

Tallinna Ülikool  
Informaatika Instituut

Katrin Guutmann

Tootmistegevuse süsteemi roll äriprotsesside toetajana  
elektroonikaettevõtte näitel

Magistritöö

Juhendaja: Ants Sild

Autor: ..... „2012

Juhendaja: ..... „2012

Instituudi direktor: ..... „2012

Tallinn 2012

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev magistritöö on minu töö tulemus ja seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud.

.....

(kuupäev)

.....

(autor)

# Sisukord

Sissejuhatus.....	5
1. Uurimuse taust .....	8
1.1 EMS ettevõtte ärimudel, äriprotsessid ja protsessid.....	8
1.1.1. Sisemised äriprotsessid ja võtmenäitajad .....	9
1.1.2. Väärtusahel .....	11
1.1.3. LEAN ja Six Sigma.....	14
1.2. Äritegevust toetavad infosüsteemid .....	15
2. MES ehk tootmistegevuse süsteem.....	19
2.1. MES kontekst.....	21
2.2. MES normid ja standardid .....	24
2.3.1. MESA .....	24
2.3.2. Standard ISA-95.....	31
3. Uurimistöö .....	35
3.1. Uurimistöös kasutatavad meetodikad.....	35
3.2. Valimi moodustamine ja kirjeldus .....	37
4. Uurimistöö tulemused .....	39
4.1. Elektroonikaettevõtte tutvustus.....	39
4.2. MES toimivuse analüüs ettevõttes ja autori ettepanekud .....	47
4.2.1. Tootmise jälgimine ettevõttes MES abil .....	47
4.2.2. Struktuurse läbivaatuse tulemused .....	51
4.2.3. Intervjuu tulemuste analüüs .....	55
Kokkuvõte.....	59
Lühendid .....	62

Kasutatud kirjandus .....	63
Lisad .....	65
Summary .....	69

## Sissejuhatus

Edukat äritegevust, sõltumata majandusharust, iseloomustab võime koheselt reageerida sisemiste ja väliste äriprotsesside, strateegia ja kliendinõuete muutustele tema tegevuskeskkonnas. Võtmeks selle saavutamisel on ajakohane ja täpne informatsioon.

Ajakohase informatsiooni saamine on aga tänapäeval üheks suuremaks väljakutseks tootmisettevõttel. Seda on vaja nii tootmise planeerimiseks kui ka tootmistegevusel ressursside efektiivsemaks kasutamiseks ning kvaliteedi tagamiseks. Integreeritud IT lahendused peavad hõlmama nii ettevõtte siseseid kui ettevõtete vahelisi äriprotsesse (tellimuse saamisest toodete tarnimiseni) ja samal ajal suutma sammu pidada tootmisprotsessi tehnoloogilise keerukusega tehases, et seda võimaldada. Keerukust lisavad detailide vajaduse erinevad tasemed ja õigsus sõltuvalt infovajadusest tootmise seisu kohta erinevatel ettevõtte juhtimistasemetel. Probleem on veelgi suurem tööstusharudes, mida iseloomustavad väga erinevad tootmisprotsessid ning suur varieeruvus toodetes. Käesolevas töös käsitletav EMS ettevõtte esindab just väikesemahulist kuid suure varieeruvusega (ingl. low volume high mix) tootmist. See, mida selline tootmisettevõtte vajab, on integreeritud, järjekindel ülevaade kogu väärtusahelast, mis teeb võimalikuks ressursside optimaalset kasutamist omades ligipääsu reaajas tootmistegevuse protsesside informatsioonile, kvaliteedieesmärkide saavutatusele, ümbertegemise kuludele jne. Ettevõtte seatud strateegia elluviimise mõõdikuteks on võtmenäitajad, mille mõõtmiste tulemused annavad olulist informatsiooni tegelikest tulemustest.

Äritegevuse tõrgeteta toimimiseks ja ettevõtte juhtimiseks vajalike otsuste tegemiseks eesmärgiga siduda protsessijuhtimine tootmistegevuse ja ärijuhtimisega ning automatiseerida nendevaheline infovahetus on välja töötatud infosüsteem nimetusega Manufacturing Execution System – MES. Eesti keeles võiks seda nimetada tootmistegevuse süsteemiks. Peamine kasu MESi kasutamisest on vahetu, reaajas info, mis lubab kasutajatel võtta vastu parimaid, hästiinformeeritud otsuseid.

MES ei ole Eestis eriti laialt tuntud termin ning eestikeelne materjal selle valdkonna kohta on pea olematu. Magistritöö koostamisel eestikeelset kirjandust autor MES teemal ei leidunud.

Ka inimesed, kes oma igapäevatoos küll puutuvad kokku ja kasutavad tootmistegevuse süsteemi, mõistavad seda erinevalt sõltuvalt nende töövaldkondadest.

Antud magistritöö peamised ülesanded on

- Ø Anda eestikeelne ülevaade MES mudelist
- Ø Analüüsida MES kasutamise sobivust elektroonikaettevõtte strateegilistest eesmärkidest lähtuvate sisemiste protsesside toetamiseks ja võtmenäitajate jälgimiseks

Analüüsi käigus lahendatakse ka järgmised vahe-eesmärgid:

- anda terviklik ülevaade MESi rakendatusest äriprotsesside toetamisel uuritavas ettevõttes, leida kitsaskohad
- uurimustulemustest lähtuvalt koostada ettepanekud ja tegevuskava edaspidisteks sammudeks, et tagada vajaliku info ajakohane kättesaadavus tootmistegevuse süsteemist.

Vaatamata sellele, et uuritavas ettevõttes on tootmistegevuse süsteem olnud päris mitu aastat ja erineval moel kasutusel, ei kasutata seal olevaid andmeid juhtimisotsuste tegemisel. Siit tulenevalt ka uuringu hüpotees – MESi potentsiaal on täies mahus kasutamata, tootmisprotsessi jälgimisest saadavat infot ei rakendata efektiivselt igapäevatoos.

Käesolev magistritöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis on toodud ülevaade üldisest EMS tööstuse ärimudelist ja põhiliselt rakendatavatest protsessidest, võtmenäitajatest ning milliseid meetodikaid neis rakendatakse. Lühidalt on välja toodud ka infovajaduse üldised põhimõtted ja ettevõtetes peamiselt kasutatavad infosüsteemid, et anda parem ettekujutus millises keskkonnas uuritav ettevõtte tegutseb, mis põhimõtetele vastavalt korraldab ta oma protsesse ning sõltuvalt sellest millised on sellise ettevõtte põhilisemad infovajadused tema tootmissüsteemist võimaldamaks teha õigeid ja õigeaegseid otsuseid.

Magistritöö teoreetilises osas, teises peatükis, on käsitletud tootmistegevussüsteemi (MES), koostatud ülevaade, mida MES endast kujutab ja milliseid standardeid ning norme selles valdkonnas rakendatakse ja tootmistegevuse süsteemi seoseid muude protsesside ning infosüsteemidega.

Kolmas peatükk kirjeldab käesolevas magistritöös kasutatud uurimismeetodeid ning valimi moodustamise põhimõtteid.

Neljas peatükk annab ülevaate uuritava ettevõtte siseprotsessidest, MESi rakendatusest tootmisprotsessi toetamiseks ja jälgimiseks, tootmisprotsessi puudutavatest võtmenäitajatest ning MES rolli nende mõõtmisel. Lisaks on toodud ülevaatus tulemused tootmistegevuse süsteemi juurutamisel eesmärgiks olnud nõuete tegelik täidetud ja vastavus praegusele olukorrale. Uurimisintervjuude analüüsi põhjal esitab autor omapoolsed soovitused ja ettepanekud.

