide töökäskude järjekorra loomine.
5. Komponentide tootmine	Valed kogused laos.
	Sisestatakse vale laoaadress.
	Töökäsust on valesti aru saadud.
	Sisestatud on vale paki number.
	Masina rike.
6. Uste pressimise ja naelutuse plaani loomine	Valed normid, kogused, kuupäevad.
	Ei ole näha komponentide saadavust.

Tellimuste sisestamisel BOM-i võib esineda vigu nii toodete kui ka koguste sisestamisel, mis võib viia valede uste tootmiseni. Vea avastamisel võib õigete toodete valmistamine nõuda planeerimata seadistusi või ei jätku õigete toodete tootmiseks materjali.

Järgmises planeerimise etapis on oluline määrata partii suurus, kus tootmisjuhi strateegiliselt õiged otsused on võtmetähtsusega. Optimaalse partii suuruse kindlaksmääramine on pigem empiiriline protsess, mis annab sisendi operatiivplaneerimisele. Tegelik tellimuse valmimise aeg selgub enamasti alles siis, kui kõik materjalid on saadaval ja uste tootmine on alanud. Liiga suure partii määramisel võib tekkida vajadus lükata mõne tellimuse tootmine edasi, mis omakorda põhjustab muudatusi operatiivplaneerimises. Oluline on jälgida ka toodete varieeruvust, et vältida ühe tootmisloigu ülekoormust. Õige partii suurus optimeerib seadistuste arvu ja tagab sujuva materjalide voogu tootmises.

Ostuprotsessis on oluline vaadelda materjalide tellimise ja andmebaasi sisestamise metoodikat. Kuigi BOM on hea andmebaas kõikide kinnitatud ja broneeritud tellimuste kohta, ei paku see ostujuhile ostusoovitusi. Lisaks pole olulistele materjalidele määratud miinimumkoguseid, mis laos peaks alati olema, et vältida seisakuid tootmises materjali puuduse tõttu. Ostutellimuste planeerimine ei ole võimalik tootmis- ja materjali haldustarkvaras WS, mistõttu peab ostujuht otsima informatsiooni erinevatest allikatest, nagu BOM, tootmisjuht, tootmise planeerijad, laomeister ja tootmismeistrid. Sõltumine erinevatest allikatest võib viia olukorrani, kus midagi jääb ostmata, ostetakse liiga palju või liiga hilja. Materjali hilinemisel võivad tekkida tootmises seisakud või vajadus toota alternatiivseid tooteid, mis suurendab seadistuste arvu. Isegi kui materjal on füüsiliselt jõudnud ladudesse, ei saa tootmise planeerija luua töökäsku enne, kui materjal on WS-is registreeritud. Samuti ei saa materjali WS-i sisestada enne, kui tarnijalt on saabunud materjali ja transpordi arved tellimusele. Kui materjal ei vasta kvaliteedinõuetele, tuleb mittevastav materjal tagastada ja oodata uue saabumist, mis pikendab tootmise alustamist veelgi. Ostujuhi töökoormus on mõnedel perioodidel liiga suur ning hilinevad tellimused ja andmete sisestuste hilinevad häirivad tootmise tööd.

Neljas planeerimisprotsessi etapp on komponentide planeerimine. Komponentide tootmise töökäsk luuakse WS-is nii, et luuakse protsess, mille käigus võetakse sisse materjalid ning väljastatakse soovitud detailid. Töötlemise käigus muutuvad toote mõõtmed või staatus, mis näitab operatsiooniga tehtavaid muudatusi detailile. Ridade sisestamine ning väljastamine liikumises on manuaalne ning eksimuste korral võib juhtuda, et planeerija valib vale väljamineva toote rea. Selliste eksimuste korral toodetakse vale toode ning uuesti tootmine võib vajada uue materjali tellimist. Efektivsemaks planeerimiseks on loodud erinevaid abitabelid ning loodud on tootmise tahvel visuaalseks juhtimiseks.

Toodete tehnoloogilisest eripärast tingituna kasutatakse sama komponendi tootmiseks erinevaid materjale. Oluline on, et planeerija saaks valida algmaterjali paljude erinevate ristlõigete ja pikkuste seast ning vajadusel sisestada uue ristlõikega pooltoode andmebaasi. WS-i eelis on luua soovitud artikkel kiiresti. Ohuteguriks on asjaolu, et andmebaasis on sama profiili tootmiseks palju erinevaid võimalusi ning artiklite arv andmebaasis kasvab igapäevaselt. Töötajatel on keeruline leida õiget artiklit ning liikumiste tegemise aeg pikeneb.

WS-is tühistatakse soovitud protsessi liikumine pärast töökäsu väljaprintimist ning serverisse salvestatakse liikumise numbriga fail. Kui sama päeva jooksul tehakse samas protsessis liikumine, on oluline tekkinud fail ümber nimetada, et uus töökäsk seda üle ei salvestaks. Töötajale viidud töökäsk võib aga kaduda ning puudub selge ülevaade, mida on vaja toota ning planeerija peab looma töökäsu uuesti, mis on oluliselt ajamahukam, kui eelnevalt salvestatud töö printimine.

Komponentide tootmise plaan kujuneb olemasolevate töökäskude ja tulevikus hinnanguliselt vajaminevate töökäskude järjestamise põhjal. Komponentide plaanis on tööpingid, millele on kehtestatud normid ning vajavad täpsemat planeerimist, et komponendid saaks valmis õigeks ajaks. Mõnedel tööpinkidel pole mõõdetud norme, mille järgi töö tegemiseks kuluvat aega hinnata. Nendele määratakse vaid tööde järjekord. Olemasolevad normid ei vasta alati tegelikkusele, mis mõjutab aegade planeerimise täpsust. Komponentide plaan *Excel'*is on pigem hinnanguline ning vajab järjepidevat muutmist vastavalt tegelikule tootmisele. Samas on sellises plaanis lihtne ümber tõsta töökäske ning teha kiireid muudatusi plaanis.

Töökäsu loomiseks saab komponentide planeerija info koondtabelist, mis näitab andmeid tellimustele vajaminevate koguste, tootmiskuupäeva ja hetke laoseisu kohta. Koondfailis olevad tootmiskuupäevad ei vasta alati tegelikkusele, kuid annab hinnangulise aja, millal komponendid võiks töös olla. Ka ei arvesta selline koondtabel töömahtudega, mis jääb planeerija arvestada. Kogu tabel on suur ning tootmisse minevate komponentide jälgimiseks valib planeerija ühe tootegrupi. Kui planeerija mõnda tootegrupi ei jälgi, võib töökäsu loomine ununeda ning uste koostamise hetkeks pole komponendid õigeks ajaks valmis.

Viies planeerimise protsessi etapp on tootmine. Kõik tootmise töötajad peavad sisestama andmed WS-i, kuid paljud töötajad pole arvutis andmete sisestamisel ja WS programmi kasutades enesekindlad. Mõnede töötajate töö peab sisestama programmi tootmismeister. Väga tihti tekib segadus paki numbritega, kasutatud kogustega, tehtud kogustega ja praagi arvestamisega. Vale laoaadressi sisestamisel otsitakse pakke valest kohast ning järgneva

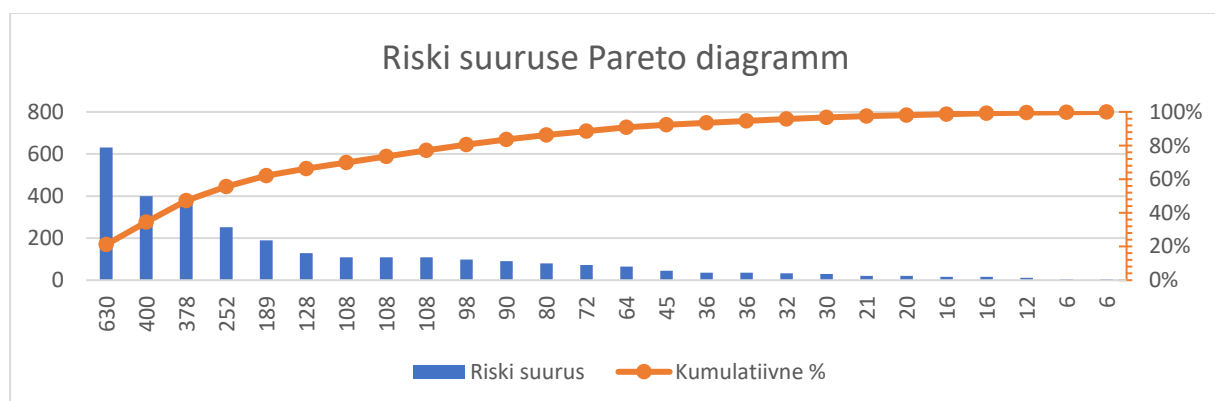
töö teostaja ei leia neid. Valesti sisestatud koguste korral on planeerijal vale info vajaminevate koguste kohta.

