Hendrik Laanemets

NORMEERIMISE JA MARSRUUDI LOOMISE KONTSEPTSIOON ETTEVÕTTE X NÄITEL

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut
Tootmine ja tootmiskorralduse õppekava
Juhendajad: Eduard Ševtšenko, Anna Truver

Tallinn 2023

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

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

Juhendajad on Eduard Ševtšenko ja Anna Truver (allkirjastatud digitaalselt).

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Hendrik Laanemets
sünnikuupäev: 30.08.1998

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

Kontseptsioon normeerimiseks ja marsruudi loomiseks Ettevõtte x näitel
(*lõputöö pealkiri*)

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

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

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

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

SISSEJUHATUS 5
1 TEOREETILINE TAUST 7
1.1 Normeerimise ja marsruudi kirjeldus 7
1.1.1 Normeerimine 7
1.1.2 Marsruut 7
1.2 Ärianalüüsi metoodika 8
1.2.1 Ärianalüüsi definitsioon 8
1.2.2 Ärianalüüsi põhikontseptsiooni mudel 8
1.2.3 Ärianalüüsi protsesside kirjeldus 8
1.2.4 Ärianalüüsi protsessi tegevused 9
1.3 Äriprotsesside juhtimine 9
1.3.1 Äriprotsesside modelleerimine 10
1.4 Ettevõttes kasutatavad tarkvarad 12
1.4.1 CAD tarkvara 12
1.4.2 ERP tarkvara 13
1.4.3 BPM tarkvara - ARIS 14
2 PRAKTILINE OSA 16
2.1 Kontekst 16
2.1.1 Ettevõtte x äriprobleemi kirjeldus 16
2.1.2 Ettevõtte tutvustus 17
2.1.3 Puidutööstuse trendid 17
2.1.4 Äristrateegia 18
2.1.5 Sisemine kontekst 19
2.1.6 Väline kontekst 20
2.2 Hetkeolukord 22
2.2.1 Väärtusahel 23
2.2.2 Toote kavandamine 24
2.2.3 Müük 26
2.2.4 Tootmine 28
2.2.5 Hetkeolukorra ajaline dekomponeerimine 32
2.3 Tulevikuolukord 33
2.3.1 Väärtusahel TO-BE 33

2.3.2 3D mudeli loomine TO-BE 33
2.3.3 Marsruudi loomine ja normeerimine TO-BE 35
2.3.4 Müük 36
2.3.5 Tootmine TO-BE 36
2.3.6 Tulevikuolukorra dekomponeeritud plokkskeem 37
2.4 Muudatuste strateegia 37
2.4.1 SolidWorks toolbox 38
2.4.2 SolidWorks weldments 38
2.4.3 DriveWorks 39
2.4.4 SolidWorks composer 39
2.4.5 SolidWorks rakendusprogrammeerimise funktsiooni kasutamine 39
2.5 Lahenduse väljatöötamine 39
2.6 Lahenduse hindamine 40
KOKKUVÕTE 41
SUMMARY 43
VIIDATUD ALLIKAD 45
LISAD 47
Lisa 1. 3D mudeli eskiisi loomine L3 48
Lisa 2. Tootearendamine L3 49
Lisa 3. Kliendiga suhtlemine ja kooskõlastamine L4 50
Lisa 4. Lähteülesanne koostamine L3 51
Lisa 5. Müügitellimuse koostamine L4 52
Lisa 6. Jämeplaneerimise teostamine L4 53
Lisa 7. Peenplaneerimine L3 54
Lisa 8. Tootmise teostamine L3 55
Lisa 9. Marsruudi loomine ja normeerimine tulevikuolukord L4 56

SISSEJUHATUS

Tööstus 4.0 on kaasa toonud erinevate digitaliseerimise lahenduste kasutamise võimalused tööstusettevõtetele. Ettevõtte protsesside analüüsimiseks ja arendamiseks on esialgne tegevus metoodika valik. Digitaliseerimise kontekstis on kasutusel digitaalse ärianalüüsi teooria, mis baseerub ärianalüüsi teadmiste kogumikule (BABOK). Organisatsioonid on võimelised digitaliseerimise lahenduse juurutamise edukusel saavutama turul eelist konkurentide ees ning looma protsesse, mis toetavad ärieesmärkide saavutamist.

Ettevõte x on tööstus 4.0 järgimisel kasutusele võtnud erinevaid tööriistu, aga vajadus on tekkinud parendada tootmisele eelnevate protsesside juhtimist. Tööstus 4.0 lahenduste kasutusele võtmine tõstab Ettevõtte x konkurentsivõimet.

Ettevõte x kasutab normide ja marsruutide loomisel mitme inimese ressursi ning erinevaid programme andmete edastamisel. Protsesside ajalised kestvused koos täpsustega ja inimressursi koormamise probleem on tulnud esile tootmise kirjelduse poolel, täpsemalt uute toodete loomisel.

Ettevõttele x probleemi lahenduse loomiseks on algatatud projekt, mille alustamiseks on paika pandud projekti plaan, mis käsitleb järgnevaid aspekte:

- probleemi kirjeldus;
- projekti sisendid;
- eesmärgid;
- mõõdikud;
- lahenduse visioon;
- projekti väljund.

Lõputöö autor järgib, et projektiplaanis esitatud tingimused on lahendusega vastavuses.

Lõputöö esimeses pooles kirjeldatakse teoreetilist osa, ärianalüüsi olemust ja metoodika valikut ärianalüüsiprotsessi juhtimise alusel. Teises pooles kirjeldatakse praktilist osa, ettevõtte konteksti, millele järgneb hetkeolukorra kaardistamine ja soovitud olukorra loomine, kus luuakse kontseptsiooni lahendus, mida valideeritakse projekti lõpufaasis.

Lõputöös on esitatud kaks eesmärki, esimene on ajaline ja teine lahenduse põhine. Need on järgnevad:

- Maksimeerida tootmiseks olevat aega võrreldes hetke olukorraga, mille kaudu on plaanis saada rohkem ressursse, mis lühendab tootmise ettevalmistamiseks vajaliku aega.

- Töötada välja või optimeerida lahendus, mis võimaldab automatiseerida marsruuti, retsepti ja materjalinimekirja koostamist. Kontseptsiooni lahenduse süsteem peab pakkuma alternatiivseid marsruute, mille eesmärgiks on ühtlustada töökeskuste koormused. Lahendus tõstab tootmisprotsessi ajalise täpsuse marsruudi loomisel 90 % peale.

1 TEOREETILINE TAUST

1.1 Normeerimise ja marsruudi kirjeldus

1.1.1 Normeerimine

Normeerida on võimalik erinevaid kulusid, mille peamiseks eesmärgiks on protsesside statistika kogumine ja selle alusel luua standard ehk norm. Kogutud arvandmete põhjal on võimalik hinnata tootmisprotsesside ja tsüklite ajalist pikkust, mis on aluseks arenduse ja parenduse tegevuste teostamiseks. Normi väljendatakse kindla ühikuna, kas minutites, tükkides, kilogrammides või teises ühikus, mille tootmisettevõte on määranud. Esialgselt teostatakse normeerimist ehk normide loomist määratud arvutuslike reeglite alusel ning peale esimese partii tootmist korrigeeritakse esialgset teoreetilist normi. [1]

Normeeritakse näiteks järgnevaid kulusid:

- masinate tööaeg;
- tööriista kulu;
- abimaterjalide kulu;
- töötajate vajadus.

Lõputöö autor uurib masinate tööagade normeerimist, kuidas Ettevõte x protsess on hetkel korraldatud. Masina aeg koosneb teoorias seadistusajast, käitlusajast ja abiaegadest, mille alamjaotus oleneb tootmise ülesehitusest.

1.1.2 Marsruut

Klassikalise tootmise marsruut on kindel tehete järjekord, mis defineerib toote detailide liikumise vastavates töökeskustes. Marsruutimise sisend andmeteks on konstruktori loodud toote mudel, mis võimaldab luua materjali nimekirja, kus tehnoloog hindab millised operatsioone on vaja teostada. Järgnevalt määratletakse operatsioonide alusel töökeskused ja järjekorrad, mis täidavad vastava operatsiooni. Väljundiks on toote detailide marsruut, mis võib sisaldada järgnevat:

- järjestatud töökeskused;
- vajalike ressursside normid, mida kasutatakse omahinna arvutamisel.

1.2 Ärianalüüsi metoodika

1.2.1 Ärianalüüsi definitsioon

Ärianalüüsi definitsioone on erinevaid ja need keskenduvad kontseptsioonile, kus pakutakse lahendusi, millel on väärtust loov väljund huvigruppidele. BABOK on struktureeritud juhend, mis pakub standardiseeritud kasutamisviise ja tehnikaid ärianalüüsi läbiviimiseks. BABOK on defineerinud ärianalüüsi järgnevalt: „Praktika, mis võimaldab läbi viia muutust ettevõttes defineerides vajadused ja soovitades lahendusi, mis võimaldavad luua väärtust huvigruppidele“[2, lk 3]. Probleemid ja vajadused defineeritakse ning kirjeldatakse lahenduse kontseptsiooni, mille väljundiks on väärtuse loomine huvigruppidele. Lihtsustatult kirjeldades on probleemide ja vajaduste analüüsimine teostamine konkreetsele ettevõttele eesmärgiga luua ja juurutada lahendus. [2]

1.2.2 Ärianalüüsi põhikontseptsiooni mudel

Ärianalüüsis on oluline uurida seoseid erinevate kontekstide vahel, mille alusel, vajadusest või probleemist jõutakse väärtust loova lahenduseni. Ärianalüütik saab kasutada põhikontseptsioonide uurimiseks, olenemata uuritava ettevõtte tegutsevast valdkonnast, BACCM mudelit. BACCM on ärianalüüsi põhikontseptsiooni mudel, mis kirjeldab omavahel seotud kontseptsioonid, milleks on järgnevad [2]:

- muutus;
- vajadus;
- lahendus;
- huvigrupp;
- väärtus;
- kontekst.

BACCM on abivahendiks ärianalüüsi teostamise kirjeldamisel ja defineerimisel, millist tööd tehakse ja kuidas. Mudel võtab arvesse kõik kontseptsioonid ning seob need moodustades ühtse terviku.

1.2.3 Ärianalüüsi protsesside kirjeldus

Ärianalüüsi protsessid kirjeldavad tegevusi ja nendevahelisi seoseid, mida on vaja teha, hallata ja analüüsida, et saavutada väärtust loov tulemus. Kindel teostamise järjekord erinevate ülesannete tegemisel teadmiste valdkonnas ei ole fikseeritud, sest probleemi keerukus on varieeruv oma olemuselt.[2]

1.2.4 Ärianalüüsi protsessi tegevused

Tegevused, millega teostada protsesse, annavad aluse struktuurile, mis kirjeldab projekti läbiviimist. Protsesside tegevused ei määratle konkreetseid meetodeid, tehnikaid ega tööriistu vaid moodustavad ülesehituse protsessidest, mida on vaja teostada. Vajaduse või probleemi keerukusastmest sõltub ülesehituse muutus, kus ärianalüütik peab reageerima lähtuvalt olukorrast. [2]

Protsessid, mille alusel teostada projekti, on aluseks võetud lõputöö läbiviimiseks ning need on järgenvad [2]:

- algatada ja planeerida ärianalüüsi töö;
- analüüsida hetkeolukorda;
- defineerida tulevikuolukord;
- hinnata ja valid lahendus;
- disainida lahendus;
- teostada lahendus;
- hinnata lahendust.

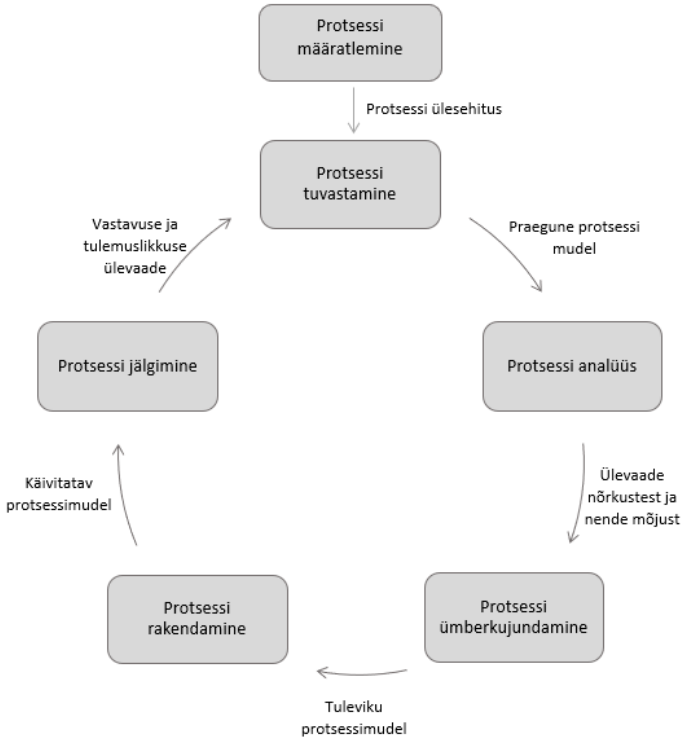
Loetelu järjekord on antud kontekstis fikseeritud, selle eesmärgiks on ühe tegevuse lõpetamisel alustada järgneva protsessi sammuga. Tegemist on meetodiga, mis on kokkupandud olemasolevatest alternatiividest.

1.3 Äriprotsesside juhtimine

Äriprotsesside juhtimine on süstemaatiline lähenemine ettevõtte protsesside uurimiseks ja arendamiseks. Ettevõtte protsessid omavad tegevusi ja ülesandeid, mida täidavad määratud inimesed saavutamaks ettevõtte eesmärke. Eesmärgiks on saada ülevaade, kuidas töö on läbiviidud kinnitamaks järjepidevat väljundi saavutamist ning kasu saavutamist arendustööde lahendustest. Arendamise osas on võimalus vastavalt ettevõtte seatud eesmärkides parendada maksumusi, vähendada protsesside teostamise aegu ja protsessides tekkivaid vigade arvu. Tegemist on juhtimise meetodiga, mis võimaldab saavutada tegutseval turul eelist konkurentide ees. Teisisõnu ei ole peamine ärianalüüsi põhimõte arenduse loomine vaid haldus terve ahela üle, kus protsesside tegevuste, sündmuste ja otsuste juhtimine looks väärtust ettevõttele ja kliendile. [3], [4]

Äriprotsesside juhtimise elutsükkel kirjeldab alates uurimisest kuni lahenduse valideerimiseni, kuidas ettevõtte protsesside arendus korraldatakse. Olemas on erinevaid versioone tehnikatest kuidas elutsükkel läbitakse, sest millised tööriistu, süsteeme, kaardistamis viisi jne. kasutatakse, oleneb

projektist. Illustreerimiseks, millest koosneb äriprotsesside juhtimise elutsükkel, on esitatud joonis (Joonis 1).[3], [4]



Joonis 1. Äriprotsesside juhtimise elutsükkel [3]

Elutsükkel kirjeldab, milliste tegevuste alusel luuakse uus lahendus ning milliseid meetodeid selleks kasutatakse.

1.3.1 Äriprotsesside modelleerimine

Äriprotsesside juhtimiseks ja elutsükli läbimiseks peab kaardistama ettevõtte protsessid. Protsessid omavad kindlaid andmeid, kus sisend muudetakse protsessis tegevuse kaudu, kasutades toetavaid süsteeme väljundiks, mis omakorda on sisend järgnevale protsessile. [4]

Äriprotsessid kasutavad tavapäraselt järgnevaid objekte [4]:

- protsess;
- tegevus;
- roll;
- eesmärk;

- sündmus;
- reegel.

Ettevõtte protsesside diagrammide loomiseks kasutatakse mitmeid modelleerimise keeli. Kõige tuntum on voodiagramm, mis koosneb erinevatest elementidest ja neist igal on määratud funktsioon. Tüüpiliselt koosneb voodiagramm kahest notatsioonist, millest üks on tegevuse notatsioon ja teine kontrolli notatsioon. Tegevuse notatsiooni iseloomustavad tööühikud, kontrolli notatsiooni teostuse ja tegevuse voo jäädvustamine. Klassikalisele voodiagrammile on alternatiiviks teised modelleerimise keeled, milleks on [3]:

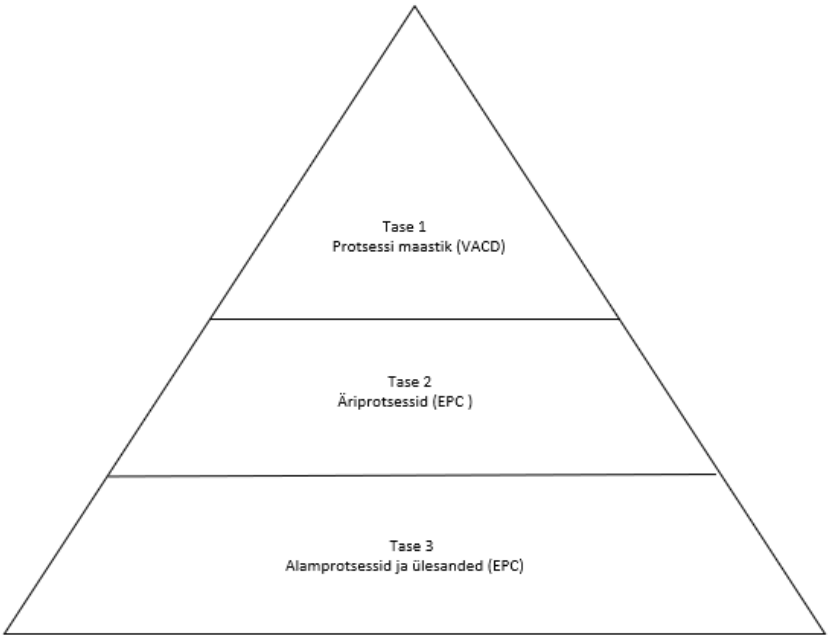
- EPC sündmusest ajendatud protsesside ahel;
- VACD väärtust lisava ahela diagramm;
- BPMN äriprotsesside mudel ja notatsioon.