# 1. Uurimuse taust

Järgnevates alapeatükkides on toodud ülevaade üldisest EMS tööstuse ärimudelist ja põhiliselt rakendatavatest protsessidest ning milliseid meetodikaid neis rakendatakse. Lühidalt on välja toodud ka infovajaduse üldised põhimõtted ja ettevõtetes peamiselt kasutatavad infosüsteemid, et anda parem ettekujutus millises keskkonnas uuritav ettevõtte tegutseb, mis põhimõtetele vastavalt korraldab ta oma protsesse ning sõltuvalt sellest millised on sellise ettevõtte põhilisemad infovajadused tema tootmissüsteemist võimaldamaks teha õigeid ja õigeaegseid otsuseid.

Eraldi peatükis on käsitletud tootmistegevussüsteemi (MES) , tema seoseid muude nimetatud protsesside ning infosüsteemidega, kehtivaid norme ning standardeid.

Teoreetiline MES-i puudutav osa on koostatud peamiselt teemakohaste raamatute ja elektrooniliste teabeallikate põhjal kasutades erinevate uuringufirmade uuringutulemusi, MES teemaliste portaalide artikleid ja uuringuid.

## 1.1 EMS ettevõtte ärimudel, äriprotsessid ja protsessid

Ettevõtte eesmärk läbi äriprotsesside juhtimise on luua kliendile väärtust protsesside käigus, saavutada edu hästifunktsioneerivate protsesside tulemusena ning saavutada suurepärase protsessiteostus läbi kõrgekvaliteedilise protsessikavandamise, õigete inimeste ja õige töökeskkonna. (Leimann et al , 2003, 285)

Ärimudel - süsteem, mille abil firmad taastoodavad ennast ja mis võimaldavad neil saavutada oma eesmärged. (Rääk, 2007)

Äriprotsess - vastastikku seotud mõjurite ja tegevuste kogum, mis lähtub kliendi vajadustest ja lõpeb kliendi vajaduste rahuldamisega. (Tammaru , 2007)

Protsess - vastastikku seotud või vastastikust mõju avaldavate tegevuste kogum, mis muundab sisendid väljunditeks (ISO 9000:2000)



Elektroonika valmistamise teenus (inglise keeles EMS - Electronic Manufacturing Services) on termin, mida kasutatakse ettevõtete puhul, mis disainivad, testivad, toodavad, levitavad ja pakuvad tagastuse ning remondi (järelturu) teenust originaalseadmete valmistajate (inglise keeles OEM – Original Equipment Manufacturer) elektroonikakomponentidele ning -toodetele.

EMS tööstuse ärimudeliks on spetsialiseeruda tootmisele, mille tootmismahud sõltuvad tootmishinna muutustest, toormaterjalide hankimisele ja koondada kokku ressursid, tööstusdisaini kogemus ning ka pakkuda lisaväärtust loovat teenust nagu garantii ja remontimine. Selline ärimudel annab vabaduse kliendile, kes ei soovi ise tootmisega tegeleda ega pidada tooteladu. Seetõttu on neil ka võimalik kiiremini ja efektiivsemalt reageerida ootamatule nõudluse kasvule. EMS ettevõtte poolt valmistatud tooted kannavad alati kliendi brändi märke ja identiteeti. Elektroonikatoodete suur maht ja kõrge väärtus on elektroonika valmistamise teenuse muutnud iseseisvaks, majanduslikult otstarbekaks tootmisharuks. EMS tööstus on madala marginaaliga äri. Keskmine netomarginaal on umbes viis protsenti. Tegutsemise efektiivsus on äärmiselt ärikriitiline. Hind, kiirus, null laoseis, JIT- põhimõtted, strateegilised hanked ja koostöö on muutunud normiks sellises keskkonnas. Infotehnoloogia on sellises keskkonnas konkurentsieelist pakkuv relv ning on üha kesksemal kohal ettevõtte edu ja kasumi saavutamisel.

Võtmenäitajatest ning protsessidest keskendub käesolev töö peamiselt ühele konkreetsele osale äriprotsessidest – elektroonikatoodete tootmisprotsessile ja selle juhtimisele.

### 1.1.1. Sisemised äriprotsessid ja võtmenäitajad

Kui ettevõttel on selge pilt, mida ta tahab pakkuda aktsionäridele ja klientidele, siis ta saab määrata, kuidas seda teha ja mis on põhilised protsessid, mis aitavad luua ja pakkuda väärtust klientidele ja saavutada tulemuslikkust, finantseesmärkide täitmiseks (Atkinson et al 2012, 55). Antud aspektis olevad võtmenäitajad annavad juhtidele tagasisidet kui hästi ettevõtte tegutseb ja kas nende tooted/teenused vastavad kliendi nõuetele. Peamised näitajad mida mõõdetakse on kvaliteet, tsükliäeg ja tootmiskulud. Tänapäeval püüavad enamus ettevõtteid parandada neid näitajaid, seega ei pruugi ainult nendele keskendumine veel ettevõtetele

konkurentide ees edumaad anda (Kaplan ja Norton 2003, 90). Edu aitab tagada kui mõõtmisel lähtutakse konkreetsete klientide ootustest.

Põhitähelepanu on protsessidel, mis kõige tugevamalt mõjutavad klientide rahulolu ja organisatsiooni finantseesmärkide saavutamist. Nende protsesside puhul on oluline saavutada suurepäraseid tulemusi, et olla meelepärane aktsionäridele ja klientidele.

Peamised eesmärgid sisemiste äriprotsesside jaoks (Atkinson et al 2012, 56):

- saavutada tarnija ülim võimekus,
- vähendada kulusid, -protsesside tsükliäegu ja parendada kvaliteeti,
- parandada varade efektiivsemat kasutamist,
- pakkuda parimat teenust ja tooteid klientidele,
- rahuldada ja säilitada olemasolevaid kliente,
- kasvada koos klientidega,
- arendada innovaatilisi tooteid ja teenuseid,
- pakkuda parimaid uuringut ja arendust,
- parim sise- ja väliskeskkond.

Sisemistele äriprotsessidele keskendumine aitab luua väärtusi klientidele ja seeläbi tõsta ettevõtte tulemuslikust ja täita ettevõtte finantseesmäärke.

Võtmenäitajad aitavad ettevõttel jälgida traditsiooniliste majandusmõõdikute kõrval ka muid näitajaid, et oleks võimalik paremini aru saada, kuidas ettevõttel läheb erinevates valdkondades. Strateegilistele eesmärkidele vastavate võtmenäitajate valimine ettevõttele võib olla sama oluline kui strateegia enda valimine. Võtmenäitajad on eelnevalt kokku lepitud, mõõdetavad näitajad, mis peegeldavad ettevõtte kriitilisi edutegureid. Erinevate ettevõtete puhul on need erinevad. Mis tahes võtmenäitajad on valitud, peavad nad peegeldama ettevõtte eesmäärke, olema edu võtmeks ning mis peamine, mõõdetavad. Järgnevas tabelis on toodud näitena ettevõtte tulemuste hindamise üldiselt kasutatavad näitajad. (Bose, 2006, 51)