Kuuendaks tootmise etapiks on uste pressimise ja naelutuse plaani koostamine. Oluline on jälgida, et eelnevalt tootmisjuhi poolt määratud partiid saaksid valmis kliendi soovitud ajaks. Uste pressimise ja naelutuse plaan on dokument, mida täidavad erinevad töötajad. Tehnoloog-planeerija sisestab ja järjestab partiid, müügiesindaja sisestab toodetud kogused ning komponentide planeerija lisab info komponentide olemasolu kohta. Korruga saab dokumenti andmeid salvestada vaid üks kasutaja, mis seab piirangud faili kasutamisele.

4.1 Ettevõtte X tootmise planeerimise analüüs

PFMEA analüüsi (Lisa 6) meeskonna moodustasid tootmisjuht ning lõputöö autor. Analüüs annab vastuse vaatluse käigus avastatud probleemidele, mis saab planeerimise protsessis valesti minna ning mis on võimalikud vea esinemise mõjud. Igale tõrkele on antud hinnang selle tõsidusele, esinemise sagedusele ning avastamise võimalikkusele. Hinded on antud ühest kümneni ning nende väärtuste korrutis annab arvulise hinnangu riski suurusele, mis võimaldab luua järjestuse olulisemate vigade tuvastamiseks.

Lõputöö autor järjestas planeerimisprotsessis esinevad tõrked nende riski suuruse järgi ning koostas Pareto diagrammi, mille printsiipi järgides saavutatakse 80% kasu, kui lahendatakse 20% suurima mõjuga kitsaskohad (Joonis 12).



Joonis 12. Riski suuruse Pareto diagramm [autori koostatud]

Analüüsi tulemusena on suurima riski mõju suurusega ostu protsessis esinev risk ostuprotsessis, et BOM-ist on keeruline leida soovitud materjali koguseid ja kuupäevasad, millal materjale on vaja tellida (Tabel 3). Õigeaegsete ostusoovituste puudumise tõttu esineb materjalide hilinemist sageli ning ebapiisava materjali koguse tõttu esineb seisakuid tootmises tihti. Selle riski vähendamiseks on tootmisjuht loonud Excel'is erinevaid abidokumente ning tabeleid andmete salvestamiseks ja info saamiseks. Selle vea

esinemise vähendamiseks toimub kord nädalas ostumaterjalide koosolek, kus kontrollitakse tellimuste olemasolu ning oodatavat materjali saabumise aega.

Tabel 3. Suurima riski suurusega vea esinemise moodused.

Protsessi etapp	Võimalik vea esinemise moodus	Riski suurus
Ostuprotsess	BOM-ist on keeruline leida soovitud materjali koguseid ja kuupäevasisid ostumaterjalidele.	630
Komponentide töökäsu loomise protsess	Eelmise protsessi liikumine peab olema lõpetatud, et saaks teha järgmise protsessi töökäsku.	400
Tootmiskuupäeva lisamine (partiide määramine)	Liiga suur partii	378
Komponentide tootmine	Valed kogused laos	252
Tootmiskuupäeva lisamine (partiide määramine)	Liiga väike partii	189

Teiseks suurima mõjuga riskiks osutus WS-i piiratud võimalused, kus enne komponentide tootmise töökäskude loomist on vajalik, et töötaja sisestaks ning lõpetaks eelneva protsessi liikumise. Komponentide tootmise aeg pikeneb töökäsu koostamise aja võrra. Kehtestatud on reegel, et kõik töötajad sisestavad tehtud töö WS-i vähemalt iga vahetuse lõpus. Kui eelneva tööetapi liikumine pole andmebaasis, peab järgmise töö kohta edastama ülesande suuliselt. Suuline töö juhendamine suurendab vigade tekkimise võimalust ning vajab igapäevast tootmismeistrite ja planeerijate vahelist infovahetust.

Kolmas suurima riskiga vea esinemise moodus on tootmise partii suuruse määramine. Kliendi tellimuste lähetamine hilineb, kui tootmine ei täida tootmisjuhi poolt seatud eesmärki. Võimalikuks vea esinemise põhjuseks võib olla liiga suur toodete varieeruvus või ühe töökeskuse ülekoormamine. *Excel*'is loodud partii määramise tabelid ei ole seotud tootmispinkide tööressursi arvestamisega ning optimaalse partii määramine on seetõttu ebatäpne.

Suure riski hindega on ka olukord, kus töökäsul on toodud kogused andmebaasist, kuid tegelikult on pakis vähem. Valede koguste tõttu võib mõni partii jääda lõpetamata ning nende hiljem järgi tootmine vähendab tootmise efektiivsust. Valede koguste põhjuseks on enamasti eelneva töötaja eksimus komponendi jäagi lugemisel ning WS-is liikumise sisestamisel.

Liiga väikeste partiide loomine on samuti suure riskiga sarnaselt liiga suure partii loomisega. Väiksemate koguste korral on vajalik teha rohkem ümberseadistusi, suureneb

tootmiseks kuluv aeg ning tootmispinkide ühtlase hõivatuse planeerimine muutub keeruliseks.

4.2 Vajalikud ERP funktsioonid

PFMEA analüüsi käigus selgusid soovitatavad tegevused riskide vähendamiseks, mis võimaldas tuvastada funktsioonid, mida ettevõtte X jaoks sobiv ERP tarkvara peab sisaldama. Äriprotsesside tarkvarad sisaldavad sadu erinevaid funktsioone ning on oluline eristada, milline neist on ettevõtte X jaoks oluline. Lõputöö autor on toonud välja hinnangud funktsioonide vajadusele, kus 1 on vähe oluline, 2 on väga oluline ja 3 on kohustuslik funktsioon (Tabel 4). Käesoleva lõputöö käigus tuvastati funktsioonid, mis on vajalikud vaid planeerimisprotsessi jaoks, kuid kindlasti on oluline kaardistada ka teised ettevõtte X protsessid, et tuvastada vajalikud nõuded kõigi ettevõtte äriprotsesside jaoks.