Esiteks EPC modelleerimise keel, mida kasutatakse ettevõtte protsesside ja töövoo kirjeldamiseks. EPC notatsioon koosneb funktsioonidest, mis määravad ülesanded, eesmärgiga toetada ettevõtte eesmärke. Erinevalt tavalisest voodiagrammist seab EPC sündmused esmaklassiliseks. [5], [6]

Teiseks VACD, seda kasutatakse modelleerimisel kõrgemate protsesside tasemete kirjeldamiseks, andes ülevaate ettevõte erinevatest üksustes [6]. Kaardistamise osas on tegemist esimese tasemega, mida määratakse ning järgnevalt liigutakse protseduurilisele tasemele EPC.

Kolmandaks BPMN väljastab graafilise notatsiooni, mis kirjeldab ettevõtte protsessi diagrammi kujul. Kasutatakse protsesside ja töövoo dokumenteerimiseks. Modelleerimise keele eesmärk on toetada protsessi juhtimist tehnilise ja äri kasutajate osas. Mudel visualiseerib korrapärase järjestuse äritegevuste ja teabevoo vajadustest protsessi läbiviimiseks. BPMN on eelistatavalt kasutamiseks protsesside andmete voo kirjeldamiseks. [7], [8]

Äriprotsesside modelleerimiseks defineeritakse protsessi arhitektuur. Protsessi arhitektuur visualiseerib ja kirjeldab ettevõtte protsessid ning kategoriseerib need erinevatele tasemetele. Protsessid on kas järjestikuselt, alamjaotatult või spetsialiseerimise jaotusega omavahel seotud ehk suhtes. Protsessi arhitektuur ja modelleerimise keelte (VACD ja EPC) kasutamise seos on esitatud joonisel (Joonis 2). [3]



Joonis 2. Näide kolmeastmelisest protsessi arhitektuurist [3]

Lõputöö autor on teinud valiku kasutada VACD ja EPC modelleerimise keeli, mis on ühenduses allpool kirjeldatud ARIS tarkavaraga. Uurimistöö struktureeritud ressurss on suunatud Ettevõtte x protsesside kirjeldamisele, et määrata hetkeolukord ning tulevikuolukord väljavalitud kaardistamise metoodikat kasutades.

1.4 Ettevõttes kasutatavad tarkvarad

Käesolevas peatükis kirjeldatakse uurimistöö normeerimise ja marsruutimise toetavaid tarkvarasid ja andmete esiletoomise süsteemi ARIS. Tarkvarade kasutamine omab funktsionaalsust äriprotsesside kaardistamisel, analüüsimisel ja lahenduse teostamisel.

1.4.1 CAD tarkvara

Raalprojekteerimise (CAD) tarkvarad on kasutusel toote disainimise tegevuste teostamiseks. Tarkvara toimimiseks peab olema süsteemi (raalprojekteerimise tarkvara) nõuetele vastav arvuti. Konstruktor saab arendada, analüüsida või modifitseerida väljamõeldud idee väljundiks. Raalprojekteerimise tarkvara võimaldab kasutajal luua toote mudeli ja joonise. [9]

CAD tarkvara, olenevalt tootjast ja versioonist, on võimeline parendama tootmisettevõtte toimimist alates toote disainist kuni tootmiseni välja. CAD tarkvara kasutamisega on võimalik ettevõttel saada kasu järgnevate aspektide näitel [9]:

- Disaineri tööefektiivsus suureneb, mis vähendab toote disainimise protsessi ja rahalist kulu tootearendamisel, sest uue toote kavandamise projekti läbiviimise aeg väheneb.
- Disainimise kvaliteet tõuseb, sest süsteem ise on võimeline tuvastama vigasid ja disainer saab kasutada tarkavaras simulatsioone kinnitamaks loodud parameetrite vastavust seatud nõuetele.
- CAD mudel omab endas andmeid, mida on võimalik tõlgendada loetavateks andmeteks ja edastada erinevate süsteemide vahel.
- CAD tarkvarasse on võimalik integreerida teisi tarkvarasid mis parandavad ja automatiseerivad ettevõtte protsesse. Näiteks DriveWorks, mille üheks funktsiooniks on automatiseeritud jooniste ja mudelite loomine CAD tarkvaras.

Üheks raalprojekteerimise tarkvaraks on SolidWorks reklaamides ennast kui mehaanilise disainimise aplikatsiooni kasutaja idee teostamiseks, kas mudeli, eskiisi või joonisel kujul.

Põhifunktsioonidena on tarkvaras kasutusel kolm keskkonda, milleks on järgnevad:

- detailid;
- montaaž;
- joonised.

Esiteks detaili keskkond, kus luuakse ühte konkreetset detaili, kasutades selleks valitud käsklusi, näiteks eskiis. Teiseks montaaž, kus luuakse koostemudel, mis koosneb detaili keskkonnas loodud üksikutest detailidest. Kolmandaks jooniste keskkond, kuhu luuakse mudeli alusel või kasutaja manuaalsete käskluste jada põhjal joonised.

1.4.2 ERP tarkvara

Ettevõtte ressursside planeerimine on ettevõtte erinevate üksuste põhiprotsesside haldamise süsteem, milleks kasutatakse valitud tarkvara. Ettevõtte protsesside andmed asuvad ühises integreeritud süsteemis. ERP kasutamist ei piira ettevõtte tegutsemisvaldkond, sest vastavalt vajadusele kasutatakse mooduleid, mis on mõeldud kindlate protsesside haldamiseks. Tavapärased ERP moodulid on näiteks tootmine, ladu, ostmine ja hankimine, moodulite valik ja kasutamine sõltub ettevõtte tegevusharust. [10]

ERP tarkvara plussideks on sellest saadav kasu, milleks on järgnevad punktid [10]:

- kõrgem produktiivsus tööprotsessides;
- parem ülevaade protsessidest;

- madalamad riskid haldamisel;
- lihtsam infotehnoloogia põhine lahendus;
- agiilsuse võimekuse toetamine.

ERP süsteeme on võimalik kasutada täielikult ettevõtte siseselt või ühildada tarnijatega pilvepõhiselt.

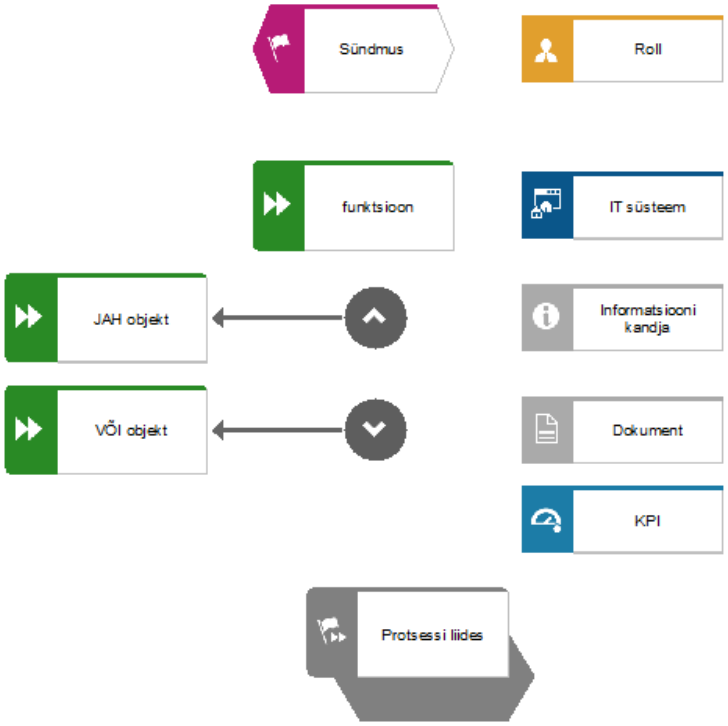
1.4.3 BPM tarkvara - ARIS

ARIS definitsioon on integreeritud informatsiooni süsteemi arhitektuur, mis on kasutusel ettevõtte terve ahela protsesside haldamisel. Kaardistamiseks on olemas erinevad kontseptsioonid, mis jaotuvad vastavalt lähenemisviisile, näiteks andmete keskne või tegevuskeskne. [11]

ARIS *connect* tarkvara kasutatakse lõputöös Ettevõtte x kaardistamisel, kus modelleerimiskeelteks on EPC ja VACD. ARIS tarkvaras on objektid, mida kasutatakse modelleerimiseks. EPC objektideks on sündmused, tegevused, reeglid ja ressursid, mille jaotused ja kasutamine lähtub ettevõttest ja vajadusest. Joonistel (Joonis 3) (Joonis 4) on näidatud ARIS pilvepõhises programmis kasutatavad objektide ikoonid.



Joonis 3. ARIS tarkvara VACD objektide ikoonid [koostatud autori poolt]



Joonis 4. ARIS tarkvara EPC objektide ikoonid [koostatud autori poolt]

Erinevad kaardistamise tasemed ehk L1, L2, L3, L4 on integreeritud ühisesse süsteemi, kus on võimalus liikuda erinevate protsesside sisse ning kirjeldada objektide kaudu alamprotsesse. ARIS tarkvara on tööriistaks projekti läbiviimiseks ühildudes äriprotsesside juhtimise teooria metoodika osaga.

2 PRAKTILINE OSA

2.1 Kontekst

Ettevõtted on ülesehitatud ja toimivad vastava ärikonteksti raamistiku alusel. Kontekst on oluline ärianalüütikule õige metoodika valikul, näiteks agiilse või veekosemetoodikal. Projekti läbiviimiseks on vaja teada, millised on ettevõtte strateegiad ja mõjurid, mis moodustavad konteksti. Miks on oluline defineerida ettevõtte kontekst? Just selleks et teadvustada, kuidas saavutada väärtus loov lahendus, mis vastaks ettevõtte ootustele. Kontekst on oluline teave, sest selle alusel on mõjutatud läbiviivate uurimisprotsesside teostamine ja fookus. Uurimistöö probleem, arendus või parendus on Ettevõtte x konteksti struktuuris ning analüüsimise läbiviimiseks on vajadus teada, mida kujutab Ettevõtte x probleem. [2]

Ettevõtte x kontseptsiooni loomise toetamiseks analüüsitakse nelja aspekti, milleks on puidutööstustrendid, äristrateegia, sisemine ja väline kontekst.

2.1.1 Ettevõtte x äriprobleemi kirjeldus

Tootmisprotsessi loomine on ajamahukas tegevus, mis sisaldab endas toote tootmisprotsessi retsepti kirjeldamist tootmisprogrammis: marsruuti, käitusaegasid ja tootmisjuhiseid (ehk märkuseid). Ühe toote moodustab keskmiselt 17 detaili ning iga detaili tootmisprotsess tuleb kirjeldada eraldi, ehk tegelikkuses tähendab uue toote loomine keskmiselt 17 detaili tootmisprotsessi kirjeldamist. Ühe sellise toote kõikide detailide kirjeldus võtab aega kuni 8 tundi ehk ühe tööpäeva.

Klienditellimusest kuni esimeste tellimuste tarneni on aega kuus kuni kaheksa nädalat. Mainitud aja jooksul peab looma tootmisprotsessid uutele toodetele, tootmist planeerima ja reaalse toote valmistama. Aeg, mis kulub tootmisprotsessi loomise peale, on kaotatud aeg tootmise planeerimise ja tootmise elluviimise jaoks.

Uute tellimuste sisse tulemise järgselt on tootmise planeerija tootmisprotsesside kirjeldamise ülesannetega üle koormatud. Tootmise planeerimise ja tootmise tsükli jaoks on tihti lühike aeg, mis ei võimalda saavutada soovitud efektiivsust erinevate tootmistellimuste omavahelisest kombineerimisest.

Kokkuvõtlikult on esile toodud marsruutimise loomise ja normeerimise kaasaarvatud ajakulu, millele Ettevõtte x soovib lahendust.

2.1.2 Ettevõtte tutvustus

Ettevõte x on Eestis tegutsev puidutööstuse ettevõte, mis on tegutsenud Euroopa turul umbes 20 aastat. Tooteportfell on lai, omades tooteid, millel on palju erivariatsioone ja iga aastal arendatakse välja uusi tooteid turule toomiseks. Ettevõte x klassifitseerub mööblitööstuse valdkonda, kus pakutakse tooteid, millel on mitmeid variatsioone.

Peamisteks klientideks on suured jaemüügiettevõtted, mis viitab Ettevõte x müügi suunitlusele, milleks on ärilt ärile müük (B2B). Ettevõte x on lisaks olemasolevate toodetele valmis pakkuma kliendile disaini- ja arendusteenuseid koos tootmisega.

Tootmistüüp on tellimuspõhine, kus lattu ei toodeta ning tootmise planeerimise algatab kinnitatud tellimus. Ettevõte x vastutab tarneahelas peamiselt iga üksuse toimimise eest, mis tähendab majasisest protsesside läbiviimist. Erijuhtudel, olenevalt nõudlusest, kasutatakse tootmise teostamisel allhanke abi tellimusmahtude täitmiseks.

2.1.3 Puidutööstuse trendid

Puidutööstuse trendide käsitlusalasse kuulub samuti mööblitööstus, millele spetsialiseerub Ettevõte x.

Esiteks on Euroopa Liidu seatud rohe-eesmärgid, mis viitavad kliima ja majanduseesmärkide vahel tasakaalu leidmisele. Kirjeldus viitab jätkusuutlikkusele, võttes arvesse ökoloogilist jalajälge, efektiivset ressursside kasutamist ja juhtimist, mis on vastavuses rohemajanduse metoodikate punktidega. [12]

Teiseks on Euroopat mõjutanud sõjaline kriisiolukord, mis on sundinud leidma Eesti ettevõtetel alternatiivseid tarnijaid. Geopoliitilise olukorra tõttu on Eestisse ümarpuidu import langenud 70 % kus 28% impordist moodustas Venemaa puit. Ettevõtted Eestis on sunnitud ostma kallima hinna eest materjali, kus trendiks on eetiline tootmine. [12]

Kolmandaks on tehnoloogia areng, mille keskmeks on automatiseerimine. Puidutööstuse sektor on tihedalt konkureeriv Eestis ja globaalsel turul, mistõttu on ärieelise saavutamise trendiks kasutada uudseid lahendusi äriprotsesside tegevuste teostamiseks. Ettevõtted on juba tööstus 4.0 ajast näinud vajadust automatiseerida tootmises olevaid protsesse, parendades tootmise efektiivsust ja võimekust.

Robotiseerimine on täpsem termin trendi kirjeldamiseks, kus samuti mööblitööstuse ettevõtted liiguvad robotite soetamise poole, eesmärgiga parendada hetke olukorda tootmises. [12], [13]

Neljandaks on digitaliseerimise osa, mis aitaks aru saada ja hallata terve ettevõte ahelat. Andmetöötlus koos vastavate tarkvarade kasutamisele võtmisega on muutunud trendiks. Andmetöötluse osas on populaarsust koguv erinevate tööriistade nagu tehisintellekt, masinõpe ja küberfüüsikaliste süsteemide juurutamine, mis tuleviku vaates ja juba tänasel turul on eelist pakkuv implementatsioon. Näiteks kvaliteedi vigade tuvastamiseks on võimalik kasutada masinaid, mis õpivad andmete kogumisega tuvastama kvaliteedi riski omavaid detaile sorteerides need eemale. [13]

Viimasena tuuakse välja üldise tööjõu puuduse sektoris, mida aitab osaliselt leevendada automatiseerimise ja digitaliseerimise trend. Probleem on siiski aktuaalne, kus vastava haridusega spetsialiste on tööturul vähe. Trendi mõistes saab teha järelduse, et vajadus on reklaamida ja turundada tööstusharu olulisust Eesti riigis, tuues välja puidu kui tuleviku ökoloogilise materjalina, mille nõudlus on kasvutrendis. [12]

2.1.4 Äristrateegia

Äristrateegia osas esitatakse Ettevõtte x strateegiad ning tuuakse välja, milline nendest on uurimiseks kasulik ja milline on väärtus loov lahendus Ettevõttele x. Ettevõtte x strateegiad on esitatud lausetena, kus numbrilise väärtuse kirjeldamiseks on esitatud üks strateegia. Strateegia definitsioon ei oma konkreetselt ühte kirjeldust, sest oleneb millises kontekstis on äristrateegiad esitatud. Ettevõtte x äristrateegiate osas on väljatoodud äristrateegia plaanid ja poliitika, mida Ettevõte x plaanib teha, et saavutada eesmärk, milleks on toodete pakkumine kliendile. [2]
Ärieesmärgid Ettevõttel x on järgenvad:

- pakkuda klientidele konkurentsivõimelist hinda;
- kindlustada kvaliteedi standard ehk pakkuda tooteid, mis vastaksid kvaliteedi nõuetele;
- pakkuda õigeaegset toodete tarneaega;
- lühikeste tarneaegade pakkumine;
- uue toote kiire arendustegevuste teostamine.

Viimane punkt, milleks on uute toodete arendustegevuse teostamise kiirus, on ettevõtte konteksti osa, mis on otseselt seotud uuritava probleemiga. Ettevõte x planeeritud äristrateegia toetamiseks on lõputöö autor uurimise raamistiku loomisel ja analüüsimisel strateegia arvesse võtnud.

Lisamärkusena tuuakse välja strateegiline eesmärk, käibe tõstmine 10 % 2023 aasta lõpuks. Eelneva lause eesmärk on lõputöö autori tehtava tööga, kus normeerimise ja marsruutimise kontseptsiooni loomine on strateegiaks, mis toetab plaani tõsta käivet.