Strateegiline eesmärk	Näiteid võtmenäitajatest
Hinnaliider	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kulumõõdikud - tootmis- ja tarnekulud, ühiku hind</li> <li>• Tsükliajad – tootmisaeg, klienditeeninduse aeg</li> <li>• Vastavus toote või teenuse standardile</li> <li>• Tootmise või teeninduse maht</li> <li>• Võimsuse kasutamine</li> <li>• Kasumlikkus</li> <li>• Kvaliteedinäitajad - TQM, Six Sigma</li> </ul>
Toodete ja teenuste mitmekesisus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uue teenuse või tootega turuletulekuks kuluv aeg</li> <li>• Toote või teenuse kohandamine</li> <li>• Uuringute ja tootearendused, uued patendid</li> <li>• Õigeaegne tarne (JIT)</li> <li>• Klienditundmine või isikustamine</li> <li>• Kliendikaebuste haldamine</li> </ul>
Kasv	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teadmiste jagamine – parimad praktikad</li> <li>• Klientide leidmine ja hoidmine</li> <li>• Turuosa</li> <li>• Kliendile müüdava valiku suurendamine</li> </ul>

Tabel 1: Ettevõtte tulemuste hindamise üldiselt kasutatavad näitajad (Bose, 2006)

### 1.1.2. Väärtusahel

Ilmselt sõltub äri edukus protsessidest, mis koguvad ja levitavad informatsiooni. Väärtusahela analüüsi on põhjalikult kirjeldanud Michael Porter (1998), kes märkis ära, et “Iga ettevõtte on tegevuste kogum, mida täidetakse, et kavandada, toota, turustada, kätte toimetada ja toetada oma tooteid või teenuseid. Kõiki neid tegevusi võib esitada kasutades väärtusahelat. Väärtusahelaid on võimalik mõista üksnes tegevusala (business unit) kontekstis.”

Oluline on aru saada 'väärtuse' ja 'kulu' tüübist, mis lisandub ahelale iga ettevõtte või protsessiga (näiteks: mis erinevus on väljundil ja sisendil). Iga olulist protsessi ahelas tuleks hinnata kahest vaatenurgast:

- a) Kuidas see lisab väärtust ahelas (järgmisele) kliendile?
- b) Kuidas see lisab väärtust neile kes pakuvad sisendeid?

Kui hinnata muutuseid ahelas, ilmneb, et uut väärtust võib lisada, või jääb väärtus samaks, aga kulud jagatakse ümber, või vähendatakse kulusid, et lisada sama väärtus, mis kõik võimaldab hinna alandamist või kasumi suurenemist. (Ward , Pepper 2002, 244-255)

Miina A. kohaselt väärtusahela kaart fikseerib ettevõtte, tootegrupi või osakonna protsessid, materjali vood ning informatsiooni vood ning selle kaudu aitab määrata raiskamist süsteemis.

Protsessid on näidatud kastidena, nooled ühendavad kaste. Protsesside vahel on näidatud nendevaheline laokogus. Lisaks on diagrammil toodud protsessi tarne aeg, mis on jagatud väärtust lisavaks ja väärtust mittelisavaks ajaks.

Kindlasti osa asju, nagu näiteks materjalide ja komponentide transportimine, ei ole võimalik eemaldada täielikult ühest protsessist. Selliseid tegureid kutsutakse väärtust mittelisavateks, kuid vajalikeks tegureiks. Neid ei saa täielikult ära võtta, kuid neid on vaja vähendada nii palju kui võimalik.

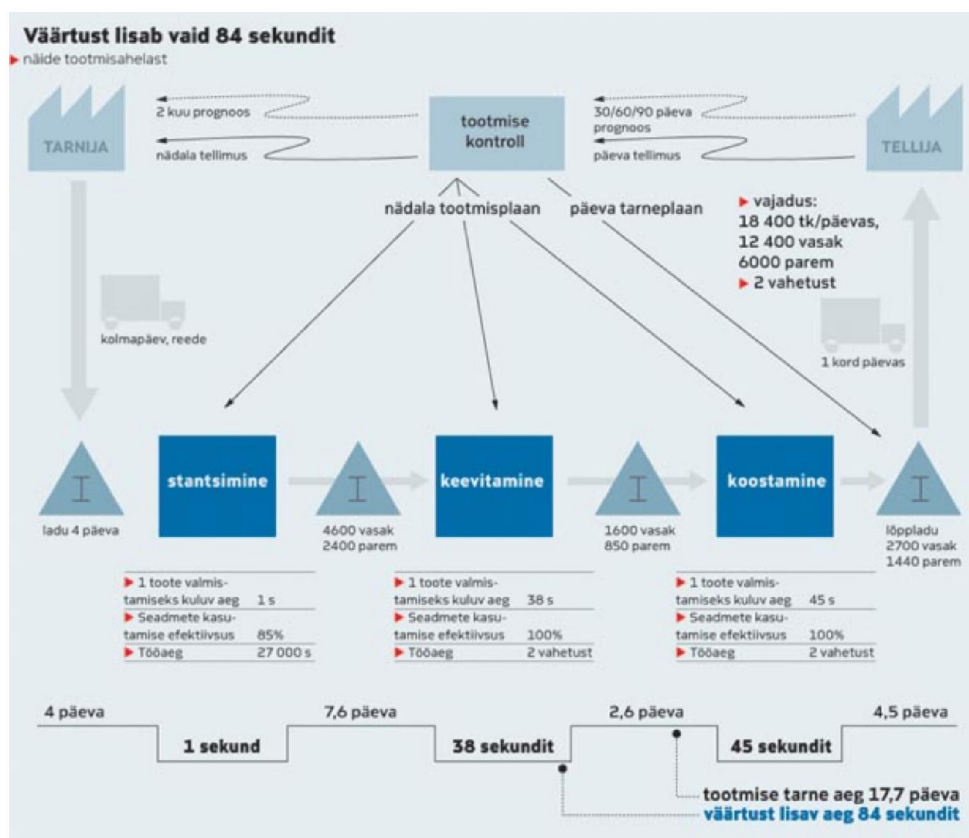
Väärtusahela kaardistamine on üks kulusäästliku tootmise meetoditest ettevõtte protsesside optimeerimiseks ning protsesside efektiivsuse tõstmiseks.

Süsteem on adapteeritud 1999. aastal Toyota materjalidest ning informatsiooni voo diagrammidest.

Asjaolud, mis ei lisa tootmisprotsessi väärtust

- Üleliigne töötlemine
- Ületootmine - toodetakse, kuigi kaubale ei ole veel tellimusi
- Materjalide ja komponentide transportimine
- Kõik laovarud, välja arvatud minimaalselt vajalikud
- Järgmise töötlemise etapi ootamine ehk ooteaeg
- Töötajate mittevajalik liikumine või ümber paigutamine
- Praagi tootmine

- Plaanimata remont
- Puudulik inimeste oskuste ja teadmiste kasutamine (Miina, 2007)



Joonis 1: Näide väärtusahelast (Miina 2007)

Tegevusala väärtusahela mõistmine ning olulisemad tegevusharu informatsioonivood võimaldavad organisatsioonil tabada ja mõjutada neid informatsioonivoogusid oma kasuks, äripartnerite kasuks ja konkurentide arvel. Tegevusala väärtusahela mõistmine ning olulisemad tegevusala informatsioonivood võimaldavad organisatsioonil tabada ja mõjutada neid informatsioonivoogusid oma kasuks, äripartnerite kasuks ja konkurentide arvel.