Tabel 4. ERP funktsioonide nimekiri [autori koostatud]

ERP funktsioon	Olulisus		
	1	2	3
Elektrooniline andmete vahetuse süsteem klientidega. Müügitellimuste andmete automaatne laadimine klientidega.	X		
Partiide loomise võimalus ning manuaalse sekkumise võimalus partiide loomisel.			X
Ajakulu arvutamine erinevate partiide kombinatsioonide korral, partiide loomise soovitusel.		X	
Ostuprognooside loomine, automatiseeritud ostutellimused, ostusoovitused.			X
Materjalide ostusoovitused, juhtaegade arvutamine igale materjalile ja tarnijale.		X	
Erinevad tarnijad ühele materjalile, prioriteetse tarnija valiku võimalus.		X	
Võimalus võtta materjal arvele saatelehe põhjal ning lisada finantsandmed hiljem pärast arvete saabumist. Reaalse omahinna arvutamine.			X
Töökäskude paberivaba automaatne loomine, määramine töökeskustele.	X		
Pooltoodete tähtaegade arvestamine lõpptoote valmimistähtaja arvutamisel.			X
Automaatne paberivaba töö raporteerimine tootmises.		X	
Ühest materjalist mitme erineva pooltoote valmistamise võimalus ja vastupidi, alternatiivsete mõõtmetega materjali kasutamise võimalus.			X
Materjali saabumistähtaegade arvestamine tootmistellimuste järjestamisel.		X	

ERP funktsioon	Olulisus		
	1	2	3
Automaatne komponendijääkide arvutamine.			X
Kiire uute materjalide ja toodete andmebaasi sisestamise võimalus.		X	
Tootmistellimuste ümberplaneerimise soovitusel.		X	
Ressursside (inimressurss, tööpinkide võimsus) hõivatuse ülevaade.			X
Erinevate ladude sisestamise võimalus ja sidumine pakkidega.			X
Pakkide laos asukoha jälgimine, RFID võimalus.	X		
Materjalidele pakinumbrate ja laoaadresside lisamise võimalus.			X
QR-koodi või vöötkoodi lisamine pakkidele.			X
Võimalus kuvada joonised, tööprotsessi tehnilised kirjeldused töökeskustele töökäsuga.	X		
Planeeritud masinate hoolduse juhtimise või selle lisamise võimalus.		X	
Mitme kasutaja võimalus reaajas.		X	

4.3 Parendusettepanekud

PFMEA käigus selgusid ka võimalused tõrgete mõju suuruse vähendamiseks, mis ei ole seotud ERP tarkvara kasutuselevõtmisega (Tabel 5). Nendest parendusettepanekutest annab suurima mõju, kui määrata klientidele miinimumkogused sama mõöduga tootele, juurutada pakkide skaneerimise süsteem ning muuta ostuprotsessi lihtsamaks.

PFMEA käigus kirjeldati ka olemasolevad meetmeid, mis juba praegu vähendavad tõrgete mõju riski suurust. Samas tuvastas autor, et olulisemad riskid on seotud vananenud süsteemi ning kaasaegse äritarkvara puudumisega. Seetõttu on kaasaegse ERP lahenduse soetamine hädavajalik. Tänapäevased tarkvarad on oluliselt paindlikumad ning madalama hinnaga võrreldes varasemaga, mis muudab investeringu tasuvuse võimaluse suuremaks. Siiski on oluline veenduda, et tarkvara valik lahendaks ettevõtte X planeerimisprotsessi kitsaskohad ning juurutusprotsess viidaks edukalt lõpuni.

Tabel 5. Tõrgete mõju vähendamise võimalused [autori koostatud]

Parendusettepanekud	Riski suurus
Määrata kliendile toodete miinimumkogused.	189
Võtta kasutusele triipkoodi või muu skaneerimise süsteem. Selleks vajalik juurutada sobiv tarkvara.	128
Arendada ostuprotsessi süsteemi läbipaistvust.	108
Nõuda tarnijatelt kvaliteedi eelkontrolli enne kauba väljasaatmist.	80
Otsida uusi tarnijaid. Luua B2B suhteid.	64

Parendusettepanekud	Riski suurus
Töökäsul tuua välja oluline info helestusmarkeriga.	36
Juurutada TPM.	36
Automaatlisti lisamine, mis välistab vale toote valikut.	30
Vältida alternatiivsete materjalide tellimist. Alternatiivsete tarnijate valik.	21
Vältida viimasel hetkel materjali saabumise võimalust, tellida varem.	16

4.4 Edasised tegevused

Tuginedes töö käigus kirjeldatud teooriale ning tuvastatud puudustele, koostas lõputöö autor ettepanekud edasisteks tegevusteks:

- tuvastada ERP funktsioonide nõuded kõigis ettevõtte protsessides;
- koostada turul saadaolevate ERP tarkvarade funktsioonide ja hindade võrdlus;
- süsteemi loomine tootmise efektiivsemaks muutmiseks, vigade avastamiseks ja ennetamiseks protsessides, näiteks kvaliteedijuhtimissüsteemi juurutamine, digiauditi läbiviimine digitaliseerimise rakendamiseks, kulusäästliku tootmise meetodikate süsteemne kasutamine;
- juurutada seadmete tulemusliku hooldussüsteem;
- ajakohastada töökeskuste normajad.

Ettevõtte juhtkonna poolt seatud eesmärk, tuvastada võimalikud parendustegevused ning kirjeldada ettevõtte tootmise planeerimiseks vajalikud ERP funktsioonid, on autori poolt täidetud ning esitatud juhtkonnale edasiseks tegevusplaani koostamiseks. Autori poolt soovitatud tegevused tuleks ellu viia ettevõtte X eesmärgi ja võimalusi arvestades võimaldades muuta ettevõtte tootmine efektiivsemaks ja tõsta digitaliseerimise taset jätkusuutlikkuse tagamiseks.

KOKKUVÕTE

Tootmise planeerimine on oluline osa tootmisjuhtimisest, kuid võib ettevõtte eesmärkide muutudes jääda tihtipeale tähelepanuta. Tänapäeva ettevõtted peavad kohanema kliendi muutuvate soovidega ning vajadus uusi ja samas keerulisemaid tooteid toota esitab väljakutse nende planeerimisele. Iga lisanduv toode suurendab muutujate hulka, mille käsitsi haldamine osutub keerulisemaks ning vähendab täpsete tarnetähtaegade edastamist kliendile. Kaasaegsed tarkvaralahendused äriprotsesside planeerimiseks võimaldavad suurte andmemahtude korral oluliselt efektiivsemalt tootmist planeerida ning suurendavad ettevõtete digitaliseerimise taset.

Lõputöö on läbi viidud ettevõttes X, kus tootmise haldamiseks soetatud tarkvara ei võimalda toime tulla üha suureneva andmete hulgaga. Tootmise planeerimine on muutunud keerulisemaks ning juhtkond näeb lahendusena kaasaegse ERP tarkvara soetamist. Lõputöö autor pakkus välja teema uurida ettevõtte X tootmise planeerimise protsessi, et leida võimalusi selle parendamiseks. Sellega seoses seati töö eesmärgiks:

- tuvastada nõuded ettevõtte X vajadustele vastava ERP tarkvara funktsioonidele;
- teha parendusettepanekud tootmise planeerimise protsessile.

Töö eesmärgi täitmiseks rakendas töö autor andmete kogumiseks arendusuurimuse meetodit, et kaardistada planeerimisprotsess. Töö autor vaatles seitset ettevõtte töötajat ning nende tööülesandeid protsessi erinevates etappides. Kokku tuvastati kuus erinevat etappi, mis olid otseselt seotud tootmise planeerimisega. Tootmise planeerimiseks kasutab ettevõtte 15 erinevat *MS Office* faili ning tootmise ja materjali haldustarkvara *Woodware*. Ettevõtte planeerimisprotsessi süsteem osutus keeruliseks *Excel*'i dokumentide süsteemiks, kus tootmisaegade väljaselgitamiseks ja tootmisest ülevaate saamiseks kasutatakse erinevaid tabeleid.

Planeerimisprotsessi analüüsi etapis koostas töö autor kogutud info põhjal PFMEA, mis võimaldas kindlaks määrata suurima mõjuga probleemid. Tõrgete liigi ja mõju analüüsi käigus oli võimalik tuvastada planeerimisprotsessi kitsaskohad ning leida neile võimalikud lahendused. PFMEA käigus oli võimalik tuvastada lõputöö eesmärgiks seatud võimalikud parendustegevused ja ERP funktsioonid.