2.1.5 Sisemine kontekst

Sisemine kontekst on Ettevõtte x piirangud, kus tuuakse välja Ettevõtte x ressursid, reeglid ja oskused. Üldistatult võib kirjeldada seda, kui sisemist poliitikat, milles ettevõte tegutseb. Sisemine kontekst on oluline lõputöö autoril, sest kontseptsioonide loomisel peab arvestama olukorraga, kus sisemine kontekst määratleb projekti vastavuse Ettevõtte x huvigruppidele. Vältimaks olukorda, kus kontseptsioon tagasi lükatakse, esitab autor probleemi arvesse võttes sisemise konteksti analüüsi Ettevõtte x andmete alusel. Ärianalüüsi metoodika viitab aspektile, kus vajadusel esitatakse paar kontseptsiooni, mida ettevõte saaks hinnata, et milline on sobilikum, lähtudes sisemisest kontekstist.

Kasutatakse erinevate tarkvarade ressursse lähtuvalt marsruutimise ja normeerimise konteksti arvestades, milleks on järgnevad:

- ERP;
- SolidWorks;
- Ettevõtte x tootmisplaneerimise tarkvara;
- Excel.

Tegemist on tarkvaradega, millest Solidworks ja tootmisplaneerimise tarkvara asendada Ettevõte x ei planeeri. Piiranguks on tarkvarade ressurss, mida Ettevõtte x kasutab töötoimingute haldamisel, teostamisel ja analüüsimisel

Ressursid on tootmises, kus kõik operatsioonid ja juhtimine teostatakse majasiseselt. Tehnoloogiad on varieeruvad, kus osadel töökeskustel kasutatakse peale- ja mahalaadimiseks roboteid. Seadmete osas on kategooria jaotatud kaheks. Automatiseerituse taset omavad töökeskused, mis kasutavad, seadmete ja programmi võimekust või töökeskused, mis vajavad inimese sisendit, töötlemisabi ja väljundit detaili valmistamiseks. Ettevõte x ise väidab, et kasutatakse kaasaegseid tehnoloogiaid ja juhtimissüsteeme. Inimeste osas on töökeskuste vaheline jaotus erinev, peamiselt vastutab üks isik seadme opereerimise eest ning logistik (teine operaator) materjali peale voo eest.

Tootmismaht on määratud lähtuvalt võimekuse alusel ning fikseeritud väärtusena on 2000 ühikut maksimaalseks nädala koguseks. Töönädalaks on esmaspäevast reedeni, kus tööd tehakse kahes vahetuses, hommikune ja õhtune, mis mõlemad kestavad kaheksa tundi. Varuks on nädalavahetuse

päevad, kus vajadusel kasutatakse lisa päevi tootmismahu suurenemise rahuldamiseks. Ettevõtte x arvestab viie tööpäevaga, sest lisa päevad tootmiseks on kulud, millega peab tootmisjuht arvestama. Tegemist on tööaja piiranguga tootmises, mis on sõltuv maksimaalse tootmismahu väärtusega (üldistatud number).

Oskuste poolest on Ettevõtte x kogunud teadmisi 20 toimimisaasta jooksul. Ametis olevad juhid ja spetsialistid on arendamise poolt ning arendustööde jaoks on eraldatud kindel ressurss. Tootmine on optimeeritud lähtuvalt ettevõtte vajadustele ning agiilsus iseloomustab Ettevõtte x võimet reageerida muutustele ning teostada pidevalt arenguplaane.

2.1.6 Väline kontekst

Väline kontekst kirjeldab Ettevõtte x ümbritsevat keskkonda, kus tehakse äritegevusi ning mis mõjutavad erineval määral ettevõtte toimimist ja sisemist konteksti. Analüüsi eesmärgiks on teada saada millises keskkonnas Ettevõtte x tegutseb. Välise konteksti analüüs pole esmane probleemi lahenduse osas, aga oluline tuvastamaks, millises keskkonnas lähtuvalt probleemist ettevõte tegutseb. [2], [14]

Analüüsimisel on kasutatud PEST meetodit, millest iga täht tähendab erinevat aspekti, nendeks on järgnevad:

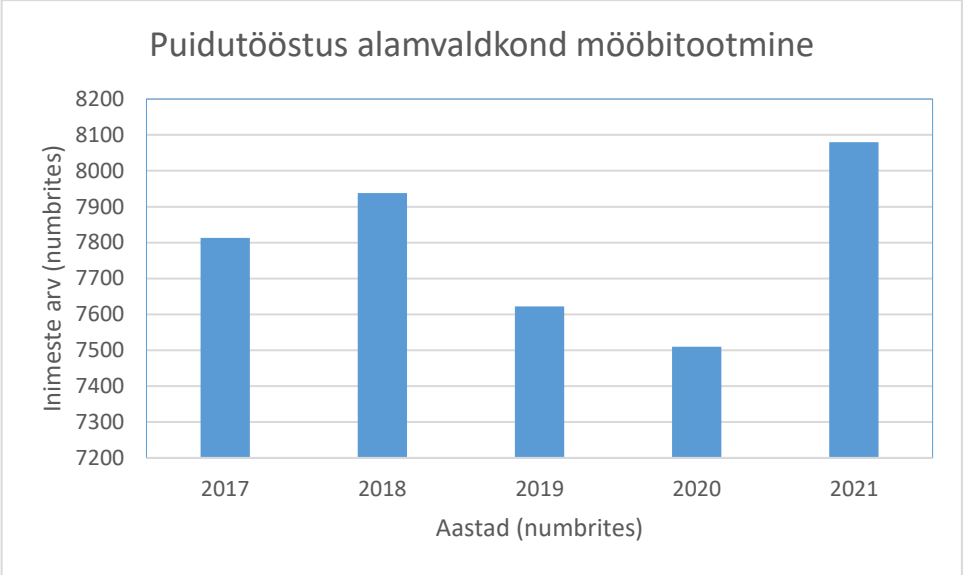
- poliitilised;
- majanduslikud;
- sotsiaalsed;
- tehnoloogilised.

Tegemist on PEST analüüsiga, kus probleem on aspektide esitamisel aluseks. Teoreetiline meetod kaasab iga aspekti osas alamjaotust, aga ärianalüüsi konteksti osas lõputöö autor esitab PEST meetodi alusel ainult vajalikud mõjurid kokkuvõtliku struktuuriga. [2]

Esiteks on poliitilised mõjurid, mis osaliselt kajastatud tööstustrendide peatükis. Geopoliitiline olukord on mõjutanud puidutööstuse sektori ettevõtete suhteid tarnijatega. 2023 aasta alguses langes Venemaa töötlemata puidu eksport 70 %. 2022 Aasta juuli kuus kehtestati koostööpiirang Venemaa Föderatsiooni ekspordile. Eestis tegutsevad ettevõtted on sunnitud kasutama vajadusel kallimate toormaterjalide sisseostu, millest tulenevalt on mõjutatud lõpphind tarbijale. Mõju kuulub poliitilise keskkonna jaotuses väliskaubanduse regulatsioonide osasse. COVID piirangud mõjutasid pudutööstuse sektori ettevõtteid aastal 2020, aga mõju osati leevendada väärtusahela optimeerimise

tõttu. Impordi asemel keskenduti sisemiste tugevuste, digitaliseerimise ja automatiseerimise rakendamise võimalustele. Poliitiliste tegurite alla kuulub samuti Euroopa Liidu rohemajanduse pööre, mis sunnib Ettevõtet x mõtlema jätkusuutlikele lahendustele ja tootmisele. [15], [16]

Teiseks on majanduslikud mõjurid, kus uurimise läbiviimise aluseks on Eesti majandusnäitajad. Ettevõtte x on keskmise suurusega, milles kvalifitseeritud töötajate hoidmine on väga olulisel kohal. Täpsemalt räägitakse tööpuuduse kontekstist, kus tuuakse välja Eestis tööga hõivatud isikute arvu. Statistikaamet on esitanud tabeli, (Joonis 5) kus on näidatud aastate lõikes metsandus- ja puidutööstuse ettevõtetes töötavate isikute arvud. Aastate lõikes on välja toodud töötajate arv, mis on tekkinud puidu kõrgema väärindamisega. [17], [18]



Joonis 5. Tööga hõivatud isikute arv aasta järgi [18]

Kolmandaks on sotsiaalsed mõjurid, mis ühilduvad Ettevõtte x klientidega. Ettevõtte x klientideks on teised jaemüügi ettevõtted ning lõpptarbija käitumine mõjutab ettevõtet läbi tema klientide. Ettevõte x tegeleb müügiga Eesti siseselt kui ka väljaspool. Sotsiaalse jaotuse osas autor leidis, et lähtudes antud probleemist pole mõistlik uurimistöös käsitleda sotsiaalseid tegurid.

Neljandaks on tehnoloogilised mõjurid Ettevõtte x tööstussektoris. Digitaliseerimise ja automatiseerimise tase Eestis on puidutööstuse sektoris arendustegevuste teostamise üks osa. Puidutööstuses on konkureerimise ja majanduskriisi olukorra tõttu esile tõusnud järgnevate tehnoloogiate ja innovatsioonide mõjurid[12], [13]:

- andmetöötlus;
- mõõtmistehnoloogia;

- energia säästmine;
- puidu keemiline töötlemine.

Eraldi tuuakse välja tehnoloogiate mõjude all tehisintellekti, masinõppe ja küberfüüsikaliste süsteemide kasutamise. Töötleva tööstuse turul on populaarsust koguv uut tüüpi süsteemide kasutuselevõtt tootmises. Tehisintellekti ja masinõppe kasutamine leiab tootmises väärtust loova tööriistana. Näitena kasutatakse masinõppe funktsionaalsust kvaliteedi kontrolli teostamisel, kus süsteem on võimeline õppima kogutud sisendandmete alusel tuvastama kvaliteedi mittevastavusi. Tegemist on tööriistadega, mis võimaldavad saavutada eelist konkurentide ees. Lisaks uute tehnoloogiate käivitamiseks on käivitatud uued tugiprogrammid, nt. AIRE, mille abil on finantseeritud käesoleva lõputööga seotud projekt.

2.2 Hetkeolukord

Äriprotsesside arusaamiseks ning probleemi mõistmiseks on hetkeolukorra arusaamine oluline. Analüüsimise eesmärk ei ole koguda ainult andmeid vaid mõista erinevate ahelate protsesside toimimist. Eesmärk on esile kutsuda vajalikud andmed, mida väljendada kindla struktuuriga, kasutades selleks süsteemi, mis annab ülevaate hetkeolukorrast. Erinevate tööriistade tehnikate ja meetodite valik sõltub probleemist ning eesmärgist, mis saavutatakse lahenduse implementeerimisega. [2]

Ettevõtte x hetkeolukorra kaardistamisel on lähtutud metoodika valikul äriprotsesside modelleerimisest. Modelleerimise keelteks on EPC ja VACD, kus peamiselt kasutatakse esimest. Tööriistaks on kasutusel ARIS BPM Connect tarkvara, mis on pilvepõhine kaardistamise süsteem. Hetkeolukorra defineerimine on kombinatsioon kirjeldusest ning äriprotsesside kaardistamisest.

Andmete ning kaardistamise teostamisel on kasutatud neljaastmelist protsessi mudelit, mis jaguneb järgnevalt [2]:

- ettevalmistus;
- andmete esiletoomise läbiviimine;
- tulemuste kinnitamine;
- tulemuste esitlemine huvipooltele.

Ettevalmistuseks on määratud vajalikud tööriistad ning läbitöötatud sisendi andmed, mis Ettevõtte x on esitanud. Projekti skoop on samuti määrav, see kirjeldab probleemi ning äritegevusi, mis on sellest

mõjutatud. Ettevalmistuse osas seadis lõputöö autor vajalike andmete kriteeriumid, mida on vaja esile tuua ahela uurimiseks.

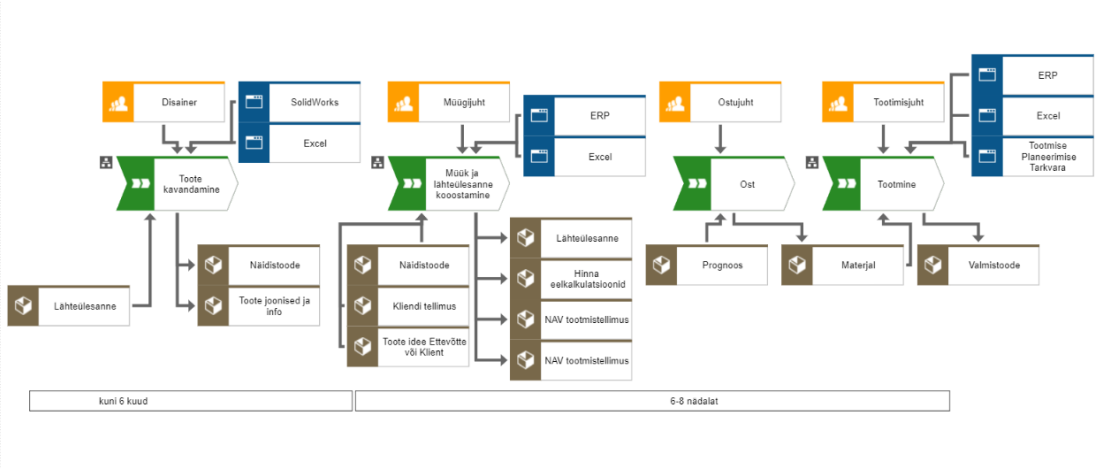
Andmete modelleerimisel lähtutakse vajalike äriprotsesside objektide määramisega, kus autor on seadnud eesmärgiks esile tuua järgnevad:

- sisendid;
- väljundid;
- protsessid;
- rollid;
- reeglid;
- sündmused.

2.2.1 Väärtusahel

Kaardistamise esimeseks etapiks on modelleerida ettevõtte väärtusahel, mis vastaks Ettevõtte x kasutatavale struktuurile. Väärtusahel koosneb põhiprotsessidest, mis on esitatud joonisel (Joonis 6). Igal protsessil on määratud vastutaja, kes haldab ning juhib vastavat protsessi. Informatsiooni liikumine väljendub protsesside vahel sisendite ja väljundite kaudu. Informatsiooni töötlemine alamprotsessides on vajalik, et liikuda järgneva põhiprotsessi sündmustesse. Põhiprotsesside toetamiseks on kasutusel infosüsteemid ERP ja tootmisplaneerimise tarkvara. Teised toetavad tarkvarad on Excel ja SolidWorks. Excel on kasutusel andmete salvestamise edastamise ja töötlemise rollina. SolidWorks peamiselt toote mudeli, koostejooniste, koostejuhendite ning pakendamise skeemide loomiseks.

Joonisel (Joonis 6) on näidatud ettevõtte x väärtusahel L1 tasemel.



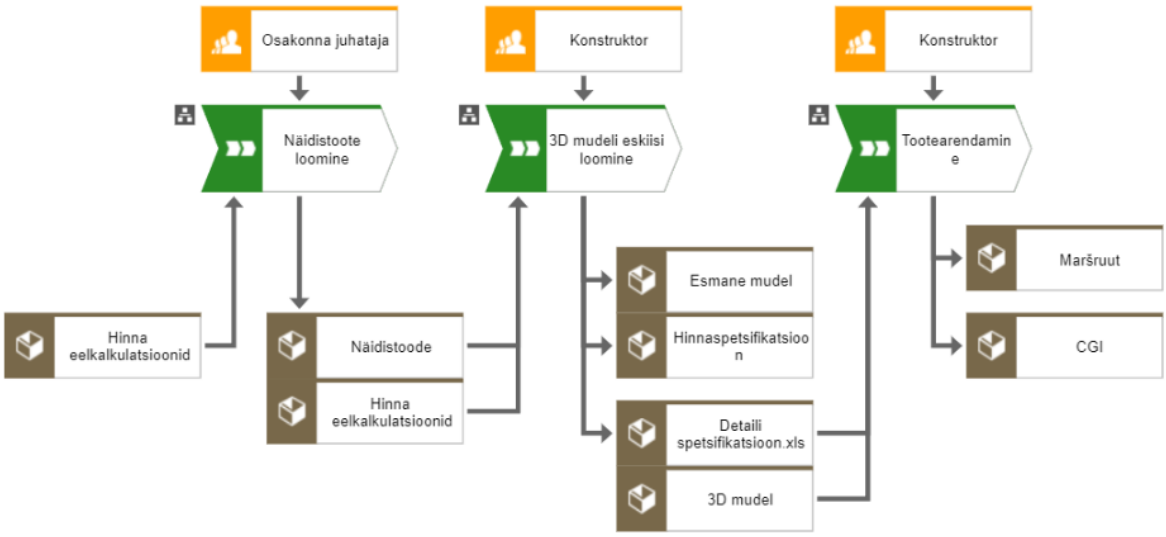
Joonis 6. Ettevõtte x väärtusahel [koostatud autori poolt]

2.2.2 Toote kavandamine

Esimeseks kaardistamise protsessiks seati toote kavandamine. Valikut määras Ettevõtte x tootekavandamise idee loomise eripärast. Kaks erinevat lähenemist on tootearenduse protsessis, milleks on:

- kliendi ja Ettevõtte x koostöös idee väljatöötamine;
- Ettevõtte x töötab välja idee, mida minnakse kliendile müüma.

Toote kavandamise etappi on määratud kolm protsessi, nendeks on näidistoote loomine, mudeli loomine ja toote arendamine (Joonis 7).



Joonis 7. Toote kavandamine L2 [koostatud autori poolt]

Kaardistamine algas vaatlusega, kus jälgiti konstruktori tööprotsesse ning dokumenteeriti töötaja tegevused.