### 1.1.3. LEAN ja Six Sigma

Timmitud e. kulu-efektiivne tootmine (lean production) põhineb 1940ndate lõpus välja arendatud Toyota tootmissüsteemil (TPS - Toyota Production System). Timmitud tootmise aluspõhimõteteks on ressursside tõhus kasutamine ja raiskamise (jaapani keeles muda, inglise keeles waste) likvideerimine, meeskonnatöö, teabevahetus ning pidev parendamine. Raiskamine on igasugune inimtegevus, mis kulutab ressursse, aga ei tooda väärtust. Seejuures väärtuseks on ainult see, mis on väärtuslik lõpptarbija silmis. Eristatakse seitset raiskamist – ületootmine, hiline mine (st ka ootamine), transport, ületöötlemine, varud, mittevajalikud liigutused ja defektsete komponentide ja toodete valmistamine. Timmitud tootmine pürib tuvastama väärtust ja väärtuse ahelat, kujundama optimaalseimat protsessivoogu, tagama, et töö toimub üksnes järgneva protsessi või tööoperatsiooni tõmbel (protsessisisesed ja -välised kliendid) ning alati taotlema täiuslikkust. Seejuures, kui taotletavate eesmärkide saavutamiseks peaks kuluma märkimisväärselt palju raha, siis on parendusprotsessis ilmselt midagi valesti tehtud. Näiteks ei eelda timmitud tootmine uute masinate ostmist, vaid, vastu pidi, õpetab olemasolevaid seadmeid hästi kasutama veel aastakümneid pärast nende raamatupidamislikku amortiseerumist. LEAN tootmiskorraldus väidab, et kõigi aspektidega üheaegselt ja tasakaalustatult tegelemine annab tähelepanuväärseid tulemusi. Ettevõtte või organisatsiooni erinevad valdkonnad toetavad teineteist ning sellest vastasmõjust tekkiv sünergia aitab ettevõtet-organisatsiooni areneda hüppeliselt uuele tasemele. (Moorits, 2009)

Six Sigma on metodoloogia, mille eesmärk on ettevõtte protsesside jätkuv parendamine. Six Sigma on abinõude süsteem, mis aitab sinna poole, et asjad tehtaks õigesti esimesel korral. Tootmise, aga ka mistahes muu protsessi üks suurimaid probleeme on hajuvus – ehk see, kui suurel määral erineb tegelik tulemus ideaalsest. Tootmises on hajumine põhjustatud laias laastus kolmest asjaolust: kasutatavad komponendid, valmistamise protsess ise ning toote disain. Six Sigma tase tähendab seda, et toote väljatuleku protsent on 99,9997% ehk 1 miljonist tootest on defektsed mitte rohkem kui 3,4 toodet. Six Sigma ühendab probleemi lahendamiseks statistilised tööriistad ning arvutitehnoloogia meeskonnal põhineva projektiga. Mittestatistilistest tööriistadest võiks mainida näiteks fishbonediagrammi, põhjustulemusdiagrammi, XY-maatriksit (sisendid-väljundid) jt. Erinevaid tööriistu, mida vastavalt vajadusele kasutatakse, on palju. Oluline on saada aru, millised sisendid ja kuidas

mõjutavad kõige rohkem väljundit ehk funktsioon  $Y=f(X)$ . Ei remondita mitte tulemust, vaid korrastatakse ja kontrollitakse sisendeid sel moel, et väljund oleks korras. Six Sigma võimaldab kõhutunde ja talupojamõistuse asemel teha otsuseid, mis toetuvad faktidele. Siis saab alati öelda – ma saan seda tõestada. (Paju, 2001)

Kokku moodustavad need metodoloogiad aga LEAN Sigma, milles on koondatud mõlema süsteemi põhimõtted.

## 1.2. Äritegevust toetavad infosüsteemid

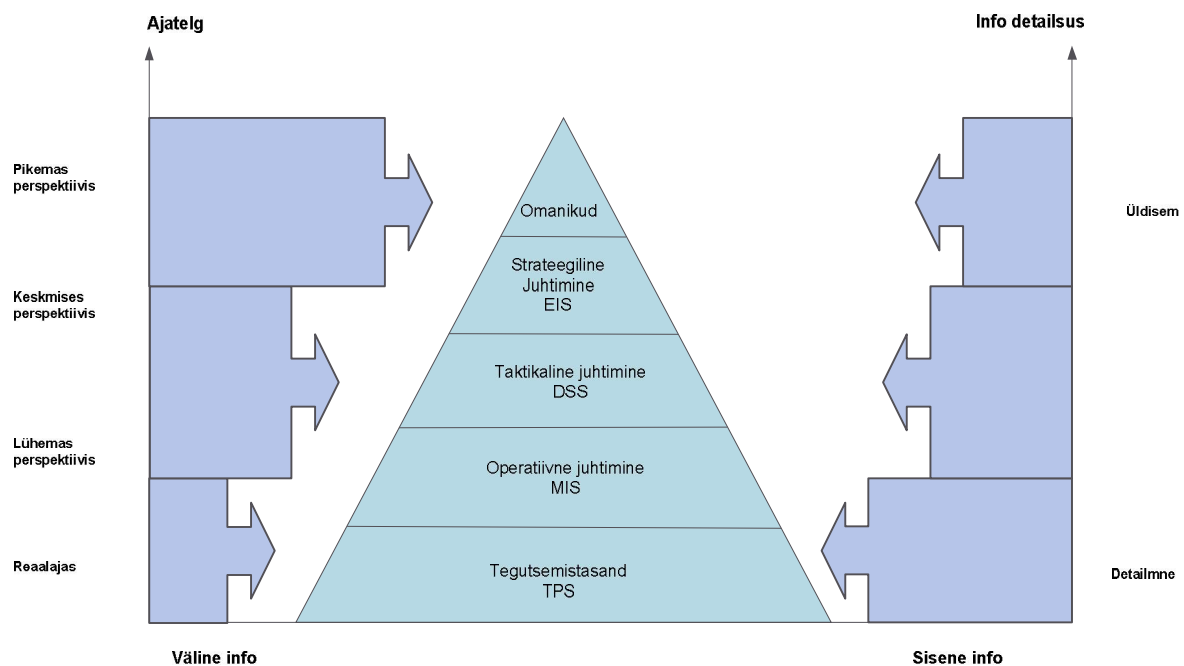
Informatsioon kui selline on muutunud tänapäeval eriti oluliseks juhtimises ja otsuste tegemisel. Infojuhtimine on organisatsiooni infopoliitika ja –strateegia väljatöötamine, organisatsiooni toimimiseks ja eesmärkide saavutamiseks vajalike sise- ja välisinfo ressursside kasutamise juhtimine. Infojuhtimine edendab organisatsioonis efektiivset informatsiooni kasutamist hõlmates organisatsioonisisese ja -välise informatsiooni kogumise, aga ka säilitamise, töötlemise ning levitamise. Ettevõtte mõistavad endisest enam info- ja andmeside tehnoloogiate poolt loodud võimalusi nii informatsiooni, andmete kui teadmiste talletamiseks ja kasutamiseks.

Andmed muutuvad infoks, kui nende looja lisab neile tähenduse. IT aitab andmeid infoks muuta ja neile väärtust lisada. Info muutub teadmisteks kui sellele lisada kogemus, väärtus, kontekst ja eksperthinnangud. Ettevõtte teadmised sisalduvad nii tootmisalastes dokumentides (patendid, tehnoloogiad, retseptid jne.) kui ka organisatsioonilistes rutiinides, protsessides, praktikas ja väljakujunenud normides. Tänapäevane maailm esitab ettevõtetele mitmeid väljakutseid, seda eriti organisatsiooni strateegia vallas:

- kiired muutused ärikeskkonnas – globaliseerumine ning dereguleerimine
- äriprotsesside integreerimine veebitehnoloogiaga uued käibe suurendamise, kulude vähendamise ning organisatsiooni efektiivsuse tõstmise võimalused
- vajadus luua uusi meetodeid, mõistmaks kliente, konkurente ning kogu tegevusvaldkonda. (Viilup, 2011, 24)

Kui infojuhtimine muutub infopõhiseks juhtimiseks, saab ärimaailmas tihti probleemiks informatsiooni puudumine või selle ebaselgus (Jalonen, Lönnqvist, 2009, 1595-1609). Tähtsad otsused võetakse vastu väga varajases etapis, kui pole piisavalt informatsiooni, mis neid otsuseid toetaksid. Tulemuslikkuse seisukohalt on oluline vähendada ebakindlust ja mitmetimõistmist ning teha otsuste tegemiseks vajalik informatsioon kättesaadavaks juba väga varajases etapis.