Protsessi tõrgete ja liigi analüüsi käigus tuvastati 26 võimalikku vea esinemise moodust, mille tõrke suuruse hindamisel osutus ettevõtte X suurimaks riskiks ostuprotsessi keerukus. Kriitilise tähtsusega on tootmispartiide määramine ning automaatsete töökäskude loomine. Parendusettepanekutest osutusid olulisemateks vajadus määrata klientidele toodete tellimise miinimumkogused, võtta kasutusele pakkide skaneerimise süsteem tootmises ning leida moodused ostuprotsessi läbipaistvuse suurendamiseks.

Töö tulemusena koostas autor nimekirja ettevõtte jaoks sobiva ERP tarkvara funktsioonidest ning parendusettepanekutest, mis täitis ettevõtte X juhtkonna poolt seatud eesmärgi. Töö autor peab edasiste sammudena vajalikuks:

- selgitada välja ettevõtte teiste protsesside nõuded ERP funktsioonidele;
- koostada võrdlev analüüs erinevatele ERP teenuse pakkujatele sobivaima lahenduse leidmiseks;
- efektiivsuse tõstmise süsteemi loomine, nt kvaliteedijuhtimissüsteemi juurutamine, digiauditi läbiviimine digitaliseerimise rakendamiseks, kulusäästliku tootmise metoodikate süsteemne kasutamine.

Töö käigus kasutatud protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüsi meetod osutus kasulikuks meetodiks ettevõtte vajaduste hindamiseks ja olulisuse määramiseks, mida saab rakendada ka edaspidi. Lõputöö käigus saadud tulemused toetavad ettevõtte X arengut, et tõsta digitaliseerituse taset jätkusuutlikkuse tagamiseks ning leida võimalused protsesside efektiivsemaks muutmiseks.

SUMMARY

Production planning is an essential part of production management, but can often be overlooked as business objectives change. Today's companies have to adapt to changing customer demands, and the need to produce new yet more complex products presents a challenge to their planning. Each additional product increases the number of variables that become more difficult to manage manually and reduces the ability to communicate accurate delivery times to the customer. Modern software solutions for business process planning allow for a much more efficient production planning when dealing with large volumes of data and increase the level of digitalization of companies.

The Bachelor thesis titled *Analysis of the Production Planning Process at Company X and Improvements to be Achieved* aims to identify opportunities for enhancing the production planning process.

The main goal was to

- map the processes involved in production planning for company X;
- identify the bottlenecks in the processes and assess the magnitude of their impact;
- identify the functions required for the planning process in Company X, which the software system must meet;
- prepare improvement proposals for bottlenecks.

The thesis aim was to map Company X's production planning process, identify bottlenecks, and suggest improvements for more efficient production management. The task given by the management was to identify the requirements for the ERP software. The mapping of the planning process is necessary for software providers to find the most suitable one for the company's needs. It is important to identify the capabilities that the new production management software should offer to solve current problems that will also bring real benefits to the company.

The thesis is written in four parts. The first chapter introduces the principles of production scheduling and gives a brief overview of computer-based planning systems. The second part describes the analysis and research methods used in the work. The third chapter introduces the current situation of the company and the production planning process and highlights the most important efficiency indicators. In the fourth part, an analysis of the planning process is made, the results of the research are described and possible solutions to the problems are given.

The author of the thesis used a development research method to collect data, which resulted in a mapping of the company's planning process. Based on the information collected during the mapping process, the author performed a process failure and type

analysis, which allowed to identify the most impactful failures that reduce production efficiency.

The analysis of process failures and types identified 26 possible failure points, with the largest risk for Company X in terms of failure size being the complexity of the purchasing process. The critical factors are the assignment of production batches and the creation of automated work orders. Among the suggestions for improvement, the need to set minimum quantities for ordering products from customers, to introduce a system for scanning packages in production and to find ways to increase the transparency of the purchasing process were the most important.

As a result of the work, the author compiled a list of ERP software features and improvement suggestions that fulfilled the objective of the thesis. The author of the thesis considers that further steps are necessary:

- identify the requirements of the company's other processes for ERP functions;
- to carry out a comparative analysis of the different ERP service providers in order to find the most suitable solution;
- setting up an efficiency improvement system, such as the introduction of a quality management system, conducting a digital audit to implement digitalization, systematic use of lean methodologies.

The method of process failure type and impact analysis used in the thesis proved to be a useful method to assess the needs and determine the importance of the company, which can be applied in the future. The results of the thesis will support the development of Company X to increase the level of digitalization and to find ways to make processes more efficient.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Rivo, „Miks vahetasid ettevõtted oma majandustarkvara? [2020]“, Astro Baltics.
Vaadatud: 6. aprill 2024. [Online]. Available at:
<https://astrobaltics.eu/uudised/tagasivaade-2020-aastasse-miks-vahetas-nii-suur-hulk-ettevotteid-oma-majandustarkvara/>
- [2] J. Lavin ja M. Lavin, *Terviklik tootmine: tootmise juhtimine ja planeerimine*. Tallinn: Lavin Kirjastus, 2021.
- [3] K. Türk ja A. Siimon, *Juhtimine: teoreetilised alused, 2.*, Täiend. tr. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2004.
- [4] „Tootmise planeerimisel tuleks kasutada kombineeritud süsteeme“. Vaadatud: 6. aprill 2024. [Online]. Available at:
<https://www.toostusuudised.ee/uudised/2019/04/22/tootmise-planeerimisel-tuleks-kasutada-kombineeritud-susteeme>
- [5] A. Hermaste *et al.*, *Nüüdistootmine: kõrgkooli õpik*. Tallinn: TalTech, 2023.
- [6] J. Riives ja J. Lavin, *Tootmise korraldamine: õppematerjal kutsekoolidele*. Innove kutseharidus. Tallinn: Innove, 2014.
- [7] H.-E. Kabral ja A. Gornischeff, *Tootmine ja operatsioonijuhtimine*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2007.
- [8] M. Corporation, „What Is Enterprise Resource Planning (ERP)?—Microsoft Dynamics 365“. Vaadatud: 6. aprill 2024. [Online]. Available at:
<https://dynamics.microsoft.com/en-us/erp/what-is-erp/>
- [9] M. Maido, „ERP trendid 2023—2024“, *Äri-IT Sügis 2023*, lk 23–24, 2023.
- [10] NetSuite.com, „15 Benefits of ERP for Businesses in 2024“, Oracle NetSuite.
Vaadatud: 6. aprill 2024. [Online]. Available at:
<https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/erp-benefits.shtml>
- [11] „Tootmise digitaliseerimine. Kuidas alustada tootmise digitaliseerimist?“, Atemix Tööstusautomaatika. Vaadatud: 11. aprill 2024. [Online]. Available at:
<https://atemix.ee/tootmise-digitaliseerimine-kuidas-alustada-tootmise-digitaliseerimist/>
- [12] „Digidiagnostika - saavuta kõrgem tootlikkus läbi efektiivsuse tõstmise“, Atemix Tööstusautomaatika. Vaadatud: 11. aprill 2024. [Online]. Available at:
<https://atemix.ee/digidiagnostika-audit-digitaliseerimine/>
- [13] „JUHEND tehnoloogia didaktika erialade kirjalike tööde koostamiseks ja vormistamiseks“, Tallinna Ülikool, loodus- ja terviseteaduste instituut, 2015.
- [14] „ÜLIÕPILASTÖÖDE JUHEND“, Tallinna Ülikool, kasvatusteaduste instituut, 2010.