Toote modelleerimise, mille sündmus on vajadus kavandada toodet, alamprotsessi järjekord on järgnev:

- lähteülesande uurimine;
- sarnaste toodete, detailide uurimine mida saaks kasutada alusena;
- sarnaste detailide ülekandmine uude arenduse kausta, kus detailidele antakse ajutine šiffri number;
- sarnaste mudelite lisamine Solidworksi, kus toimub modifitseerimine, et luua uue toote koostu mudel;
- joonise tegemine, kus konstruktor kontrollib üle mõõdud, vajadusel muudab mudelit ning tehakse erivariatsioonid;
- spetsifikatsioonide ehk BOM tegemine, kus kopeeritud detailide mudelitel on vaja muuta andmeid, et kanduksid üle detailide mõõdud;
- spetsifikatsioonide ülekandmine Excelisse;
- spetsifikatsioonide edastamine müügiosakonda, kus tehakse hinnakalkulatsioon.

Protsessi ajaline pikkus on lähtuvalt tootest varieeruv, aga konkreetse vaatluse puhul kuus tundi (kaasaarvatud töötaja puhkeajad). Peamine ajaline ressurss kulub sarnaste toodete otsimisele ning mudeli modifitseerimisele vastavatesse mõõtmetesse. Lisades (Lisa 1) on esitatud 3D eskiisi loomise protsess, mis on kaardistatud L3 tasemena.

Näidistoote loomine on ainult vajadusel, kui klienti soovib saada enne partii tootmist näidise. Ettevõttele x on näidistoote tegemine eelistatud, sest peale tootmist on võimalik koguda andmeid marsruutimise (normeerimise) ja trajektooride kohta näidise tagasiside alusel. Näidistoote loomine on kaardistatud Ettevõtte x edastatud materjalide alusel ning lähtuvalt probleemist ei ole vajadus esitada kaardistatud mudelit lõputöös.

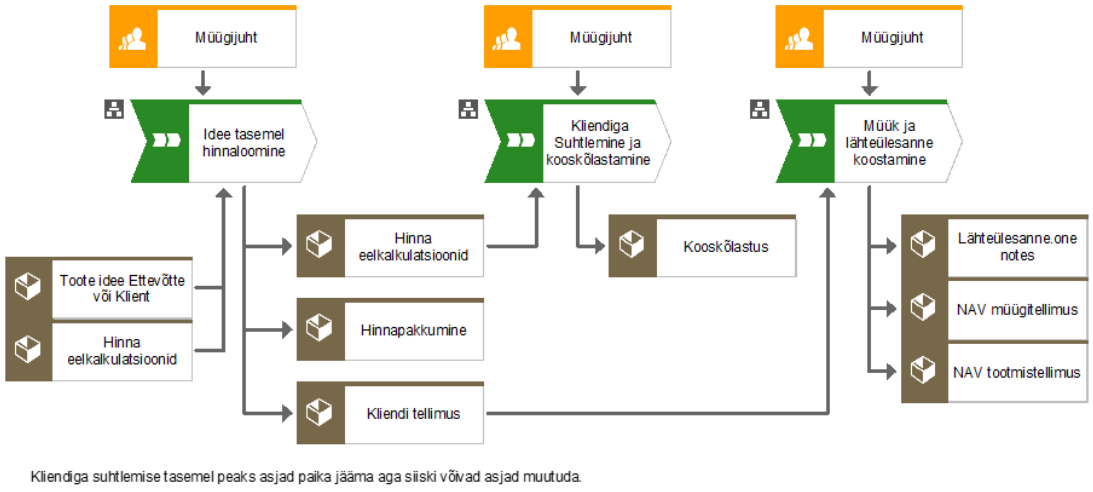
Tootearenduse protsessi (Lisa 2) tegevused toimuvad peale disaini ja hinna kooskõlastamist, mis on saanud kliendipoolse kinnituse. Mudelile tehakse lisaks juurde koostejuhendid, pakendamise skeemid ning tootmisele järgnevalt parandused normides. Mudel on kaardistatud uue tootearenduse protsessi juhtimistaseme vaatest, milliseid tegevusi on vaja teha, et saavutada soovitud väljund.

2.2.3 Müük

Müügi hetkeolukorra dokumenteerimise aluseks on loodud L2 tase väärtusahelana. VACD osutuks valituks, et kirjeldada müügiosakonna kõrgemaid protsesse. Müük täidab mitut funktsiooni, kus kokkuvõtlik loetelu koosneb vastavatest tegevustest ja need on:

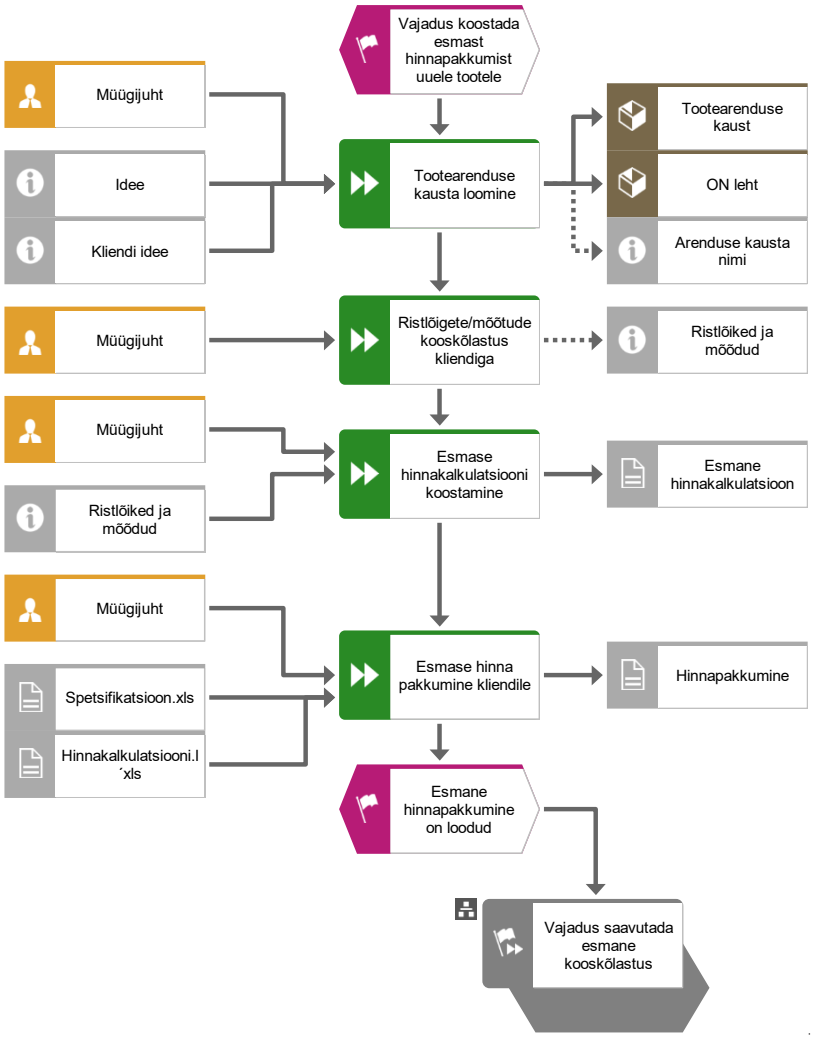
- tootearenduse juhtimine;
- kliendibaasi haldamine;
- jämeplaneerimine (pikaajaline);
- tellimuste haldamine.

Esitatud on L2 taseme joonis (Joonis 8) koos kommentaariga.



Joonis 8. Müük L2 [koostatud autori poolt]

Esiteks on idee tasemel hinna loomine, mis sisaldab sündmust, kus tegevuseks on omahinna arvutamine müügijuhi poolt. Tegemist on protsessiga, kus lähtutakse eelnevatest andmetest, et saada ideele rahaline väärtus (eurodes). Kaardistatud skeem visualiseerib müügijuhi tööd idee tasemel hinna loomisel, mis on esitatud joonisel (Joonis 9). Esmase hinnapakkumise täpsus on 30 % varieeruvusega võrreldes korrigeeritud hinnapakkumisega, mis esitatakse peale mudeli loomist. Eksisteerib risk, kus klient võib hilisemalt tootekavandmise tegevuste faasis ära öelda esialgsest kinnitamisest.



Joonis 9. Idee tasandil hinna loomine L3 [koostatud autori poolt]

Teiseks on eesmärk Ettevõttel x saada väljatöötatud esmasele hinnale kliendi kinnitus, mis algatab järgneva protsessi nimega kliendiga suhtlemine ja kooskõlastamine (Lisa 3). Tehakse esmane mudel, mis koos hinnaga on kliendile presenteerimisel kooskõlastuse saavutamiseks oluline mõjur. Kliendile esitamise faasis on nüüdseks hind täpsem ning olemas on mudel ja vajalikud lisad, mida kliendile esitada. Klient teeb otsuse kas on hinna ja mudeliga rahul ning seejärel saavutatakse esmane kooskõlastus.

Klient annab sisendi uue toote loomiseks ja uue tootmistellimuse valmistamiseks. Tootmistellimuse protsessi liigutakse koheselt, kui tegemist on tooteportfellist tellitava tootega. Vasakpoolne veerg lisades () kirjeldab uue toote loomise protsessi, mis seondub toote kavandamise osaga, aga kirjeldab müügi vaatest protsesside juhtimist. Teine veerg kirjeldab tootmise tellimuse ning jämeplaneerimise teostust.

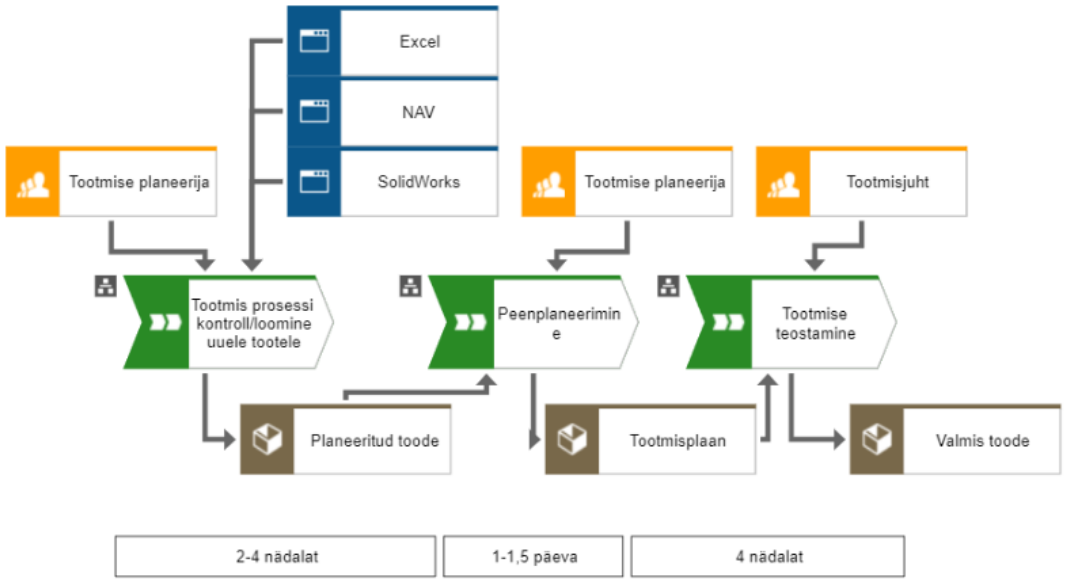
Müügispetsialisti töö (protsess) algab kliendi tellimuse saamisest ning vastutusalasse kuuluvad tootmistellimuse käsitlus ja jämeplaneerimine (Lisa 4). Peale tellimuse laekumist müügispetsialisti süsteemi käivitub järgmine ahel (Lisa 5) (Lisa 6):

- müük lisab tellimuse koguse eeldatavasse tarnenädalasse;
- andmejuht teeb ERP müügitellimuse, artikli toote mida tellitakse, artikli koguse ja eeldatava tarneaja;
- ERP müügitellimuse ülekandmine mööbeltellimuse Excelisse;
- müük annab teada, millised müügitabeli punased kogused (andmejuhile) ootavad kinnitust;
- andmejuht muudab vajadusel kinnitust ning saadab selle kliendile;
- müük muudab müügi Excelis tellimuse kinnitatud vormiks;
- müük teeb tootmise planeerimise (peenplaneerimine) jaoks ERP müügitellimustest tootmistellimused.

Nüüdsest on olemas kõik vajalikud andmed, et alustada tootmise planeerimisega, mille eest vastutab planeerija.

2.2.4 Tootmine

Esialgselt on määratud tootmise L2 tase (Joonis 10), kus juurde on lisatud ajalised väärtused, mis kirjeldavad etappide pikkusi. Tootmise struktuuri kuulub tootmise protsessi loomine, tootmise planeerimine ja tootmine. Tootmise protsessi kirjeldus on esitatud kahes osas, et kirjeldada Ettevõtte x tootearendamise osa ning peamises osas tootmise konteksti. Tootmise kaardistamine toimus kahes osas, kus esialgselt tutvuti planeerija ülesannetega ning järgnevalt töökeskustega, mis toetavad kontseptsiooni väljatöötamist. Tootmise protsessi visualiseerimiseks on esitatud L2 tase joonise kujul koos ajaliste kommentaaridega.



Joonis 10. Tootmine L2 [koostatud autori poolt]

(Lisa 1) kirjeldab Ettevõtte x tegevusi peale disaini ja hinna kooskõlastamist. Väärtust loova lahenduse väljatoomiseks on oluline kirjeldada marsruutimise tegevusi (Joonis 11) Ettevõttes x. Protsessiga alustav konstruktor võtab ette spetsifikatsiooni Exceli ning kontrollib, kas koostemudeli jaoks on olemas detailide PU koodid. PU kood viitab koostu detailile ning värv konkreetsele detailile. Detailidel, millel on PU kood olemas, otsib konstruktor ERP tarkvarast vastavad koodid ning lisab Excelisse. Järgnevalt lisab ERP tarkvarasse olemasolevate PU detailide andmed ning detailidel, millel PU koodi ei ole, võetakse aluseks sarnane profiil, millest tehakse koopiad ja muudetakse andmed vastavalt joonisele õigeks. Marsruutide osas on abiks ajaarvutuse Exceli tabel, mis on igale mudeli koostule eraldi. Ajaarvutuse Excelist võtab konstruktor andmete sisse lisamisel õiged käitlusajad ja lisab need ERP-i. Teatud toodetele pole marsruuti vaja luua, sest tegemist on ettevõtte jaoks standardse detailiga, mille marsruut on fikseeritud. Väljundiks on järgnev:

- poolikult täidetud marsruudid ja normid;
- poolik kaubakaart.

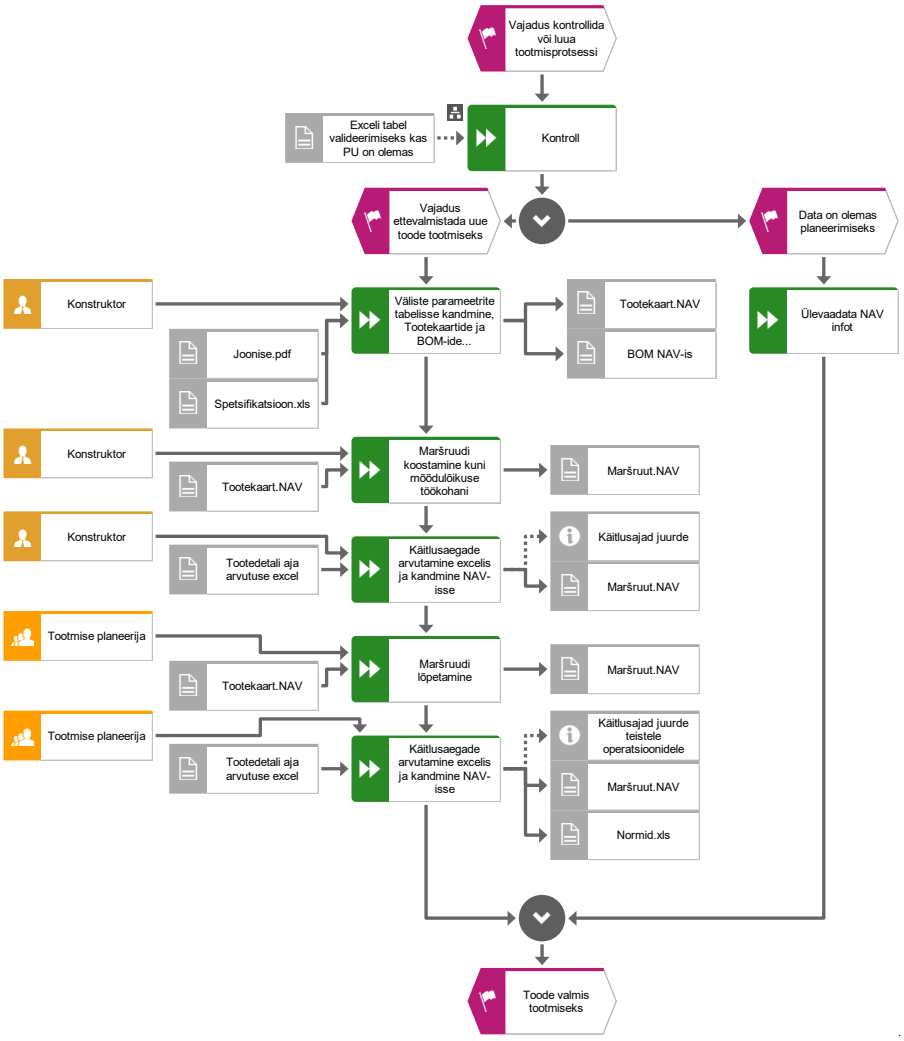
Teise osas võtab töö üle planeerija, kes täidab lõpuni marsruudi ja kaubakaardid ERP tarkvaras.

Lõplikuks väljundiks on:

- kaubakaart (ERP);
- marsruudid koos normidega.