Infovajadus on organisatsiooni eri tasemetel erinev. Alltoodud joonisel on üldistes joontes näidatud, kuidas organisatsiooni infovajadus jaguneb väliseks ja sisemiseks informatsiooniks.



Joonis 2: Organisatsiooni infovajadus erinevatel tasemetel ning vastavad infosüsteemide liigid (Jalonen, Lönnqvist, 2009 põhjal)

Ettevõtte eri tasandite infovajaduse rahuldamiseks on tänapäeval kasutusel palju erinevaid infosüsteeme. Infosüsteem kajastab ettevõtte siseseid struktuure, ülesehitust ja funktsioone. Infosüsteemi eesmärgiks on rahuldada ettevõttes eri tasanditel töötavate inimeste vajadusi. Informatsiooni väärtus sõltub tema ajalisest kättesaadavusest. Organisatsiooniliste teadmiste juhtimiseks ja haldamiseks on vajalik:



- teadmiste kogumine ning talletamine olgu süstemaatiline ning mõtestatud tegevus;
- uute teadmiste kogumine on organisatsiooniellujäämise seisukohalt kriitiline, seda eriti muutavas ärikeskkonnas;
- suuremas organisatsioonis olgu teadmusjuhtimisega tegelevad spetsialistid tööl täiskohaga;
- organisatsioonikultuur olgu teadmiste vahetamiseks avatud, tähtis on usaldus organisatsiooni liikmetevahel (Viilup, 2001, 25).

Klassikaline infosüsteemide liigitus kujunes välja juba 1960-70ndatel. Olulisemad on neli süsteemitüüpi:

1. transaktsioone töötlevad süsteemid – (TPS - Transaction Processing Systems). Nendes süsteemides on fookus äritegevuses teostatavate toimingute ehk operatsioonide realiseerimine.
2. juhtimise infosüsteemid -(MIS - Management Information Systems). Nendes süsteemides oli tavaline mitmesuguste aruannete genereerimine kesktasandi juhtidele ja spetsialistidele.
3. otsuseid toetavad süsteemid - (DSS - Decision Support Systems). Nendes süsteemides püüti luua infotuge mitmesuguste juhtimis- ja muude äritegevuses tehtavate otsuste tegijatele.
4. tippjuhti infosüsteemid - (EIS - Executive Support Systems). Need süsteemid spetsialiseerusid tippjuhtide infovajaduste rahuldamisele.

Järgnevalt loetletud tarkavara peamine eesmärk on olla tööriistaks eelmises peatükis kirjeldatud eesmärkide saavutamise ja meetodite kasutamise tulemuste mõõtmisteks, hindamiseks ja analüüsimiseks.

Tänapäeva ettevõtetest enamus kasutab järgmisi sihtotstarbelist äritarkvara:

- Ettevõtte ressursside juhtimine (ERP – Enterprise Resource Planning) - terviklahendused - süsteemid, mis katavad suure osa kogu ettevõtte infotöötlusvajadustest. Kasutatakse eriti ettevõtetes, mis tegelevad keeruka tootmisega, logistikaga, suuremahulise müügitegevusega.
  - Raamatupidamine
  - Finantsarvestus
  - Varude juhtimine
  - Pangatehingud (Interneti vahendusel)
  - Personalijuhtimine

- Ressursside planeerimine ja optimeerimine
- Kliendisuhete juhtimine (CRM – Customer Relationship Management)
  - Info klientide ja nende kontaktisikute kohta
  - Klienditellimuste ajalugu
  - Analüütilised tööriistad klientide tähtsuse määramiseks
  - Suhtluse juhtimise tööriist (e-kirjade saatmise ja helistamise võimalus)
- Tarneahela (SCM –Supply Chain Management)
  - Tarnijate pakutavate toodete ja teenuste loetelu
  - Tellimuste haldus
- Tarnijasuhete haldus (SRM- Supplier Relationship Management)

Tootmisettevõttes on nende kõrval veel üks oluline süsteem

- Tootmistegevuse süsteem (MES- Manufacturing Execution System)

Järgnev peatükk annabki täpsema ülevaate just tootmistegevuse süsteemist.

## 2. MES ehk tootmistegevuse süsteem

Manufacturing Execution System ehk MES, mida eesti keeles võiks nimetada ka tootmistegevuse süsteemiks, on APICSi (The Association for Operation Management) definitsiooni kohaselt informatsiooni ja kommunikatsiooni süsteem ettevõtte tootmistegevuse keskkonnale. MES kannab hoolt tootmistasandi ning finants- ja logistikatasandi vahelise informatsiooni vahendamise eest. Kuid MES pole ainult infovahenduseks. Tema peamine eesmärk on hallata ja parendada kõiki aspekte, mis mõjutava tootmisprotsessi, et saavutada suurem paindlikkus, madalamad tootmiskulud ja seeläbi ka suurem kasumlikkus. Tema tähtsamad funktsionaalsused on tootmise sündmuste registreerimine (andmehõive), tootmise sündmuste raporteerimine ning tootmise detailne planeerimine.

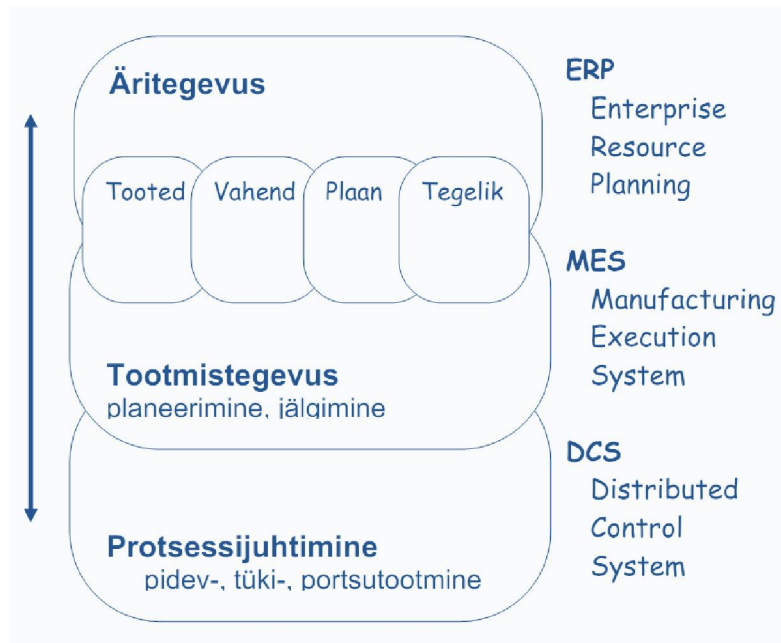
Tootmistasandil vajavad firmad infosüsteeme, mis jälgiks põhiparameetreid tootmistegevuses eneses ja olulised on nii vahetut tegevust hindavad (tagasiside) kui ka arvutatud (sünteesitud) näitajaid. Sünteesitud näitajad annavad hinnangu tootmisprotsessile tervikuna.