- [15] „PFMEA - protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüs“, TJO Konsultatsioonid. Vaadatud: 15. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://www.tjo.ee/koolituskalender/pfmea-protsessi-torgete-liigi-ja-moju-analuus-15-1-2020/>
- [16] „Process FMEA | Process Failure Mode & Effects Analysis | Quality-One“. Vaadatud: 15. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://quality-one.com/pfmea/>
- [17] G. Forrest, „FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) Quick Guide“, isixsigma.com. Vaadatud: 15. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://bigscoots.isixsigma.com/uncategorized/fmea-quick-guide/>
- [18] „FMEA-slaidid-Modome-Learning.pdf“. Vaadatud: 15. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://modome.ee/wp-content/uploads/2021/03/FMEA-slaidid-Modome-Learning.pdf>
- [19] „Tarkvara tootmisettevõtetele“. Vaadatud: 6. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://archive.ph/iZXTh>
- [20] „Tarkvara tootmisettevõtetele 2“. Vaadatud: 6. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://archive.ph/aIWJn>
- [21] Marek, „Puust ja punaseks: mis on produktiivsus ja efektiivsus | Leanway“, Lean juhtimine praktikute abiga. Vaadatud: 21. aprill 2024. [Online]. Available at: <https://leanway.ee/produktiivsus-ja-efektiivsus/>

Lisa 1. Tellimuse sisestamise tööleht BOM-is

Container loading	Month	Production Date	Order Received	Klient / LP.	Tellimus / Dec.	Dec. Delivery W/C	Act. Delivery W/C	NETT DOOR DESCRIPTION	QTY ORDERED	QTY machined	Qty to machine	Qty assembled	Qty to assemble	QTY Complete	QTY remaining
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	XGG_H_762	48	48	0	48	0	48	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	XGG_H_838	48	48	0	48	0	48	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	FLB_H_610_Z	72	72	0	72	0	72	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	FLB_H_686_Z	48	48	0	48	0	48	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	FLB_H_762_Z	120	120	0	120	0		120
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	FLB_H_838_Z	216	216	0	216	0		216
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	FLB_H_813_Z	24	24	0	24	0	24	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	LB_H_686_Z	29	29	0	29	0	29	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	LB_H_762_Z	87	87	0	87	0	87	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	LB_H_838_Z	29	29	0	29	0	29	0
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	OAK_LB_686_H	52	52	0	52	0		52
02.04.2024	4	18.03	10.01		000P638157	W/C 22/04	W/C 08/04	OAK_LB_762_H	78	78	0	78	0	78	0
05.04.2024	4	25.03			136712045	W/C 15/04		FLB_T_762_V	225	80	145		225		225
05.04.2024	4	25.03			136712045	W/C 15/04		XG_WP_762	175	175	0	175	0	175	0
05.04.2024	4	25.03			136712045	W/C 15/04		FLB_T_838_V	200	200	0	135	65		200
05.04.2024	4	25.03			136712045	W/C 15/04		XG_E_762	50	50	0	50	0		50
05.04.2024	4	25.03			136712045	W/C 15/04		XG_WP_838	75	75	0	75	0		75
05.04.2024	4	25.03			136712045	W/C 15/04		XG_E_838	50	50	0	50	0		50
05.04.2024	4	25.03			136712045	W/C 15/04		XG_E_813	25	25	0	25	0		25

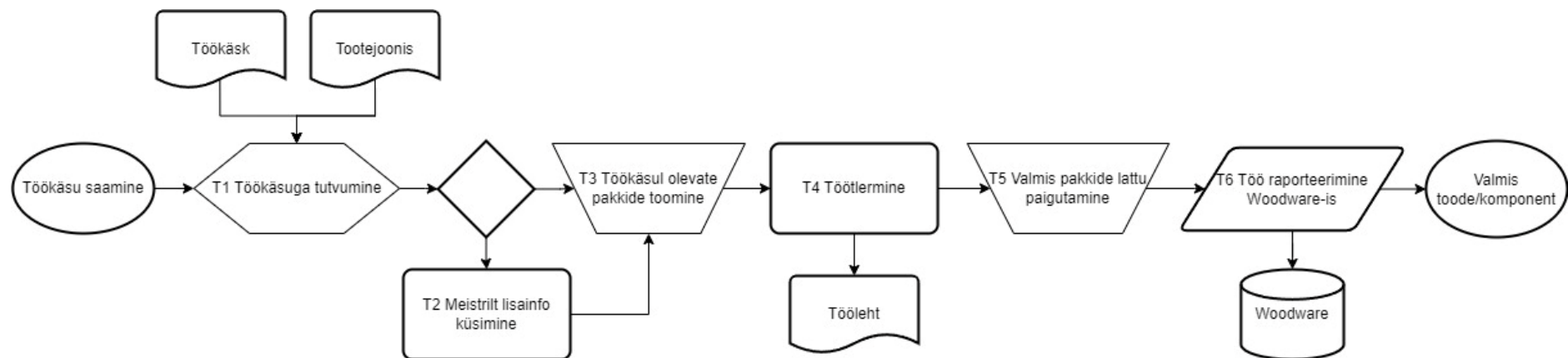
Lisa 2. Laoseisu ja tellimuste vajaduse koondtabel

Sum of qty.1			machining	order number						
Name	Component fin S	Kontroll	(tühi)	19.03.2024	20.03.2024	21.03.2024	22.03.2024	25.03.2024		
							000P638174	000P744288	000P772242	000P839607
FLB H 1981 külg	44 x 95 x 1987	(tühi)	1572			-3598				
	47 x 100 x 1987	(tühi)	715							
FLB H 2032 külg	44 x 95 x 2038	(tühi)				-116				
		puuritud	95							
FLB H 1981 laud	50 x 100 x 1910	(tühi)	2690							
	13,5 x 95 x 1910	(tühi)	780							-11211
	13 x 95 x 1910	(tühi)	65							
FLB H 2032 laud	13,5 x 95 x 1960	(tühi)	320							-388
	13 x 95 x 1960	(tühi)	475							
FLB H 610 ema-laud	13,5 x 88 x 1910	(tühi)							-28	
FLB H 686 ema-laud	13,5 x 76 x 1910	(tühi)	350					-56	-56	-56
FLB H 762 ema-laud	13,5 x 64 x 1910	(tühi)	1097				-120	-138	-111	-442
FLB H 813 ema-laud	13,5 x 27 x 1960	(tühi)							-28	-28
FLB H 838 ema-laud	13,5 x 52 x 1910	(tühi)	1221				-249	-166	-194	-138
FLB H 610 otsapuu	44 x 95 x 440	(tühi)	166		-28					
FLB H 686 otsapuu	44 x 95 x 516	(tühi)	1366		-168					
FLB H 762 otsapuu	44 x 95 x 592	(tühi)	1611		-811					
FLB H 813 otsapuu	44 x 95 x 643	(tühi)	108		-56					
	47 x 100 x 653	(tühi)	220							
FLB H 838 otsapuu	44 x 95 x 668	(tühi)	1391		-747					
FLB H 610 pöön	28 x 120 x 420	(tühi)	154		-56					
FLB H 686 pöön	28 x 120 x 496	(tühi)	235		-333					
FLB H 762 pöön	28 x 120 x 572	(tühi)	1052		-1621					
FLB H 813 pöön	28 x 120 x 623	(tühi)	25		-112					
FLB H 838 pöön	28 x 120 x 648	(tühi)	1519		-1492					
FLB H 610 diagonaal	28 x 95 x 908	(tühi)	564						-56	
FLB H 686 diagonaal	28 x 95 x 945	(tühi)	456					-111	-111	-111
FLB H 762 diagonaal	28 x 95 x 988	(tühi)	1523				-240	-276	-221	-884
FLB H 813 diagonaal	28 x 95 x 1038	(tühi)	300						-56	-56