Marsruut, mis lisatakse ERP süsteemi on fikseeritud (optimaalse omahinnaga) ning hetkeolukorras, kui tootmises toimub muudatus siis ERP süsteemis puudub võimekus lisada alternatiivne marsruut. Marsruudi muutumisel maastikul on kajastatud ainult Ettevõte x tootmise planeerimise tarkvaras, aga ERP süsteemi jäetakse esialgselt planeeritud marsruut. Planeerija ei näe mõtet igat väikest muudatust lisada ERP süsteemi, kus peaks muutma terve marsruudi. Reeglina lisatakse siis, kui on pidev esialgse marsruudi muudatus tootmises, mis mõjutab tegeliku toote omahinda.

Normeerimiseks kasutatakse Excelis olevaid valemeid, mis võimaldavad ERP süsteemist andmete ülekandmisel leida normatiivsed käitlusajad. Valemid on loodud Ettevõtte x reeglite alusel, kus täpsemad ajad saadakse peale tootmist tootmise planeerimise tarkvarast tagasisidestatud vormis.



Joonis 11. Marsruudi ja normide loomine L4 [koostatud autori poolt]

Marsruutide ning normaegade olemasolu ja sisestatud andmed ERP tarkvaras on sisendiks tootmise planeerimise alustamiseks (peenplaneerimine) (Lisa 7). Planeerija ülesandeks on kokku panna nädala

partii, arvestades töönädalaks viis päeva. Andmed on vaja kõigepealt saada kätte ERP süsteemist, kus toimub ülekanne Exceli faili, mis on nädalase mahu loomiseks. ERP süsteemis on valitud umbes 1,5 nädalane maht, mille alusel toimub terviku nädalase tootmispartii moodustamine. Andmete ülekande ajaline maht on 1,5 tundi. Exceli failis on olemas mitu lehte, millel igal on oma funktsioon. Pivot leht näitab nädalamahtu ja töökeskuste maksimaalseid võimsusi tundides. Planeerija ülesanne on tagada optimaalsed töökeskuste võimsused, vältides alakoormatuse ja ülekoormatuse olukorda seadmetel. Partii loomisel on tellimused klassifitseeritud olulisuse järgi, kus A on prioriteene, B ja C (vajadusel lisatakse tähistusi juurde) tellimusi saab vajadusel planeerida järgmisesse nädalasse. Lisaks on planeerimise funktsiooniks optimeerida vahetuse aegasid, mille all mõeldakse seadistuse aegasid. Teatud seadmete jaoks ei piisa ajaline väärtus vaid teise ühiku kirjeldamine, mis viitab töödeldava vajava koguse mahtu. Planeerija jälgib, kas lõpptulemusena vastavad töökusekeste võimsused normidele, samuti toonide ja materjalide tingimusi arvesse võttes, mis võivad tegelikku võimsust muuta. Protsess on pikk ja see tuleb mitu korda läbi mängida. Teatud olukordades tehakse nädalapartii valmis, kuid mis ei sobi, tuleb näiteks müügiosakonnaga arutleda, et teatud tellimused ümber tõsta. Järgnevalt, kui kõik on sobiv, esitatakse tootmisjuhtidele tootmise graafik ülevaatamiseks. Plaani kooskõlastamise kinnitamisele järgnevalt luuakse uus tootmise graafik Exceli kujul. Nädala partii andmed sisestatakse ERP süsteemi ühise nimetajaga andmejuhi poolt.

Reaalse tootmise alustamiseks on vajadus lisada tootmise planeerimise tarkvarasse nädalase mahu fail CSV formaadis. Faili importimisel tarkvara optimeerib tootmisajad, kasutades funktsioonide reeglistikku, kus arvutus seisneb järgnevate tegurite analüüsimisel:

- käitlusaeg vastavalt kogusele;
- muu aeg;
- lühikemõõduvahetus (seadistusaeg);
- pikkmõõduvahetus (seadistusaeg).

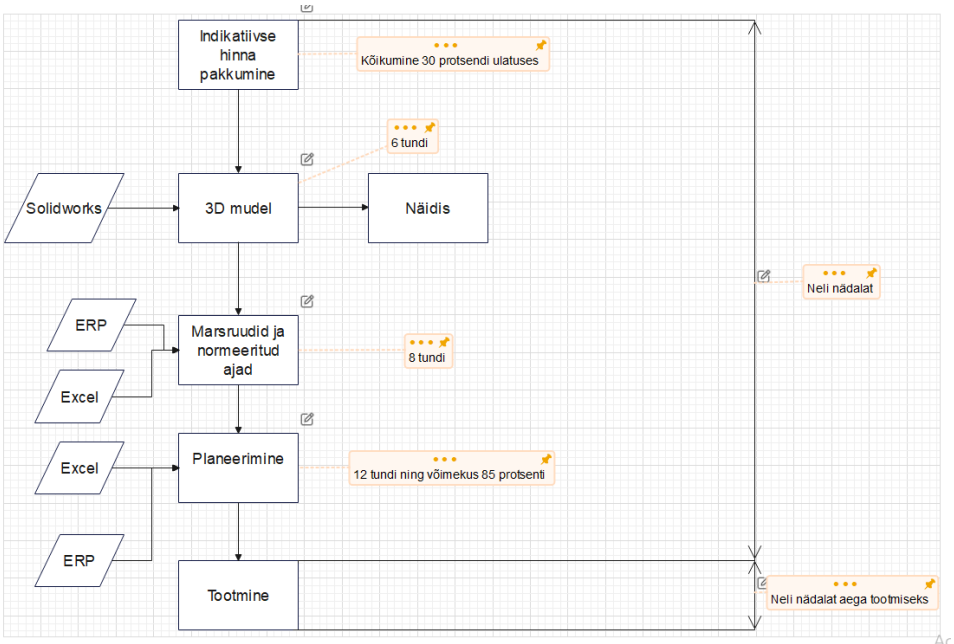
Teisalt on vajadus optimeerida veel materjali kasutamist, kus tuuakse kokku ligilähedaste pikkustega detailid, moodustades nendest konteineri süsteemi. Tootmise planeerimise tarkvara kasutatakse partii tööde jälgimise funktsioonina, mida on vaja teha ning kaugel ollakse hetkeseisuga töökusekeste lõikes.

Tootmise planeerimise tarkvaras on olemas nädalase partii andmed ning kui optimeerimine on teostatud, siis saab alustada tootmisega. Lõputöö autor uuris Ettevõtte x tootmises teatud arvu töökeskuseid, mis toetaksid kontseptsiooni loomist. Kaardistamise eesmärgiks on mõista töökeskuste loogikat ning toimimist. Ajalise arvestuse osas lähtuti Ettevõtte x tootmise planeerimise tarkvara

arvutussüsteemist, mis on kirjeldatud ülevalpool loetelus. Tootmine (Lisa 8) on kaardistatud võttes osaliselt arvesse tulevikuolukorda, kus juurde on lisatud ARIS tarkvaras töökeskuste loogikad ning metaandmete objekt, mis hetkel on spetsialistide enda teada. See tähendab, et süsteemis sellist informatsiooni hetkeolukorras ei ole. Tootmine on jaotatud kolme erinevasse sektsiooni, neist igal on vastav tootmisjuht.

2.2.5 Hetkeolukorra ajaline dekomponeerimine

Alampeatükk kirjeldab hetkeolukorda lihtsustatud plokkskeemi alusel, kus on juurde lisatud ajalised ja protsentuaalsed väärtused. Võrreldes ARIS tarkvara EPC ja VACD modelleerimise keeltega on plokkskeem ahela tervikliku ajalise ülevaate visualiseerimiseks autori hinnangul ülevaatlikum variant. Esitatud on viis tegevust koos vastavate tarkvaraliste sisenditega, mida kasutatakse tööülesannete teostamiseks Ettevõttes x. Plokkskeem on jaotatud kaheks osaks, ülemine plokk (indikatiivse hinna pakkumine kuni tootmiseni) tootmisele eelnevad tegevused ja teine plokk, milleks on tootmine. Mõistmaks, milline on esimese osa, teise osa ja üksikute tegevuste ajaline kulu, on esitatud illustratiivne joonis (Joonis 12).



Joonis 12. Hetkeolukorra plokkskeem [koostatud autori poolt]

Hetkel on marsruutide ja normide loomine tootmisele ja tootmise planeerimisele eelnev protsess. Plokkskeem näitab samuti marsruutimise asukohta väärtusahelas.

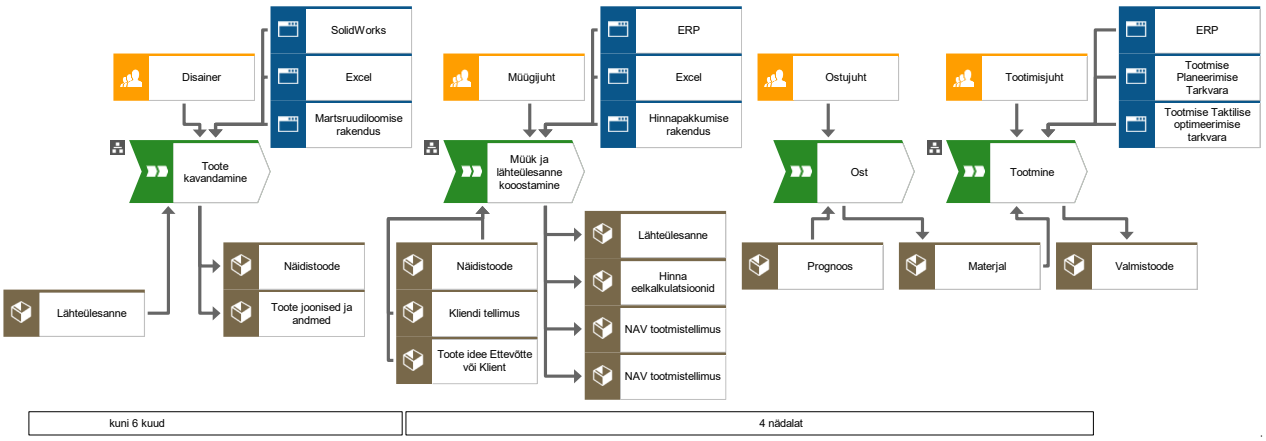
2.3 Tulevikuolukord

Tulevikuolukorra loomine on järgneva äriprotsessi analüüsi tegevuste osa. Lõputöö autor on lähtuvalt probleemist võtnud aluseks kirjeldada millised peaksid olema Ettevõtte x äriprotsessid muudatuste sisse viimisel. Lähtuvalt äriprobleemi kontekstist on peamiseks tuua esile andmed, võttes aluseks probleemi kontekst.

Ettevõtte x äriprotsessides muutub normeerimise ja marsruudi loomine, mis ühildub kokku hetkeolukorra tootekavandmise osa 3D eskiisi loomisega. Tulevikuolukorras esitatakse peamise muudatusena marsruudi loomise ning normeerimise osa ning kirjeldatakse selle mõju teistele äriprotsessidele.

2.3.1 Väärtusahel TO-BE

Lõputöö autor on loonud TO-BE väärtusahela diagrammi (Joonis 13), mis kirjeldab väärtusahelat tuleviku kontekstis. Arvestatud on Ettevõtte x potentsiaalse planeerimise parendusprojektiga, mis on seoses marsruutimise ja normeerimise kontseptsiooniga, aga teisalt eraldiseisev.



Joonis 13. Väärtusahel tulevikuolukord [koostatud autori poolt]

2.3.2 3D mudeli loomine TO-BE

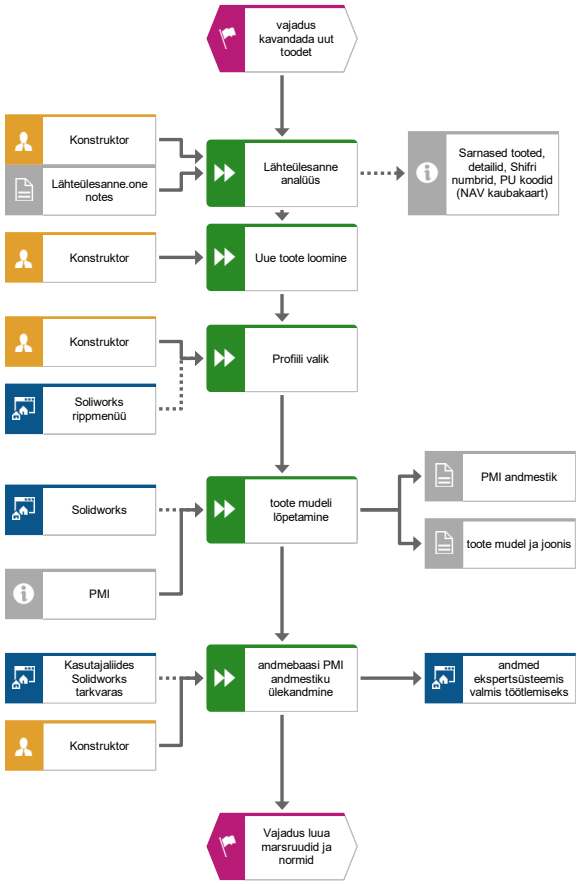
Mudeli loomise protsess muutub hetkeolukorraga võrreldes optimaalsemaks, kus mudel omab masintõlgendavaid andmeid. Esialgne modelleerimise metoodika, kus tegeleti sarnaste detailide kopeerimise ja modifitseerimisega, asenduks nullist toote loomisega. SolidWorks tarkvaras konstruktor valib vastavad profiilid, mille alusel hakatakse ehitama üles koostemudelit. Teisalt

kasutab konstruktor uusi SolidWorks tööriistu, mis toetavad tööprotsessi ning metaandmete kättesaamist struktureeritud kujul.

Uus töökorraldus võimaldab luua PMI, mis on seotud konkreetse mudeliga ning tulevikuolukorras on olemas igal tootel ja detailil vastav andmestik. PMI andmestiku struktuur koosneb parameetritest, mis on vajalikud automaatseks marsruudi genereerimiseks uue infosüsteemi poolt näiteks:

- laius;
- pikkus;
- paksus;
- avade arv;
- pinna viimistlus jne.

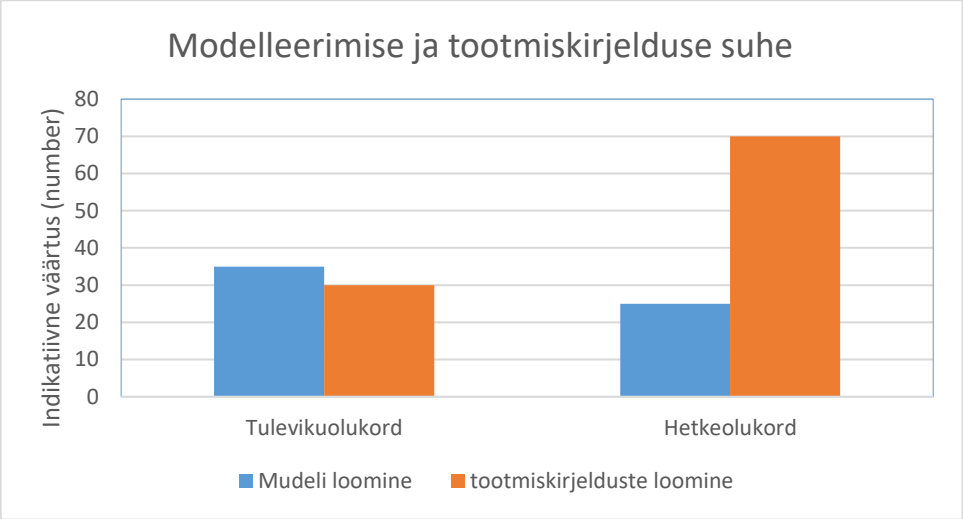
Esitatud ei ole terviklik PMI struktuur vaid kolm olulist parameetrit, aga arvestama peab samuti erikujuliste detailidele PMI andmestiku struktuuri loomisega. Tulevikuolukorra konteksti alusel on vajalikud tegevused esindatud joonisel (Joonis 14).



Joonis 14. 3D mudeli andmete loomine L3 TO-BE [koostatud autori poolt]

2.3.3 Marsruudi loomine ja normeerimine TO-BE

Marsruudi loomine muutub järgnevaks TO-BE protsessiks peale mudeli loomist. Tegemist on dünaamilise versiooniga, kus ühe fikseeritud marsruudi asemel on süsteem võimeline genereerima lisaks alternatiivseid marsruute. Normaegade leidmisel asendatakse Excelisse käsitsi sisestamine automatiseeritud süsteemiga, mis võimaldab arvutada konkreetse marsruudi ajad ning tuletada vastavalt eesmärgile (hind või aeg) marsruutide variatsioonid, mille viimase otsuse teeb planeerija. Protsessi asukoht väärtusahelas (Joonis 13) muutub, kus marsruutimise ja normeerimise tegevusi on võimalik teha koheselt peale mudeli PMI andmestiku kättesaamisel. Rolli osas asendab planeerija ja konstruktori tegevust ekspertsüsteem, mis on andmebaasi sisend ja reeglistike alusel loob marsruudid koos normidega. Andmevahetus toimub SolidWorks-ist ERP süsteemi, mille kasutajaliides võimaldab konstruktoril anda sisendi ekspertsüsteemi, milleks on PMI andmestik. Muudatus esialgselt pikendab toote mudeli loomise protsessi, aga optimeerib marsruutide ja normide loomist ümmardatult 87 % kiiremaks ning vähendab inimese eksimuse võimalust võrreldes hetkeolukorraga (Joonis 15).



Joonis 15. Modelleerimise ja tootmiskirjelduse suhe [koostatud autori poolt]

Planeerija roll ja tööülesanded muutuvad kinnitamise funktsiooniks. Põhjenduseks on see, et tootmises eksisteerivad teatud tüüpi erandlikud detailid, mille tingimusi ehk reeglistikku on masintõlgendavaks andmeteks keeruline defineerida. Tulevikuolukorras lähtutakse Pareto printsiibi suhtest, kus 80 % marsruutidest ekspertsüsteemi poolt on loodud täpsed ning 20 % osas peab planeerija lisama süsteemi uued reeglid lahenduse saamiseks. 100 % marsruutide täpsust ekspertsüsteemist olenevalt detailist hetkevisioonis pole majanduslikult otstarbekas luua.