Informatsiooni loomise tasandil jälgitakse vahetult kauba või teenuse tootmist, kauba või teenuse liikumist firmade vahel või nende jõudmist tarbijani. Tegevusvaldkondi võib olla väga palju alates konkreetse toote valmistamisest ja lõpetades kaubandusega.

Tootmistegevuse süsteemid on suhteliselt uus klass infosüsteeme, mis on loodud eelkõige toetama tootmistegevuse prosse ning nende integreerimist ettevõtte infosüsteemi arhitektuuri (Louis, Alpar, 2007, 24-3). MES esindab liidest ettevõtte planeerimis- ja halduskihi (ERP) ning tootmistegevuse kihi vahel. Tootmistegevuse süsteemid on oluliseks komponendiks vertikaalses integratsioonis, nagu näidatud joonisel 5. Kolme joonisel kujutatud taset võib nimetada ka äritegevuseks (tuntumaks töövahendiks on ERP süsteem), tootmistegevuseks (läbiviidav tootmistegevuse süsteemi poolt) ja protsessijuhtimiseks (sisaldab automaatsüsteeme). (MESA 2000, p. 1)

Erinevalt ERP süsteemile, mis pakub üldiselt väga laia ärifunktsionaalsust koos tarneahela haldamisega, on MES eesmärk teha võimalikuks kiirelt reageerimine just tootmistasandil toimuvatele sündmustele (re-aktiivne detailne planeerimine). MES vaatab tootmisele justkui läbi mikroskoobi vastukaaluks ERP nõ makroskoopilisele, üldisele vaatele, olles seejuures mõeldud kompenseerima ühte ERP süsteemi tootmismooduli peamist puudust- võimalust

liidestada reaalajas tootmises kogutud tootmisinfot. See on tingitud põhiliselt ERP tootmisplaanide ebaadekvaatses vastavusest muutuvate tingimuste või tootmisprotsesside puhul.



Joonis 3: MES - ERP ja tootmistaseme ühendaja

Ettevõtte tootmis- ja logistikaprotsessid ei ole pea kunagi täielikult automatiseeritud. Nende eest vastutavad inimesed, kes otsustavad, mida ja kuidas teha järgmiseks jne. Nende otsuste kvaliteet määrab suures osas ära ettevõtte toimimise sujuvuse.

MES võiks vaadata ka kui ainult andmevahendaja. Andmed ise ei oma mingit väärtust kuid kui need on struktureeritud ja seosed erinevate andmeelementide vahel on selgelt välja toodud, muutuvad andmed informatsiooniks. Kui inimesed kasutavad seda informatsiooni oma teadmiste ja kogemuste kontekstis kasvab otsuste vastuvõtmise efektiivsus märkimisväärselt ja seeläbi on tagatud ka kasumlikkus. Informatsiooni väärtus sõltub tema ajalisest kättesaadavusest. Ettevõtte võib küll olla kasumlik, kuid see ei tähenda automaatselt, et tema tootmise efektiivsus on optimaalne. Tootmises on ajakohane informatsioon eluliselt oluline, et oleks võimalik tulemuslikult reageerida sündmustele, tendentsidele ning võimalikele probleemidele. Seetõttu otsuste efektiivsusele oluline ka süsteemide vahelise suhtluse kiirus.

MESA (Manufacturing Execution System Association) definitsioon tootmistegevuse süsteemile on järgmine: „Tootmistegevuse süsteem (MES) pakub informatsiooni, mis võimaldab optimeerida tootmistegevust alates tellimuse avamisest kuni toote valmimiseni. Kasutades ajakohaseid ja täpseid andmeid, MES juhendab, algatab, reageerib ja esitab raporti tootmise sündmuste kohta nende toimumisel. Kohene reageerimine nendele sündmustele arvestades muutuvaid tingimusi ning hoides fookuses lisaväärtust mitteomavate tegevuste vähendamist - see tagab edu tehase operatsioonidele ja protsessidele. MES parandab nii tootmiseseadmete tasuvust kui õigeaegset tarnimist, laomutusi, brutokasumit ja kassavooge. MES pakub missioonikriitilist informatsiooni tootmise tegevuste kohta kogu ettevõtte üle läbi kahe-suunalise suhtluse.“ (MESA, WhitePaper #6)

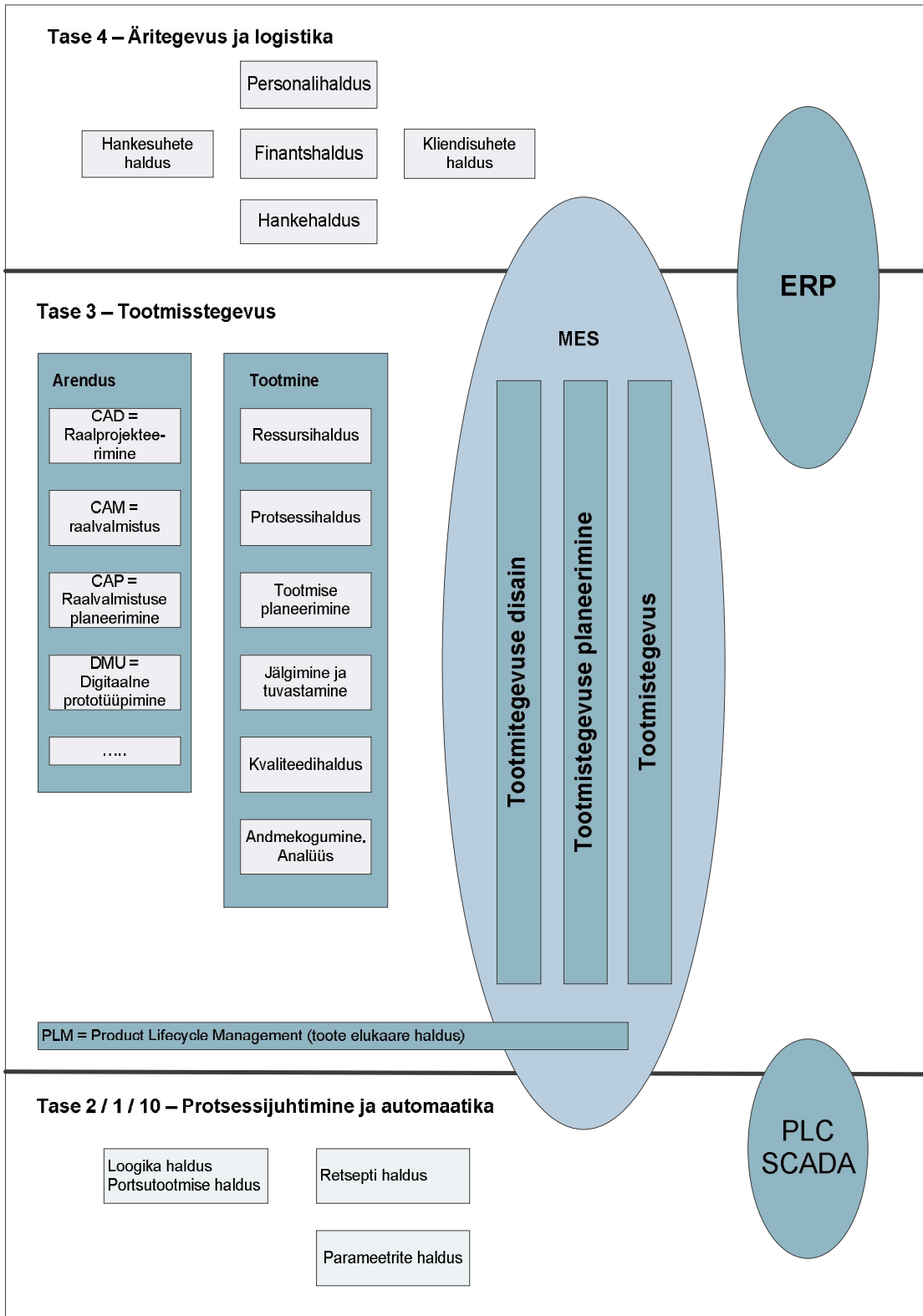
Nagu eelpool mainitud, on MESi üks eesmärkidest ka vähendada lõhet ettevõtte äritegevuse ja protsessijuhtimise vahel. Sellise integreerituse tulemusel peaks ettevõtte saavutama paremaid tulemusi tootmisele seatud eesmärkide täitmisel, nagu nähtub ka Aberdeen Group Inc. poolt läbiviidud uuringutest. Uuringu tulemuste raportist selgub, et tootmisettevõtetel, kes kasutavad MESi, on paremad näitajad kõikides võrreldud näitajates (Aberdeen Group, 2006):