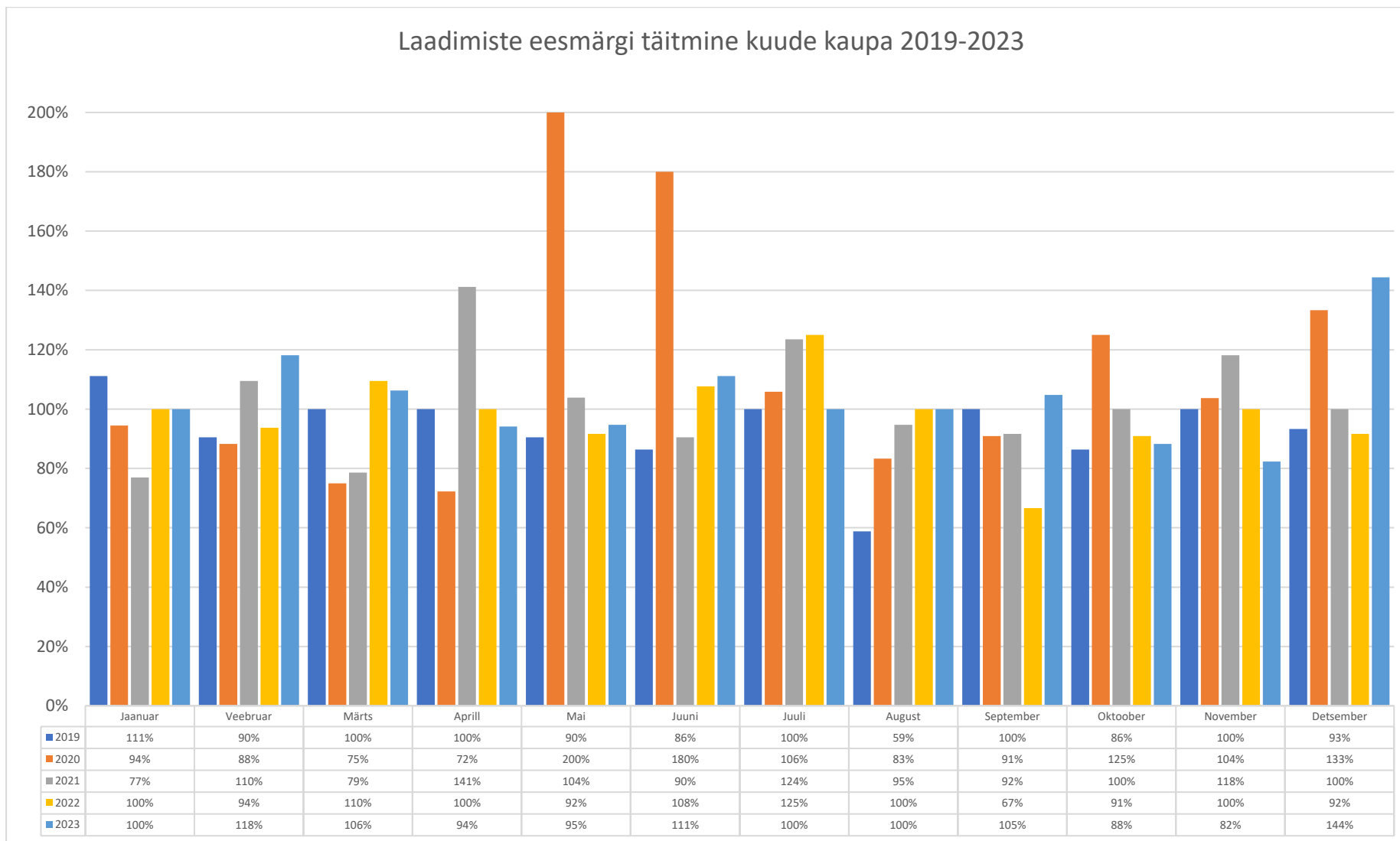
Lisa 3. Uste pressimise ja naelutuse plaan

*note		VP1 - RAAMID						VP2- PANEELUKS						ROBOTI NAELUTUS												
Probleem		FLB Norm = 240		0,571428571		ust/min	min/vah	420		2XG Norm = 240		0,571428571		ust/min	min/vah	420		FLB Norm = 240		0,558139535		ust/min	min/vah	430		
Naelutatud										4P/6P/Skr Norm= 100		0,238095238		ust/min				GTG/GTF norr 160		0,372093023		ust/min				
Tellimuse viimane pakk valmis		GTG/GTF norm 160		0,380952381		ust/min																				
Kuupäev	Mii	Klient	Tellimuse nr.	Tootmis	Toode	Tellitud TK	Toodetu d TK	Eesmärk	Klient	Tellimuse nr.	Tootmis	Toode	Tellitud TK	Toodetu d TK	Eesmärk	Klient	Tellimuse nr.	Tootmist ellimus	Toode	Tellitud TK	Toodetu d TK	Eesmärk				
24.apr	24.4.24	kolmap	0	0																						
24.apr	6-16																									
24.apr	7-17																									
24.apr	8.10-18		003320		GTG 2134 x 2134 Parem	10		48		003412		FLB T 686 Z	50		27											231
24.apr	9-19		003320		GTG 2134 x 2134 Vasak	10		35		889895		FLB T 686 V	50		54											208
24.apr	10.30-11.39		003320		GTF 1981 x 2134 Uks. Parem	30		42		903751		FLB T 686 V	25		57											186
24.apr	11.30-12.39		003320		GTF 1981 x 2134 Uks. Vasak	30		50		Container2		FLB T 686 V	75		109											164
24.apr	12.40-13.39		003320		GTG 2134 x 2134 Uks. Parem	20		47		Container3		FLB T 686 V	50		136											142
24.apr	13.30-14.39		003320		GTG 2134 x 2134 Uks. Vasak	20		44		889895		FLB T 610 V	50		164											120
24.apr	Shift change																									
24.apr	14.30-15.39							22							141											98
24.apr	15.30-16.39							0							119											76
24.apr	16.40-17.39																									
24.apr	17.30-18.39																									
24.apr	19-29																									
24.apr	20-30																									
24.apr	21.10-31																									
24.apr	22-32																									
25.apr	25.4.24	neljapä	0	0																						
25.apr	6-16																									
25.apr	7-17																									
25.apr	8.10-18							0							96											53
25.apr	9-19		889895		FLB T 915 V	75		52							73											31
25.apr	10.30-11.39		903751		FLB T 915 V	50		80							50											9
25.apr	11.30-12.39		003320		FLB T 915 Z	24		81							28		003320		FLB T 838 Z	24						11
25.apr	12.40-13.39		003412		FLB T 915 Z	50		108							5		003412		FLB T 838 Z	175						164
25.apr	13.30-14.39							85							0											142
25.apr	Shift change																									
25.apr	14.30-15.39							63							0											120
25.apr	15.30-16.39							40							0											97
25.apr	16.40-17.39																									
25.apr	17.30-18.39																									
25.apr	19-29																									
25.apr	20-30																									
25.apr	21.10-31																									
25.apr	22-32																									