Marsruudi loomise ja normeerimise automatiseerimine on sisendiks tootmise planeerimise optimeerimiseks, kaasaarvatud automatiseerimiseks. Marsruudi loomise ja normeerimise tulevikuolukorra kaardistatud mudel on esitatud lisades (Lisa 9).

2.3.4 Müük

Müügi osas muutub täpsemaks indikatiivse hinna pakkumine, sest olemas on õiged marsruudid ja normajad, mis võimaldavad pakkuda täpsemat hinda, mille kõikumine on 10 % ulatuses. Põhjuseks on PMI andmete saamine koos mudeliga ja täiusliku andmestikuga (PMI). Müügiosakond saab uue mudeli loomise protsessi alusel vältida olukorda, kus klient taganeb mudeli presenteerimisel tellimusest. Müügiosakonna spetsialist saab uue andmestiku alusel teostada täpset müügihinna pakkumist varasemas protsessi faasis.

2.3.5 Tootmine TO-BE

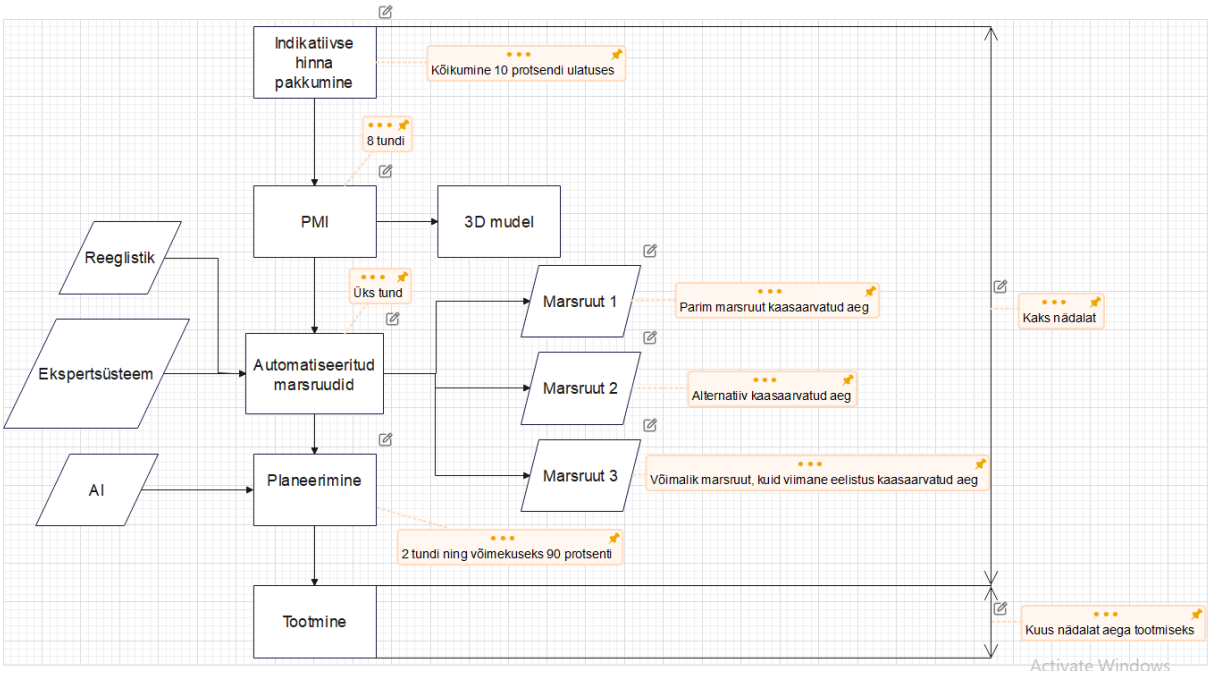
Tootmise osas on eemaldatud marsruutimise ja normeerimise protsess, mis luuakse toote kavandamise osas. Tootmise planeerimise osa vastavalt PMI parameetrite täpsusele võimaldab planeerijal luua optimaalse nädalamahu vastavalt partiis olevatele toodetele. Hetkeolukorra ühe marsruudi asemel on võimalus vastavalt vajadusele planeerijal luua efektiivset tootmisvoogu tagav partii kogus. Planeerimise funktsiooni saab automatiseerida tänu marsruutimise ja normeerimise ekspertsüsteemi sisendiga, mis võimaldab vähendada tootmise planeerimise ajalist mahtu kahe tunni peale. Ideaalses tuleviku kontekstis on Ettevõttel x kaotada jämeplaneerimise osa, tuues selle peenplaneerimise protsessi, mille muutust tagaks peenplaneerimise automatiseerimine.

Järgnevalt on võimalus minna äriprotsesside vaates toote valmistamise osasse, milleks on tootmine. Tootmise ülesehitus, struktuur ja töökorraldus ei muutu tulevikuolukorras, sest uus kontseptsioon on mõeldud tootmisele eelneva tootmise kirjelduse ehk tootmisprotsessi loomise muutmiseks. Marsruudi ja normeerimise protsessi tulevikuolukord lisab tootmiseks juurde kaks nädalat tootmiseks, oluline on esile tuua, et ajaline võit lähtub kokkupandava partii keerukusest (detaili parameetrid). Kaks nädalat lisaaega tootmiseks toetab Ettevõtte x ühte äristrateegiat, milleks on: Uue toote kiire arendustegevuste teostamine.

Planeerimise protsessi kiirenemine ning marsruutimise ja normeerimise tegevute ümberpaigutamine tootekavandamise protsessi annavad aluse tootmisele lisaja saavutamiseks.

2.3.6 Tulevikuolukorra dekomponeeritud plokkskeem

Sarnaselt hetkeolukorrale on samal põhimõttel esitatud aegade ja protsentuaalsete väärtuste väljatoomisel terve ahela kontekstis plokkskeem (Joonis 16). Tulevikuolukord näitab, millistes protsessides, milliste tarkvaraliste süsteemidega võidetakse ajalistes protsessides. Skeem on kahes osas, kus esimene toob välja tootmisele eelnevad tegevused ja teine tootmise. Ajaline võit on marsruudi loomise, planeerimise ning tootmise kontekstis. Toote mudeli loomine koos vastava andmestikuga läheb pikemaks, ses vajadus on muuta töökorraldust ja selle tõttu suureneb konstruktori töö sisend. Olenemata mudeli loomise ajalise pikkuse suurenemisega kahe tunni võrra muutuvad andmed masinloetavaks, mis tõstab tootmise protsessi kiirust ning võimaldab varem alustada tootmise operatsioonidega. Hetkeolukorra kokkuvõtlikuks kirjeldamiseks on esitatud plokkskeem joonise vormis.



Joonis 16. Tulevikuolukorra plokkskeem [koostatud autori poolt]

2.4 Muudatuste strateegia

Muudatuste strateegia kirjeldab, milliste vahendite alusel saavutatakse tulevikuolukorra staatus, mis tähendab muutust hetkeolukorraks. Täpsemalt, näiteks milliseid tööriistu, seadmeid või ressursse on vaja lahenduse töötamiseks ning juurutamiseks. Ettevõttes x muutub konstruktori töökorraldus, mis tähendab teisi töövõtteid toote modelleerimisel. Toote loomisel on vajadus PMI andmestike

saamiseks masintõlgendavas vormis, mistõttu peab kasutusele võtma uued Solidworks lisandid ehk tööriistad.

Esiteks muutub konstruktori töö, mis eeldab konstruktoritega koostöös nende koolitamist uue töökorralduse toimimiseks. Eelnevalt lahenduse juurutamist koostöös konstruktoritega käiakse üle tööriistade valikud ning otsustatakse, millised on vajalikud ning optimaalsed Ettevõtte x konteksti arvesse võttes.

Erinevad tööriistad, mille kasutamine toetab töövoogu ja PMI andmete salvestamist. PMI koos töövoo muutusega on muudatuse elluviimiseks vajalik ning lisaks planeerimise arendustegevuste teostamise vajalik sisend. Muudatuste strateegia ei eelda kohest tööriistade rakendamist vaid nende esiletoomist Ettevõttele x, mille abil saavutada uus hetkeolukord. Tööriistade käsitlusalasse kuulub samuti ekspertsüsteem ning vastava andmebaasi kasutuselevõtt.

Tööriistad, mis sobivad valikuks Ettevõttes x ja toetavad tulevikuolukorra saavutamist on järgnevad:

- Solidworks toolbox;
- Solidworks weldments keskkond;
- DriveWorks;
- SolidWorks composer;
- SolidWorks rakendusprogrammeerimise funktsiooni kasutamine.

2.4.1 SolidWorks toolbox

Solidworks toolbox on igas tarkvara versioonis olev standardsete toodete keskkond, kus on ettevõtte detailid. Konstruktor peab ainult valima detaili ning liigutama selle kooste keskkonnas mudelil soovitud kohta. Kasutusel koos targa komponentide funktsiooniga (*smart components*) on võimalus automatiseerida mudelite ja koostemudelite loomist. Ettevõtte x saab lisada menüüsse furnituuri, mida hetkel mudelil ei lisata. [19]

2.4.2 SolidWorks weldments

Solidworks keevituskeskkonnas saab kasutaja luua mudeli, mis koosneb komponentidest, millel on mitu erinevat profiili. Keevituskeskkond võimaldab Ettevõttel x laudtüüpi detailide loomisel võtta aluseks hetkel kasutusel olevad profiilid. Solidworks keevituskeskkonnas peab operaator ainult valima rippmenüüst soovitud profiili, mis automaatselt loob vastavate geomeetriliste andmetega mudeli. [19]

2.4.3 DriveWorks

Driveworks on Solidworks tarkvaras olemas, kui soovida kasutada baasversiooni, mille võimekus oleneb kasutaja soovist. Tegemist on tööriistaga, mis võimaldab automatiseerida toodete loomist, parametriseerida toodete loomist ning müügipakkumiste haldamist. Tööriista eeliseks on mudeli parametriseeritud andmete, mis on Microsoft Access andmebaasi vormis, väljastamise võimalus, mida kasutada Ettevõtte x puhul ekspertsüsteemi rakendamise põhimõttel. [20]

2.4.4 SolidWorks composer

Solidworks composer võimaldab luua erinevaid graafilisi lahendusi mudelitest, mille eesmärgiks on informatsiooni edastamine lõppkasutajale. Ettevõttel x on võimalus kasutada tööriista koostamisjuhendite ja kasutusjuhendite loomiseks, mis muudab protsessi automatiseerituks ja ajaliselt kiiremaks. [21]

2.4.5 SolidWorks rakendusprogrammeerimise funktsiooni kasutamine

SolidWorks sarnaselt Exceli tarkvarale võimaldab kasutajal kirjutada makrosid ning rakendusprogramme. Funktsiooni kasutades saab luua automatiseerimiseks modelleerimise tööriistu vastavalt Ettevõte x vajadustele. Arvestama peab rakendusprogrammide loomise sisendressursi, haldamise ja hoolduse ressursi kuludega, mis tekitab küsimuse, kas kõik protsessi sammud on vaja automatiseerida? Eeliseks võrreldes teiste lahendustega on võimekus luua protsess ja töövoog, mis vastab täielikult Ettevõtte x kontekstile, aga sisend nõuab selle eest suuremat investeeringut.

2.5 Lahenduse väljatöötamine

Lahenduse väljatöötamine seisneb vajalike ressursside ning projektimeeskonna ning Ettevõtte x koostöös. Esiteks on vajalike ressursside ning töövoogude kasutusele võtmine, mis eeldab koolitamist ning juurutamistegevusi. Esimese sammuna koostöös konstruktoritega, kasutades vastavaid SolidWorks lahendusi, otsustatakse, millises töövormis saadakse kätte PMI metaandmed. Teisalt on vaja luua PMI andmestike struktuur. Andmebaasi kasutuselevõtt, kus on ekspertsüsteemi töötamiseks vajalikud andmed. Ekspertsüsteemi töötamiseks on lisaks vaja reegleid, mille alusel süsteem esitab marsruudid mis on paika pandud töökeskuste uurimise osas. Teiseks on vaja luua hilisemalt kasutajaliides, mis võimaldab täielikult automatiseerida andmevahetust süsteemide vahel.

Andmebaas ning reeglistik sisaldab järgnevat:

- tööpinkide võimekusi, mida kirjeldavad reeglid;

- töökeskuste käitlusaeg, mis kirjeldab aega operatsiooni teostamiseks;
- abiajad, mis kirjeldavad töökeskuste seadistamisele kuluvat aega.

Projekti elluviimiseks on valitud agiilne lähenemine, kus on võimalik luua lähi perioodi iteratsiooni arvestades lõpetatud juurutamise operatsiooni tulemustega.

2.6 Lahenduse hindamine

Lahenduse hindamisel lähtutakse seatud eesmärkidest, tootmise ettevalmistusaja vähenemisest ning marsruudi loomisel ajalise täpsuse tõstmise määramisest 90 % peale. Lahenduse hindamiseks on vajadus katsetada uue kontseptsiooni töötamist, mis tähendab vastavust uue äriprotsesside hetkeolukorra saavutamiseks. Hindamise tulemuse saamiseks viiakse läbi audit, kus audiitor teeb järeldused, kas loodud lahendus vastab seatud eesmärkidele. Eelnevalt on vajadus teostada projektimeeskonnal auditile eelnevalt hindamisprotsess. Ettevõtte x toodetest on vaja valida välja kaks erinevat toodet, millest üks on standardsem toode ja teine keerukam omades erikujulisi detaile. Lahenduse hindamiseks valitud toote alusel käiakse läbi tulevikuolukorra äriprotsesside tegevused ning tehakse vastavad järeldused. Oluline ei ole luua täiesti uut toodet vaid näidata olemasoleva toote PMI andmestiku alusel kontseptsiooni toimimist vastavalt seatud eesmärkidele.

Lahenduse hindamise faasis on võimalus enne auditit teha korrektuurid mittevastavuste märkamisel. Auditi jaoks on eelduseks, et kontseptsioon töötab ning kontseptsiooni väljund võimaldab saavutada seatud eesmärkide tingimusi.

KOKKUVÕTE

Lõputöö autor valis teemaks „Normeerimise ja marsruudi loomise kontseptsioon Ettevõtte x näitel“. Lõputöös seati järgnevad eesmärgid:

- Maksimeerida tootmiseks olevat aega võrreldes hetke olukorraga, mille kaudu on plaanis saada rohkem ressursse, mis lühendab tootmise ettevalmistamiseks vajaliku aega.
- Töötada välja või optimeerida lahendus ehk ekspertsüsteem, mis võimaldab automatiseerida marsruuti, retsepti ja materjalinimekirja koostamist. Kontseptsiooni lahenduse süsteem peab pakkuma alternatiivseid marsruute, mille eesmärgiks on ühtlustada töökeskuste koormused. Lahendus tõstab tootmisprotsessi ajalise täpsuse marsruudi loomisel 90 % peale.

Teoreetiliseks aluseks valiti digitaalse ärianalüüsi metoodika, lähtuvalt Ettevõte x soovist parendada ettevõtte äriprotsesse. Ärianalüüsi alusel loodi uurimise struktuur ning äriprotsesside juhtimise teooria alusel äriprotsesside modelleerimise keele valik, milleks on EPC ja VACD. Kontseptsiooni loomiseks uuriti Ettevõte x konteksti, sisemist ja välist, mis toetab äriprobleemi konteksti lähtudes uurimisel olulisema info esile toomist. Hetkeolukorra ja tulevikuolukorra kaardistamisel ARIS Connect tarkvara võimaldas esitada jooniste kujul ettevõtte väärtusahela ja alumiste tasemete tegevuste kirjeldused. Plokkskeemide jooniste vormis esitatud ajalised väärtused kirjeldavad marsruutimise ja normeerimise asukohta ahelas ja selle mõjureid ning olulisust probleemi ühe osana.

Kaardistamine on aluseks lahenduse loomisele, kus on esitatud vajalikud ressursid ja muudatused uue hetkeolukorra saavutamiseks. Ettevõttes x muutub konstruktorite töövoog, kus mudeli PMI andmestike alusel ekspertsüsteem vastavalt reeglistikule loob uued marsruudid koos aegadega, mille alusel protsess automatiseerituks. Alternatiivsed marsruudid tekivad süsteemi, kus ERP süsteemi läheb valituks osutunud marsruut ehk õige vastavalt olukorrale. Tekib dünaamilisuse efekt, kus planeerija saab vajadusel kasutada teist marsruuti. Lõputöö autor kirjeldab samuti lahenduseks vajaminevaid ressursse ning kuidas toimub Ettevõttes x lahenduse muutmine tulevikuolukorra staatusest hetkeolukorraks. Kontseptsiooni positiivne mõju kandub teistesse protsessidesse, sest saadakse parametriseeritud andmed, mille alusel on hinnapakkumine täpsem ning planeerimise võimekus esialgsest kõrgem. Kontseptsioon võimaldab vähendada tootmiseks olevat aega kahe nädala võrra, mis tõstab Ettevõtte x ressursside võimekust, mille tagajärjel väheneb tootmise ettevalmituse aeg kahe nädala võrra. Kontseptsiooni lahenduse juurutamisel tõuseb tootmisprotsessi ajaline täpsus 90 % peale.

Lõputöö kontseptsioon vajab veel lahenduse terviklikku loomist, juurutamist, hindamist ja auditeerimist. Järgenvaks tegevuseks on ekspertsüsteemi loomine, mille valmimisel saab liikuda lahenduse hindamise faasi, kus valitakse vastavad tooted kontseptsiooni hindamiseks. Uus kontseptsioon on sisendiks planeerimise automatiseerimise projektile. Lõputöö autori marsruudi ja normeerimise kontseptsioon toetab Ettevõttele x digitaliseerituse trendi taset.