Metric	% Improvement
Yield	+27%
Capacity Utilization	+12%
Customer Satisfaction	+6%
OEE	+2%

Tabel 2: Valik võtmenäitajate paranemisest (Aberdeen Group, 2006)

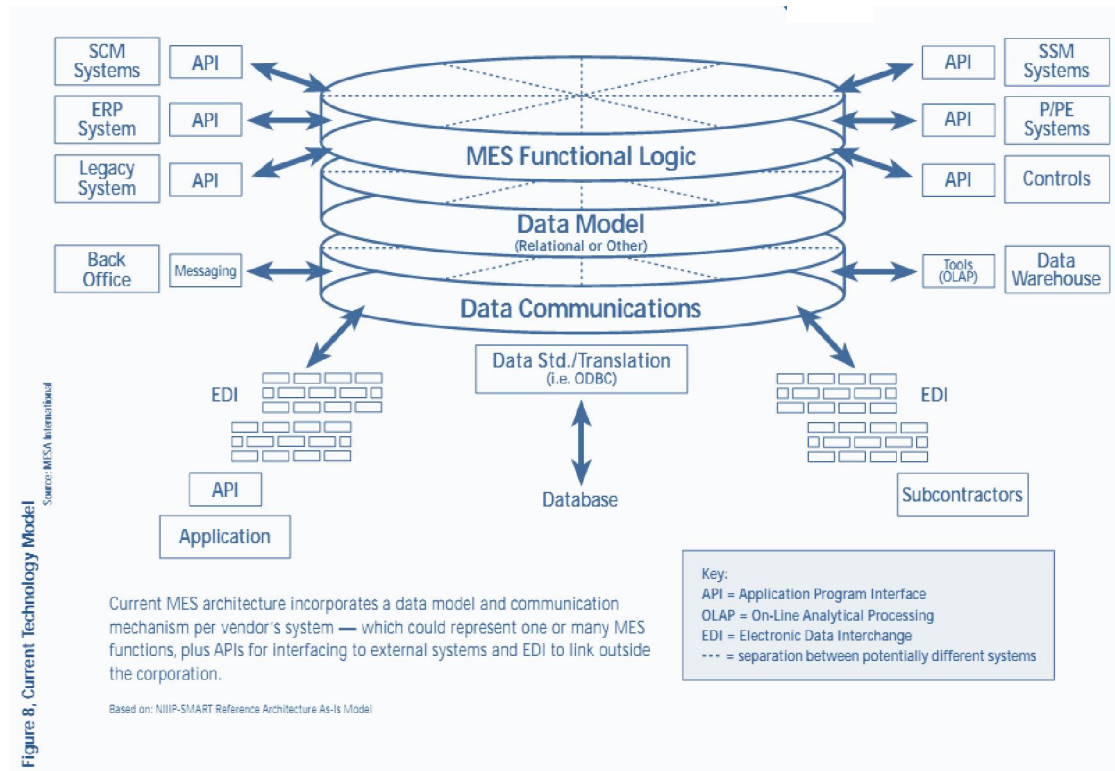
## 2.1. MES kontekst

IT maailm ja eriti tootmisüsteemid, kasutavad palju erinevaid ja segadust tekitavaid termineid. Standardimisega tegelevad organisatsioonid ja kasutajaorganisatsioonid on loonud mitmeid kontseptsioone terminite selgemaks esitamiseks, osad terminid on jällegi võetud otse tootmisharu või –ettevõtte spetsiifikast. Joonisel nr. 5 on toodud väike valim just nendest terminitest, mis on muutunud nõ. igapäevaseks keele osaks. Joonisel on ära toodud ISA mudeli jaotusele vastavad terminid ettevõtte üldises infosüsteemi arhitektuuris. (Mayer et al, 2009).



Joonis 4: ISA mudeliga seotud tavaterminite ülevaade (Mayer et al 2009)

Joonisel 5 on esitatud MESA poolt koostatud MES arhitektuuri mudel, mis sisaldab andmemudelit ja sidemehhanisme.



Joonis 5: MES tehnoloogiline lahendus, MESA 1997

## LEAN Sigma ja MES

Funktsioneeriv tootmistegevuse süsteem on eeltingimuseks eesmärkide saavutamisele ja LEAN Sigma põhimõtetele vastavate mõõdikute rakendamiseks. Operatiivne planeerimis- ja jälgimissüsteem - MESi põhifunktsionaalsus – vähendab ooteaegu, laokogust ja transpordiaegu sünkroniseeritud tootmisprotsessi kaudu. MES tagab ka protsessi standardiseerituse - töötajad juhivad elektroonilisest informatsioonist, mis aitab oluliselt kaasa tootlikkuse parandamisele. (Meyer et al 2009, 29)

Kui paraneb tootmisinfo kättesaadavus, on võimalik saavutada suuremat efektiivsust seda toetavate programmide (LEAN ja Six Sigma) põhimõtete jälgimisel. Lisaks võimaldab see tõsta tootmisoperatsioonide täitmise efektiivsust ning valmistoodangu kvaliteeti.

## 2.2. MES normid ja standardid

Siinses peatükis on ülevaade põhilistest standarditest ning normidest, mida MES puhul rakendatakse. Läbi kirjeldatud standardite ja normide on lihtsam mõista tootmistegevuse süsteemi olemust ja tema funktsiooni tootmisettevõttes. Kokkuvõtte on tehtud selliste autorite nagu Meyer, Fuchs, Thiel, Kletti ja Scholten selleteemaliste kirjutiste põhjal ning kasutades lisaks MES teemaliste portaalide artikleid ja uuringuid. (Meyer et al 2009), (Kletti 2007), (Scholten 2009)

Lisaks punktides 2.3.1 ja 2.3.2 täpsemalt tutvustatavatele standarditele on olemas veel teisigi tööstusvaldkonna spetsiifilisi parimaid praktikaid ja norme ühendavaid organisatsioone. Mõned näited nendest:

- NAMUR (Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie), mis keskendub peamiselt keemia- ja farmaatsiatööstusele, meetodid ja juhised on ISA95 põhised;
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure), Saksamaa suurim inseneride ja loodusteadlaste ühing, peamine eesmärk on anda MES terminitele kindel tähendus;
- NIST (National Institute of Standards and Technology), USA Kaubandusministeeriumi mõõtmisstandardite labor, varasemalt keskendunud metallitööstusele.