Lisa 4. Tootmise protsess



Lisa 5. Laadimiste eesmärgi täitmine kuude kaupa 2019-2023



Lisa 6. PFMEA analüüs

Protsessi etapp	Võimalik vea esinemise moodus	Võimalik ebaõnnestumise mõju	Tagajärgede tõsidus	Võimalikud põhjused	Esinemise sagedus	Olemasolev kontrolli meetod	Avastamise võimlaus	Riski suurus	Soovitavad tegevused
1. Tellimuste sisestamine BOM-i	Vale toode	Tootmine toodab vale toote, mida klient ei soovi. Pole piisavalt materjali, et toota õige toode pärast vea avastamist. Tootmine töötab ebaefektiivselt ning kulutab aega uuesti tootmisele.	10	Vale rea kopeerimine e- kirjast või valele reale kleepimine BOM-i.	1	Sama info sisestatakse ka kliendi laadimise faili, kus kliendi saadetud kood võrreldakse tootmise koodiga.	3	30	Automaatlisti lisamine BOM-i, mis välistab vale toote valikut. ERP-i funktsioon: elektrooniline andmete vahetuse süsteem klientidega.
	Vale kogus	Tootmine kulutab aega liiga suurte koguste tootmiseks või väiksema koguse puhul toodetakse vähem ning samuti ei pruugi jätkuda materjali suurema koguse tootmiseks, sest ostetud on vähem materjali.	6	Vale rea kopeerimine e- kirjast või valele reale kleepimine BOM-i.	1	Tellimus sisestatakse kliendi laadimise faili, kus valede koguste korral jääb konteineris ruumi üle või puudu. Edastatakse kliendile info, et avastada koguste vead.	1	6	ERP-i funktsioon: elektrooniline andmete vahetuse süsteem klientidega.
2. Tootmiskuupäeva lisamine (partiide määramine)	Liiga suur partii	Tootmine ei suuda täita eesmärki ning lähetamine hilineb. Liiga suure ühe toote partii korral tekib ülekoormus ühele töökeskusele ning alakoormus teistele. Liiga suur toodete varieeruvus tõstab seadistuste arvu ning väheneb produktiivsus.	9	Liiga suur toote varieeruvus. Liiga väike toodete varieeruvus.	6	Uste koostamine sisestatakse Excel'isse, kus on näha, millal viimane tellimuse uks on valmis. Tootmisjuht jälgib BOM-is toote faktorit ning jooksvaid meetreid hõõvelpingis.	7	378	ERP-i funktsioon: partiide loomise võimalus ning manuaalse sekkumise võimalus partiide loomisel.
	Liiga väike partii	Tootmise efektiivsus on madalam rohkete ümberseadistuste tõttu. Lähetused võivad hilineda, materjali kulu on suurem, Tööpingid pole hõivatud ühtlaselt.	9	Sagedasem tootevahetus soodustab pikemat tootmisaega. Korduvuste sagedus on suurem.	7	Väiksemate koguste korral toota kaugema tuleviku tooted lattu.	3	189	Määrata kliendile toodete miinimumkogused. ERP-i funktsioon: arvutada ajakulu erinevate partiide kombinatsioonide korral.

Protsessi etapp	Võimalik vea esinemise moodus	Võimalik ebaõnnestumise mõju	Tagajärgede tõsidus	Võimalikud põhjused	Esinemise sagedus	Olemasolev kontrolli meetod	Avastamise võimlaus	Riski suurus	Soovitavad tegevused
3. Ostuprotsess	BOM-ist on keeruline leida soovitud materjali koguseid ja kuupäevased ostumaterjalidele.	Ostumaterjal saabub liiga hilja ning tootmine võib seiskuda. Materjali kogus pole piisav, tootmise seisaku oht.	10	Puuduvad ostusoovitused. Tuleviku tellimuste ennustused pole sisestatud.	9	Loodud on ostumaterjalide tellimise ja saabumise fail, mida täiendatakse kord nädalas ostukoosolekul. Luuakse ennustuse tellimused ostu plaani.	7	630	ERP-i funktsioon: ostumaterjalide automaatsed ostusoovitused, mis põhinevad nii kinnitatud tellimustele kui ka ennustustele.
	Tarnijatel ei ole õiget pikkuse, suuruse või kvaliteediga puitu.	Laos pole piisavalt materjali, tootmine võib peatuda.	8	Tarnijal võivad olla probleemid. Me oleme andnud liiga lühikese etteteatamise tarnijale.	4	Materjali ostetakse erinevatelt tarnijatelt.	2	64	Otsida uusi tarnijaid. Luua B2B suhteid. ERP-i funktsioon: juhtaegade automaatne arvutamine igale materjalile ja tarnijale, samale materjalile erinevate tarnijate lisamise võimalus ning eelistatud tarnija valik.
	Turul pole piisavalt materjali	Tootmisel ei ole piisavalt materjali ning tootmine peatub.	8	Tarnija madal laoseis. Tarnijal võivad olla probleemid. Hooajalised probleemid, transpordi probleemid, üldine majandusolukord maailmas. Meie klienditellimuste kogus suureneb järsult. Tarnijate tellimuste arv suureneb järsult.	2	Materjali ostetakse erinevatelt tarnijatelt ja tehakse kvartali ja aasta kokkuleppeid. Klientidelt küsitakse tellimuste ennustusi.	2	32	Otsida uusi tarnijaid. Luua B2B suhteid.
	Tööjõu ressurss on piiratud	Ostutellimused tehakse viimasel hetkel või hilja. Ostujuht tegeleb pikema juhtajaga ostutellimustega, mitte kiirematega.	9	Ühe töötaja töökoormus on liiga suur. Tootmisse lisandub uusi tooteid, materjale järjepidevalt, kuid tööjõuressurssi ei ole muudetud.	6	Asendustöötajad saavad sisestada saatelehti andmebaasi. Kord nädalas toimub ostu koosolek, kus käsitletakse võimalikke probleeme.	2	108	Arendada ostuprotsessi süsteemi läbipaistvust. ERP-i funktsioon: automaatsed ostutellimused.
	Materjali kvaliteedi-probleemid	Mittekvaliteetset materjali ei saa kasutada tavapärastel ja/või materjal saadetakse tagasi. Seisak või ebaefektiivsus tootmises materjali puudumise tõttu.	10	Kasutatud on tundmatut/uut tarnijat. Tarnija kvaliteedikontrolli viga.	2	Külastatakse tarnijaid, tutvutakse nende tootmise ja kvaliteedisüsteemiga.	4	80	Nõuda tarnijatelt kvaliteedi eelkontrolli enne kauba väljasaatmist.

Protsessi etapp	Võimalik vea esinemise moodus	Võimalik ebaõnnestumise mõju	Tagajärgede tõsidus	Võimalikud põhjused	Esinemise sagedus	Olemasolev kontrolli meetod	Avastamise võimlaus	Riski suurus	Soovitavad tegevused
	Ostumaterjalid ei ole WS-is arvel nende saabumise hetkel, vaid mitu päeva hiljem.	Planeerijad ei saa teha töökäske enne, kui materjal ei ole WS-is arvel. Töötajad ei saa teha liikumist WS-is. Konteineri laadimine hilineb.	8	WS-i süsteemi eripära, et finantsandmeid ei saa sisestada hiljem. Enne materjali arvele võtmist on vajalik oodata selle tegelikku maksumust ja transpordikulu.	2	Toodetakse suulise juhendamisega. Kasutatud materjalid ja töötulemus salvestatakse kirjalikult. Informatsioon müügile konteineri valmimise kohta edastatakse suuliselt.	1	16	Vältida viimasel hetkel materjali saabumise võimalust, tellida varem. ERP-i funktsioon: võimalus võtta materjal arvele saatelehe põhjal ning lisada finantsandmed hiljem pärast arvete saabumist.
4. Komponentide töökäsu loomise protsess	Iga protsessi kohta tehakse eraldi töökäsk.	Tootmine ei saa toota ilma töökäsuta.	10	Praeguse tootmistarkvara piiratud võimalused.	2	Töökäske loob komponentide planeerija äraolekul tootmisjuht, teine planeerija või meister.	1	20	ERP-i funktsioon: automaatne töökäskude loomine.
	Eelmise protsessi liikumine peab olema lõpetatud, et saaks teha järgmise protsessi töökäsku.	Viivitused töökäskude koostamisel, tootmine peab ootama töökäsku. Pikeneb tootmisaeg tööprotsessi liikumise tegemise ja töökäsu koostamise aja võrra.	10	Eelmine töökäsk pole lõpetatud. Töötaja pole protsessi liikumist sisestanud.	8	Kohustus sisestada liikumine iga vahetuse lõpus. Tagatud on komponentide planeerija ja meistrite vaheline informatsiooni liikumine suuliselt.	5	400	ERP-i funktsioon: automaatne töökäskude loomine, automaatne tööde raporteerimine töökohal koheselt pärast töö valmimist.
	Komponentide planeerija sisestab töökäsule vale väljatuleva toote.	Tootmine toodab valede mõõtmete või vale profiiliga komponendi.	7	Liiga palju erinevaid komponente töökäsu loomise nimekirjas. WS-i süsteemi keerukus. Kätsi komponentide valimise vajadus.	2	Töökäsku kontrollitakse pärast selle loomist töötajate poolt, kes tööd täitma asuvad.	7	98	ERP-i funktsioon: automaatne töökäsu loomine ilma vajaduseta valida tooteid manuaalselt.
	Ei ole näha komponentide töökäsu seost uste tootmise ega kliendi tellimustega.	Muudetakse komponentide tootmisplaani viimasel hetkel, valesti. Tekib seisak uste tootmises.	6	Piiratud WS-i võimalused. Erinevate toodete arvu kasv. Pole näha töökäskude omavaheline seos.	9	Kasutatakse tootmistahvliit ning Excel'i faili töökäskude järjestamiseks ja ülevaate saamiseks.'	2	108	ERP-i funktsioon: töökäskude vaheliste seoste nägemise võimalus, automaatne komponentide järjestus vastavalt uste tootmisele ja materjali saabumisele.
	Loodud töökäsu faili nimi jääb muutmata.	Juhul, kui prinditud töökäsk kaob, saab kahjustada, vajatakse koopiat, siis peab planeerija looma töökäsu uuesti, ajakulu.	4	WS loob samale protsessile loodud töökäsed sama nimega ning järgnev töökäsk salvestab selle üle.	2	Kontrollimiseks võrdleb planeerija prinditud töökäske salvestatud töökäskudega.	2	16	ERP-i funktsioon: automaatne, paberivaba töökäsk.