SUMMARY

The Bachelor thesis topic *The Concept of Standardisation and Route Creation in Company X* was chosen by the author. The following goals were set out in this thesis which are:

- To maximise the time available for production compared to the current situation, with the aim of obtaining more resources, which will reduce the time needed to prepare for production.
- Develop or optimise a solution for automating routing and standardization. The concept solution must provide alternative routes aimed at harmonising the workloads of workstations. The solution will increase the time accuracy of the production processes to 90 % when creating a route.

The theoretical basis of the digital analysis methodology is used to carry out research in Company x. Based on business analysis, a research structure was followed to point out necessary steps to carry out research regarding business processes. Business process modelling languages EPC and VACD are chosen to visualize and describe Company x AS is situation and To be situation. The business context, internal and external of Company x, was analysed in order to create conceptual framework which supports the highlighting of the relevant information needed to be elicited. Mapping of the current situation (AS IS) and future situation (TO BE) was done with ARIS connect software which enabled the presentation of the Company´s x value chain and lower level activities in the form of diagrams. The temporal values, presented in the form of block diagrams, describe the position of routing and standardisation in the value chain and its drivers plus importance as part of the business problem.

The mapping is the basis for the creation of a solution, setting out the resources and changes needed to achieve the new AS is situation. In Company x the workflow of the designers changes, where the expert system creates new routs with times based on the PMI input data of the model. Workstation rules which are in the expert system assure possible routs are given in output. Alternative routs are generated by the system, where the ERP software receives optimal route with times according to the situation when decision is made. A dynamic effect comes into play where the production planner can plan a different rout if necessary and display it immediately in ERP software. The author of this thesis described the resources required for the solution and how to transition from current situation to future situation (TO BE). The positive impact of the new concept is carried over to other processes, as parameterised data is obtained, resulting in a more accurate quotation and higher planning capacity percent rise. Improvements in routing and standardisation allow time to be gained in other processes, which together will reduce the time needed to prepare for production and gain additional time for

manufacturing. The concept allows to reduce the time available for production by two weeks, which increases the resource capability of Company x, resulting in a reduction of two weeks in the pre-production time. By implementing the concept solution, the time accuracy of the production process is increased to 90 % when creating a route.

The bachelor's thesis concept still needs a comprehensive solution creation, deployment, evaluation and audit. The next step will be the creation of an expert system, which once completed, will allow the solution to be tested with selected products. The new concept presented in this thesis will be an input to the planning automation project. Routing and standardisation concept will provide basis for company x to improve its level of digitalisation.

VIIDATUD ALLIKAD

[1] A. Kase, „Töökoha disain ja normeerimine tootmises“, *Äripäeva teabevara*, 2023. https://teabevara.ee/tootmise-juhtimise-teabevara/tookoha-disain-ja-normeerimine-tootmises (vaadatud 2. veebruar 2023).

[2] F. Milani, *Digital business analysis*. Tartu: Springer International Publishing, 2019, 1-432. doi: 10.1007/978-3-030-05719-0.

[3] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, ja H. A. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management*, 2. tr. Tartu: springer, 2018, 1-527.

[4] Y. Alotaibi ja F. Liu, „Survey of business process management: challenges and solutions“, *Enterp Inf Syst*, kd 11, nr 8, lk 1119–1153, sept 2017, doi: 10.1080/17517575.2016.1161238.

[5] B. Bauer, S. Roser, ja J. P. Müller, „Adaptive Design of Cross-Organizational Business Processes Using a Model-Driven Architecture“, *Wirtschaftsinformatik 2005*, Bamberg: Physica-Verlag Heidelberg, 2005, lk 103–121. doi: 10.1007/3-7908-1624-8_6.

[6] ARIS Community, „Event-driven-process-chain (EPC)“, 2023. https://ariscommunity.com/event-driven-process-chain (vaadatud 14. aprill 2023).

[7] IBM, „The Basics of Business Process Modeling and Notation (BPMN)“, 2022. https://www.ibm.com/cloud/blog/bpmn (vaadatud 14. aprill 2023).

[8] ARIS Community, „BPMN process modeling & free modeling tool“, 2023. https://ariscommunity.com/aris-express/bpmn-2-free-process-modeling-tool (vaadatud 14. aprill 2023).

[9] K. L. Narayan, M. K. Rao, ja M. M. M. Sarcar, *Computer Aided Design and Manufacturing*. Delhi: PHI Learning Private Limited, 2008, 1-728.

[10] SAP, „What is ERP“, 2023. https://www.sap.com/estonia/insights/what-is-erp.html#definition (vaadatud 15. aprill 2023).

[11] M. Võõras, „Protsessid“, *EAS*, 2023. https://eas.ee (vaadatud 20. aprill 2023).

[12] R. Tilk, E. K. Kruusmaa, ja SA kutsekoda, „Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: metsandus ja puidutööstus“, *SA Kutsekoda*, 2022. https://oska.kutsekoda.ee/uuring/metsandus-ja-puidutoostus/ (vaadatud 20. aprill 2023).

[13] M. Tsirk, „Kuhu lähed, Eesti mööblitööstus?“, *Tsenter*, 2022. https://tsenter.ee/kuhu-lahed-eesti-mooblitoostus/ (vaadatud 21. aprill 2023).

[14] R. Pavlov, „PEST-analüüs“, *EAS*, 2023. https://www.eas.ee/images/doc/sihtasutusest/trukised/organisatsiooni_kasiraamat/06.pdf (vaadatud 26. aprill 2023).

[15] A. Jõgi, „Venemaa töötlemata puidu eksport kukkus 70%“, *Äripäev*, 2023. https://www.aripaev.ee/uudised/2023/01/27/venemaa-tootlemata-puidu-eksport-kukkus-70 (vaadatud 27. aprill 2023).

[16] A. Jegers, „Analüüs: negatiivsus kurnab Eesti puidutööstureid, on väsimise ja loobumise märke“, *Äripäev*, 2021. https://www.aripaev.ee/arvamused/2021/10/25/analuus-negatiivsus-kurnab-eesti-puidutoostureid-on-vasimise-ja-loobumise-marke (vaadatud 9. mai 2023).

[17] Tööstusuudised, „Puidu kõrgem väärindamine kasvatab valdkonna tööhõivet - Tööstusuudised“, *Tööstusuudised.ee*, 2023. https://www.toostusuudised.ee/uudised/2023/02/07/puidu-korgem-vaarindamine-kasvatab-valdkonna-toohoivet (vaadatud 27. aprill 2023).

[18] Statistikaamet, „Metsandus ja puidutööstus“, *Statistikaamet*, 2023. https://juhtimislauad.stat.ee/et/metsandus-ja-puidutoostus-11 (vaadatud 27. aprill 2023).

[19] Solidworks Help, „Weldments“, *Dassault Systems*, 2023. https://help.solidworks.com/2023/english/SolidWorks/sldworks/c_weldments_overview.htm?verRedirect=1 (vaadatud 30. aprill 2023).

[20] DriveWorks, „What is DriveWorks“, *DriveWorks*, 2023. https://www.driveworks.co.uk/ (vaadatud 30. aprill 2023).

[21] Solidworks, „SOLIDWORKS Composer“, *Dassault Systems*, 2023. https://www.solidworks.com/product/solidworks-composer (vaadatud 30. aprill 2023).