Protsessi etapp	Võimalik vea esinemise moodus	Võimalik ebaõnnestumise mõju	Tagajärgede tõsidus	Võimalikud põhjused	Esinemise sagedus	Olemasolev kontrolli meetod	Avastamise võimlaus	Riski suurus	Soovitavad tegevused
	Valed kogused töökäsul.	Toodetakse valed kogused. Ebaefektiivne tootmine, lisaseadistuste tegemine, materjali lattu jäämine.	5	Kogused arvutatakse manuaalselt.	3	Töötaja kontrollib ja arvutab üle soovitud kogused.	3	45	ERP-i funktsioon: automaatne koguste arvutus.
	Valed kogused WS-is.	Komponente jääb puudu või toodetakse rohkem ning töötlemise aeg pikeneb.	9	Liikumised sisestatakse WS-i käsitsi. Eksimise võimalused arvutamisel, paki jääkide loendamisel.	2	Inventuurid üle kuu, liikumised kontrollib üle meister enne nende lõpetamist. Töötajate koolitamine, kuidas arvestada koguseid ja sisestada WS-i.	5	90	ERP-i funktsioon: automaatne koguste arvutus töö raporteerimisel.
	Vajadus luua uus/alternatiivne komponent standardsele tootele.	Valesti toodetud komponent, lisanduv operatsioon komponendi tootmiseks.	7	Alternatiivsetele lahendustele puudub joonis. Standardse tootmise jaoks puudub õige materjal ning peab kasutama alternatiivseid meetodeid.	1	Lisada töökäsule käsitsi selgitus, joonis.	3	21	Vältida alternatiivsete materjalide tellimist. Alternatiivsete tarnijate valik.
	Komponentide töökäskude järjekorra loomine.	Komponendid ei ole valmis õigel ajal. Seadistused on ebaefektiivsed ja aeganõudvad.	9	Komponentide prioriteetsust on keeruline tuvastada. Planeerija teadlikkus tööpinkide seadistuste eripäradest.	6	Planeerija küsib seadistuste kohta infot töötajatelt, meistritelt. Prioriteetsuse kontrolli uste koostamise plaani võrdlemisel komponentide tootmise ajakavaga.	2	108	ERP-i funktsioon: automaatne komponentide töö järjekorra loomine, mis arvestab komponendi tootmise juhtaegasid ja materjali saabumist.
5. Komponentide tootmine	Valed kogused laos	Komponente jääb puudu või on rohkem.	9	Töötaja on eelmises etapis sisestanud andmebaasi vale koguse.	7	Meister kontrollib liikumist enne selle lõpetamist.	4	252	ERP-i funktsioon: automaatne koguste arvestus töö raporteerimisel.
	Sisestatakse vale laoaadress	Pakkide, materjali otsimine laost on aeganõudev, ei leita pakke, seisakud töös.	8	Töötajad sisestavad vale laoaadressi liikumisse. Töötajad ei tee pakkide asukoha muutmise korral laoaadressi muutust WS-is.	4	Inventuurid üle kuu. Meister kontrollib laoaadressid üle, helistab töstukijuhile enne liikumise lõpetamist.	4	128	Võtta kasutusele triipkoodi või muu skaneerimise süsteem. Selleks vajalik juurutada sobiv tarkvara. ERP-i funktsioon: laoaadresside lisamise võimalus, skaneerimise võimalus.

Protsessi etapp	Võimalik vea esinemise moodus	Võimalik ebaõnnestumise mõju	Tagajärgede tõsidus	Võimalikud põhjused	Esinemise sagedus	Olemasolev kontrolli meetod	Avastamise võimlaus	Riski suurus	Soovitavad tegevused
	Töökäsust on valesti aru saadud	Töötaja töötleb detaili valesti, valed kogused.	4	Töötaja ei järgi töökäsku, joonist. Uus tootenimetuste süsteem ei ole piisavalt arusaadav, ei leita tootmisjoonist.	3	Meistrid veenduvad, et töötaja sai töökäsust aru, vajadusel annab lisainfot. Töötajatel on ligipääs joonistele tehase arvutites. Lihtsustatud on toodete nimetusi: töökäsul ja joonistel sama nimetus.	3	36	Töökäsul tuua välja oluline info helestusmarkeriga. ERP-i funktsioon: töökäsuga on seotud joonis, tehniline spetsifikatsioon.
	Sisestatud on vale paki number	Ei leita pakke tootmise ladudest.	8	Käsitsi paki numbrisi sisestamine WS-i.	3	Meistrid kontrollivad liikumisi enne nende lõpetamist. Üle kuu toimuvad inventuurid.	3	72	Võtta kasutusele triipkoodi või muu skaneerimise süsteem. ERP-i funktsioon: paki numbrite lisamise võimalus, skaneerimise võimalus.
	Masina rike	Vajadus muuta tootmise plaani ning tööde järjekorda, pinkide hõivatust. Ebaefektiivne tootmine.	6	Lõiketerade vead, elektrilised probleemid, kehv masinate hooldus.	3	Olemas on tehniliste rikete salvestamise fail. Mõned ülepinge kaitsed elektrisüsteemidel või masinatel. Majasisene teritus.	2	36	Juurutada TPM. ERP-i funktsioon: TPM funktsiooni võimalus, välise TPM lisamise võimalus.
6. Uste pressimise ja naelutuse plaani loomine	Valed normid, kogused, kuupäevad	Tooted saavad valmis liiga vara või liiga hilja.	6	Pressi plaani koostamine toimub käsitsi. Tabel ei arvesta puhkepäevi automaatselt, Normide täitmine sõltub materjali kvaliteedist ja olemasolust.	1	Pressi plaani jälgivad erinevad töötajad ning vigade korral toimub kohene infovahetus.	1	6	ERP-i funktsioon: uste koostamise planeerimine vastavalt partiidele ja materjali, komponentide olemasolule.
	Ei ole näha komponentide saadavust	Meister ei tea, et komponente jääb puudu ning töö jääb pooleli. Ebaefektiivne tootmine, lisaseadistused.	3	Tegemist on jagatud failiga ning fail pole vaba igal hetkel. Komponentide planeerija ei ole lisanud komponentide olemasolu kohta infot pressi plaanis	2	Komponentide kontroll 1-2 korda nädalas ning info sisestamine pressi plaani. Järjepidev muudatuste tegemine plaanis, et oleks kuvatud õige info kõigile.	2	12	ERP-i funktsioon: automaatne komponentide olemasolu arvutamine.