LISAD

Lisa 1. 3D mudeli eskiisi loomine L3

Lisa 2. Tootearendamine L3

Lisa 3. Kliendiga suhtlemine ja kooskõlastamine L4

Lisa 4. Lähteülesanne koostamine L3

Lisa 5. Müügitellimuse koostamine L4

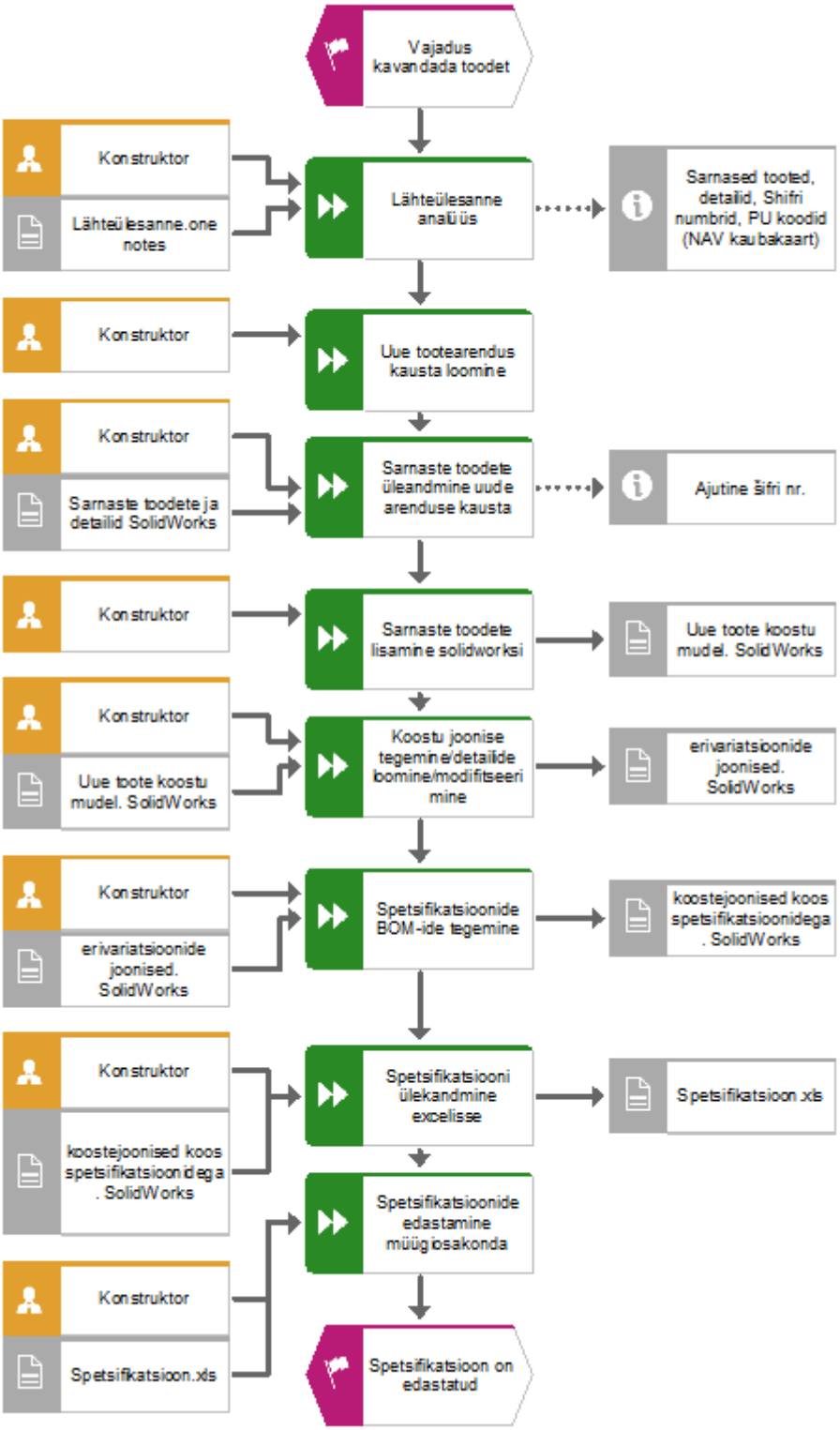
Lisa 6. Jämeplaneerimise teostamine L4

Lisa 7. Peenplaneerimine L3

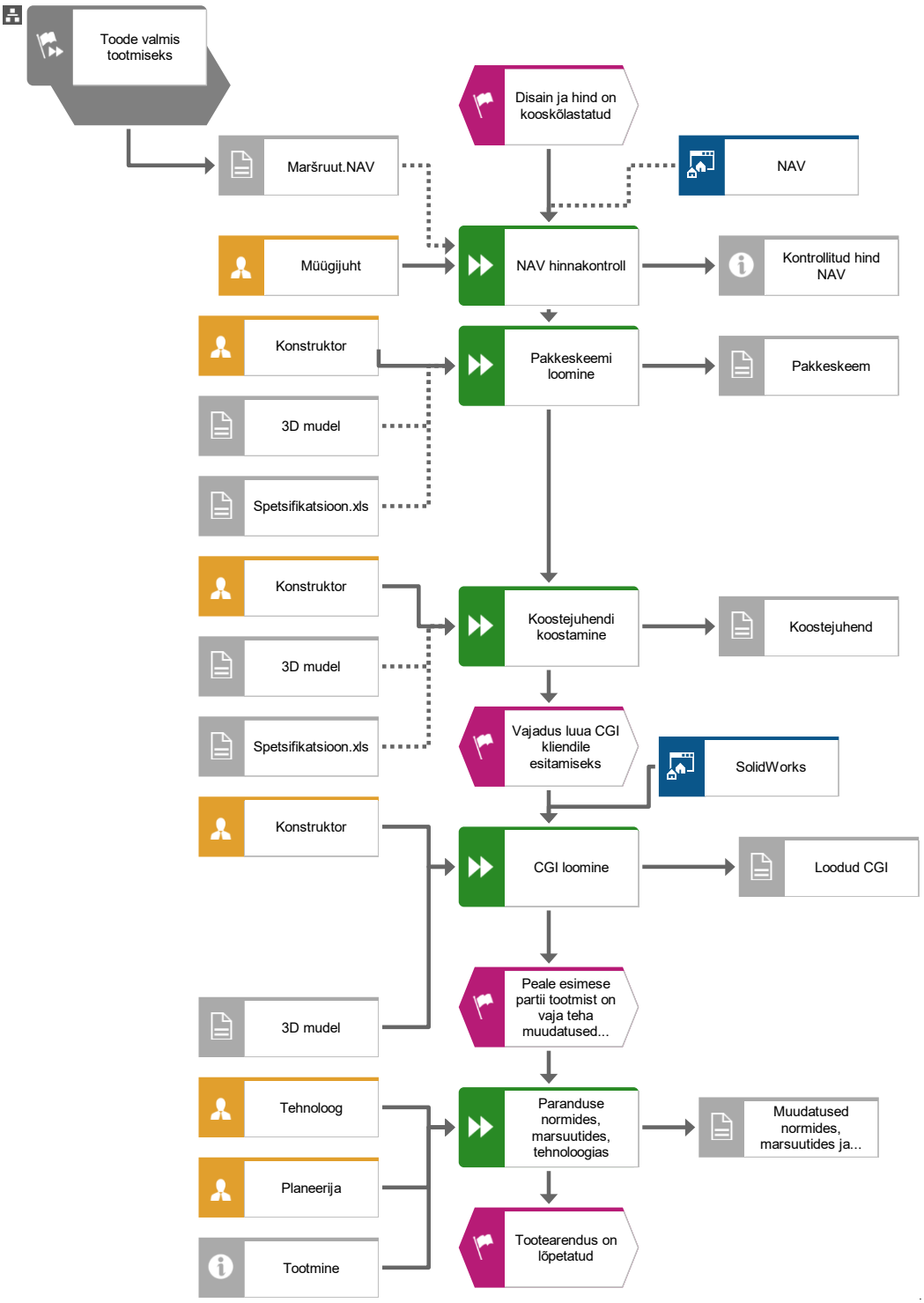
Lisa 8. Tootmise teostamine L3

Lisa 9. Marsruudi loomine ja normeerimine tulevikuolukord L4

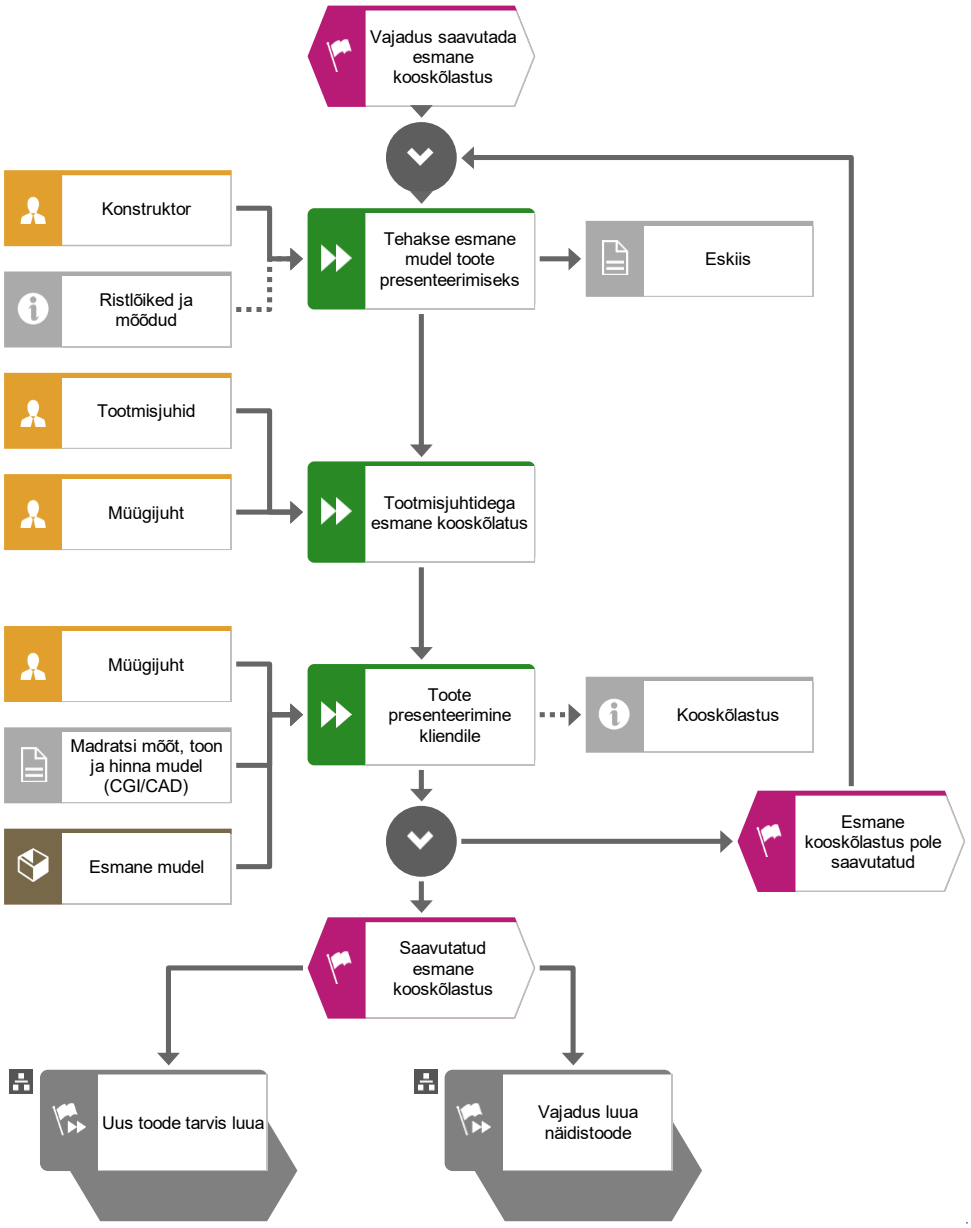
Lisa 1. 3D mudeli eskiisi loomine L3



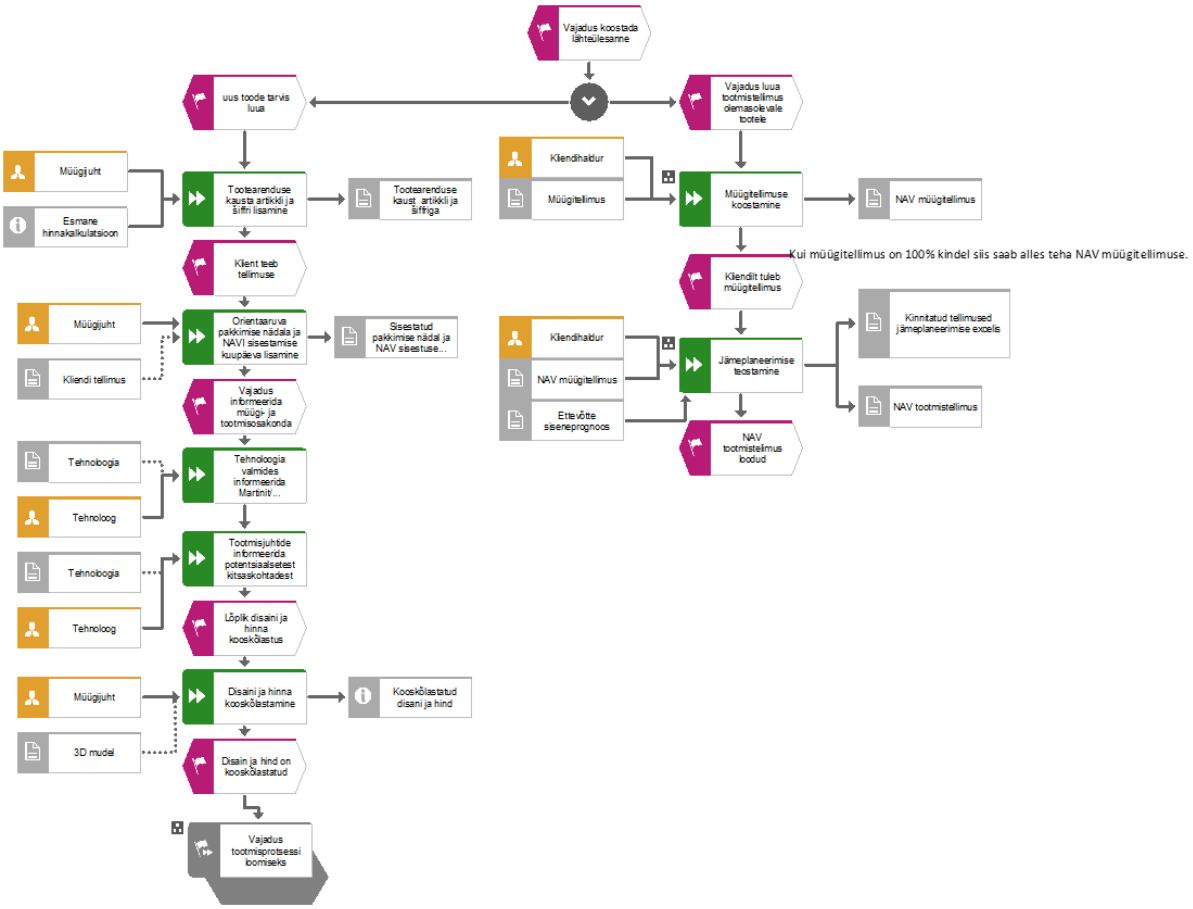
Lisa 2. Tootearendamine L3



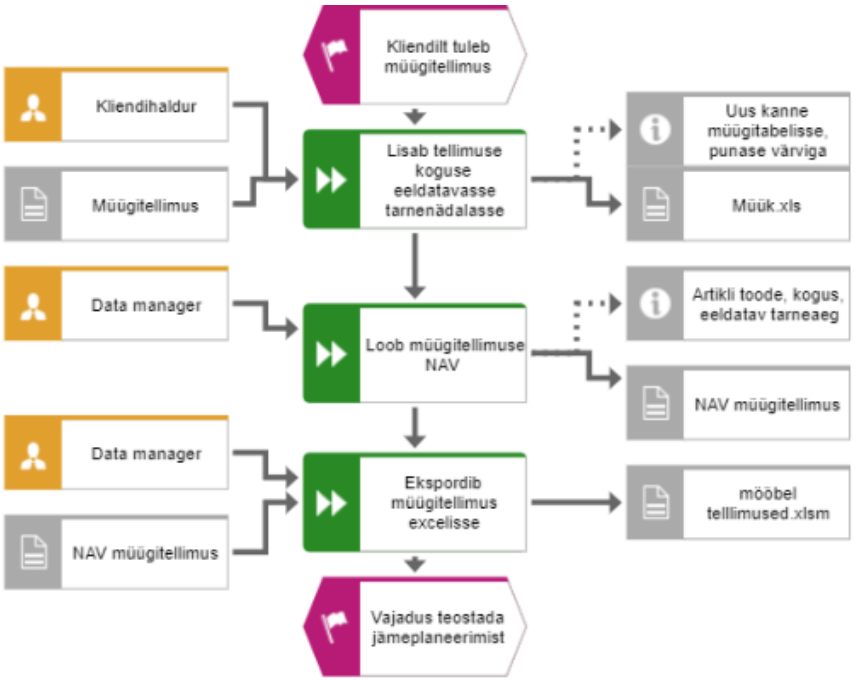
Lisa 3. Kliendiga suhtlemine ja kooskõlastamine L4



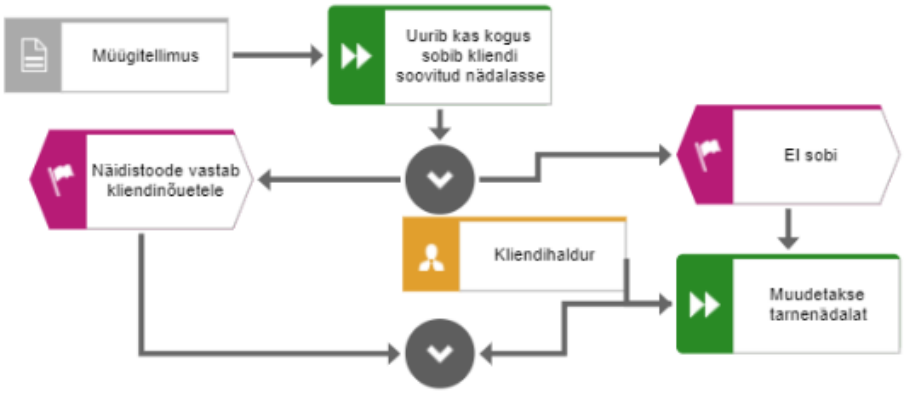
Lisa 4. Lähteülesanne koostamine L3



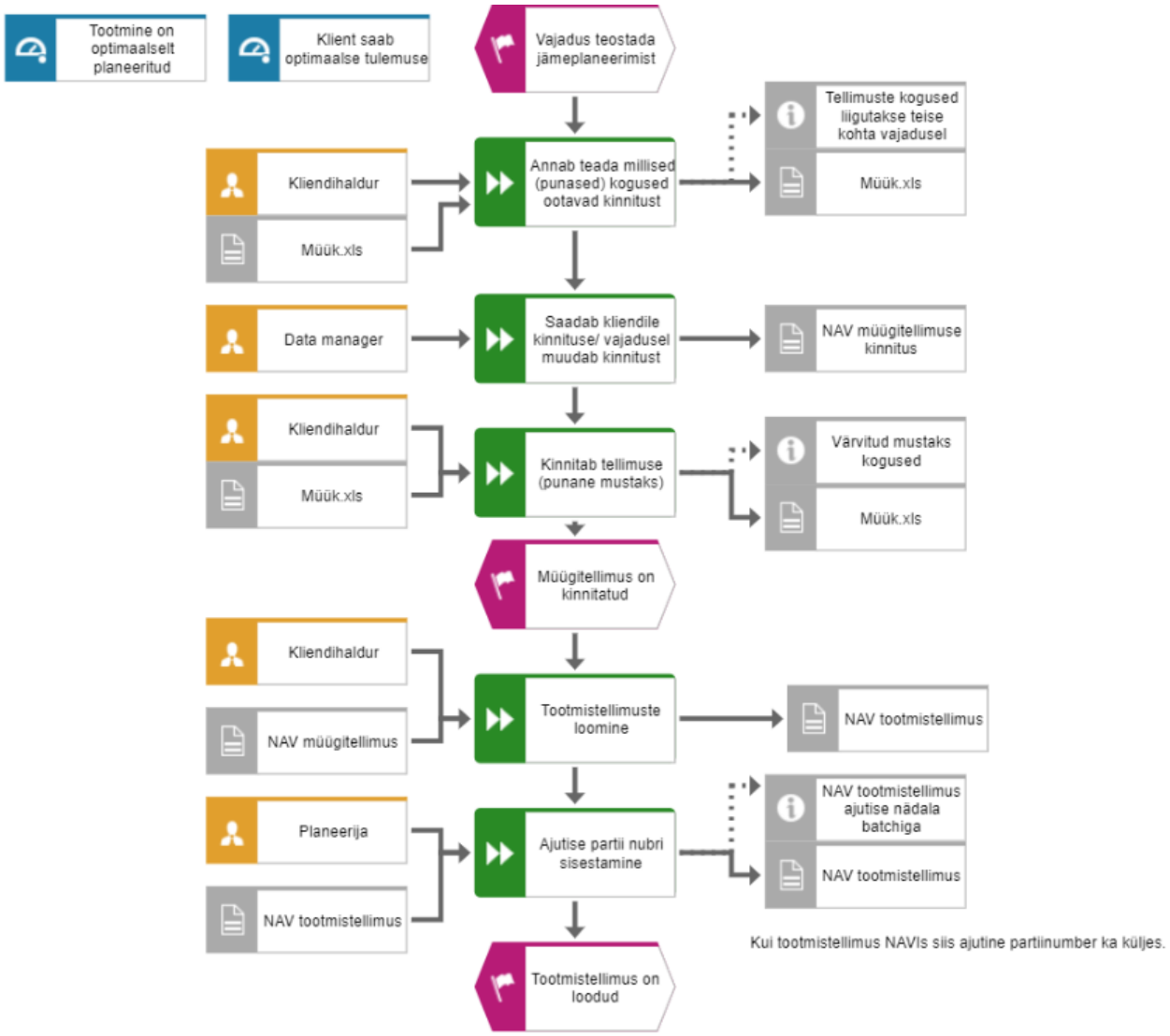
Lisa 5. Müügitellimuse koostamine L4



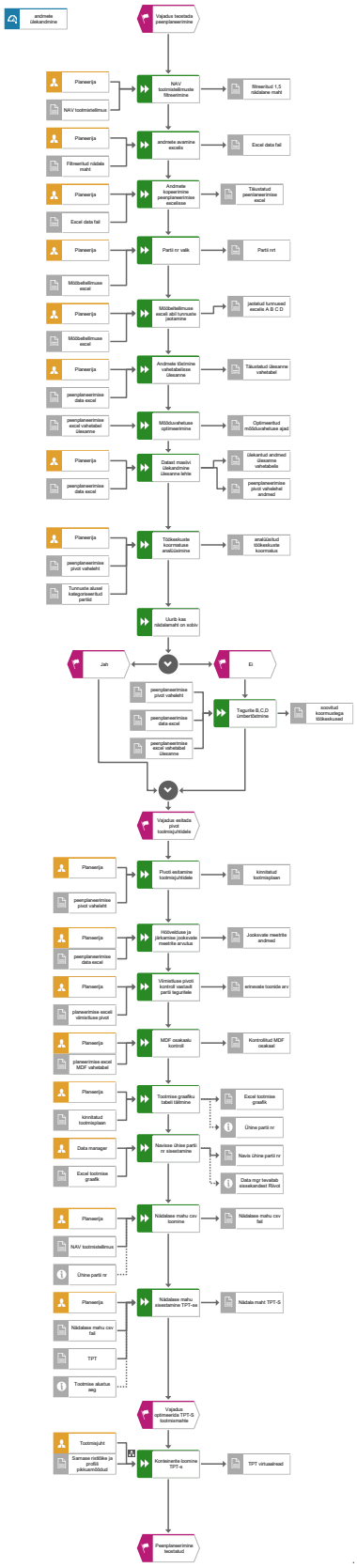
Originaal dokumendi osa, mis jääb välja. Vajab kinnitamist kui pole vaja



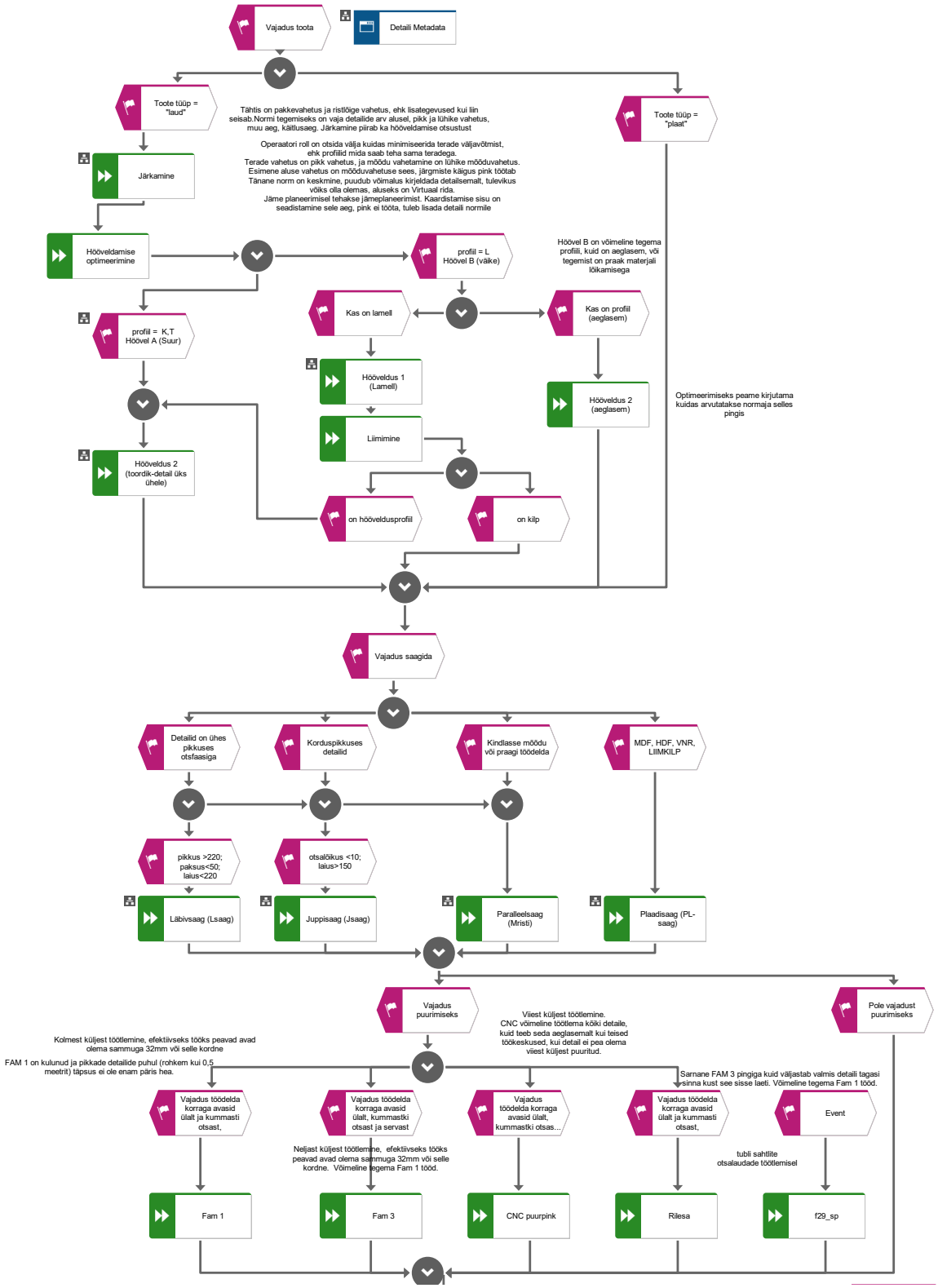
Lisa 6. Jämeplaneerimise teostamine L4



Lisa 7. Peenplaneerimine L3



Lisa 8. Tootmise teostamine L3



Lisa 9. Marsruudi loomine ja normeerimine tulevikuolukord L4