### 2.3.1. MESA

MESA International on lühend Manufacturing Enterprise Solutions Association International'ist. Tegemist on mittetulundusliku organisatsiooniga, mis oodi aastal 1991 eesmärgiga vahendada teadmisi, kogemusi ning parimaid praktikaid MESi kasutamisest süsteemi tarnijate, arendajate, analüütikute ning tootmisettevõtete töötajate vahel. Termin MES kerkis esile samal ajal. See on lühend mõistest manufacturing execution system. Praeguseks on selle lühendi sõnaline lahtiseletus küll veidi muutunud olles nüüd manufacturing enterprise solution, kuid mõlemal juhul mõistetakse selle all enamat kui



lihtsalt tootmise kontrollimist. Valdkondi, nagu kvaliteedi juhtimine, materjalid, eksploatatsioon, tooteinfo haldus, toote elukaar, ei saa vaadelda MESi ainevallast väljaspool.

Oma esimeses ametlikus raportis (white paper) tõi MESA välja 11 tootmistegevust, mis hiljem kogusid tuntuks tänu MESA kärjemudelile. (vt. joonis 4 ).

Nendeks tegevusteks on:

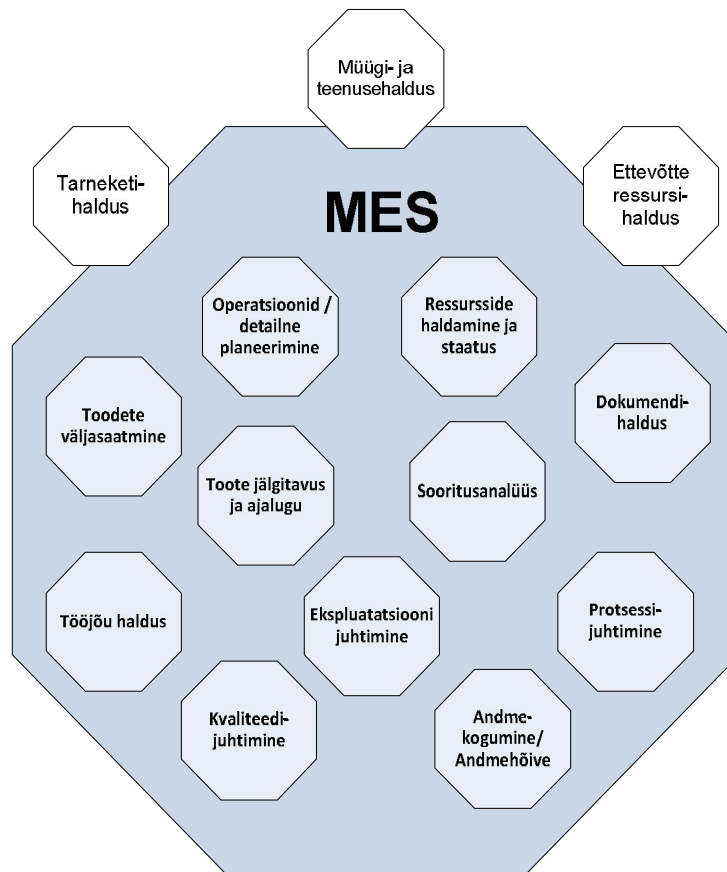
1. Ressursside haldamine ja staatus
2. Operatsioonid / detailne planeerimine
3. Toodete väljasaatmine
4. Dokumendihaldus
5. Andmekogumine/Andmehõive
6. Tööjõu haldus
7. Kvaliteedijuhtimine
8. Protsessijuhtimine
9. Eksploatatsiooni juhtimine
10. Toote jälgitavus ja ajalugu
11. Sooritusanalüüs

Algupärase käsitluse kohaselt kujutab tootmistegevuse süsteem endast infosüsteemi, mis toetab tootmise tegevusi, et

- Ette valmistada ja hallata tööjuhendeid;
- Jälgida tootmisprotsessi õiget läbi viimist;
- Koguda ja analüüsida tootmisprotsessist ja tootest pärinevat informatsiooni ning anda tagasisidet teistele osakondadele;
- Lahendada probleeme ja optimeerida protseduure.

MESi võib jagada funktsionaalseteks osadeks. See võimaldab iga osa mõista ja arendada eraldi. Samuti võimaldab see vajadusel juurutada ja muuta süsteemi eraldi osadena. Funktsioone, mis tegelevad eelkõige tootmistellimuste ja ressursside haldamisega, kutsutakse tuum e. põhifunktsioonideks. Teised funktsioonid on osa tootmistegevuse süsteemist ja neid kutsutakse tugifunktsioonideks.

MESA kärjemudel annab hea esmase ülevaate kogu MESi skoobist. Selleks, et teada saada, millised suhted on erinevate tegevuste vahel ja millist informatsiooni nad omavahel ja väliste süsteemidega vahetavad, tuleb appi võtta ISA-95 standardi töövahendid.



Joonis 6: MES funktsionaalne mudel ja seosed teiste süsteemidega. (MESA White Paper nr.1)

Järgnev tabel (Tabel nr.1) annab MES funktsioonide täpsema kirjelduse

Funktsioon	Kirjeldus
1. Ressursside haldamine ja staatus	Haldab ressursse, sealhulgas masinaid, tööriistade tööseadistusi, materjale, muid seadmeid olemid, nagu näiteks erinevad dokumendid, mis peavad olema kättesaadavad tootmisoperatsioonis töö alustamiseks. See võimaldab üksikasjaliku

	<p>ressursside ajaloo ja kindlustab, et seadmed on tööprotsessiks õigesti seadistatud ning võimaldab näha nende staatust reaalajas. Kõnealuste ressursside haldamine hõlmab broneerimist ja eesmärkide saavutamiseks operatsioonide ajakava kohast toodete tarnimist.</p>
<p>2. Operatsioonid / detailne planeerimine</p>	<p>Pakub prioriteetidel, kasutusviisidel, omadustel ja/või retseptidel (BOM) põhinevad järjestusvõimalusi, mis on seotud teatud erinevate operatsioonide teostamise tootmisüksustega, kuju ja värvi järjestamisega vms. omadustega, mis tootmisjada õige planeerimise korral vähendab seadistamisele kuluvat aega. Seadistus on lõplik ja tunnistab alternatiivseid ning kattuvaid / paralleelseid operatsioone, et arvutada üksikasjalikult välja täpne tööaeg või seadmete laadimise aeg.</p>
<p>3. Toodete väljasaatmine</p>	<p>Haldab tootmisüksuste töövoogusid tööde, tellimuste, partii- ja tükitootmise ning töökäskude kujul. Lähetusinformatsioon esitatakse tööetappide tegelikus järjekorras ja vastavalt tootmises toimuvatele sündmustele reaalajas. Eksisteerivad remondi- ja parandusprotsess, samuti võime kontrollida igal ajal töösolevate toodete kogust koos puhvri haldamisega.</p>
<p>4. Dokumendihaldus</p>	<p>Võimaldab kontrollida andmeid/vorme, mida on vaja tootmisüksuses hallata: tööjuhendid, koosteretseptid (BOM), joonised, standard käitamisprotseduurid, osaprogrammid, partii andmed, tehniliste muudatuste teated, vahetustevaheline suhtlus kui ka võimaldab muuta „planeeritud“ ja „tehtud“ informatsiooni.</p>

	Juhised saab saata otse operatsioonidele koos operaatoritele vajalike andmete või seadmete haldamiseks vajaliku informatsiooniga. Võimaldab lisada ka tervise- ja keskkonnakaitseteemalist, ohutuseeskirju, ISO ja ka parandusmeetmete kohast infot. Säilitab ajalugu.
5. Andmekogumine/Andmehõive	See funktsioon pakub ühendusliidest süsteemi siseoperatsioonide vahel, et oleks võimalik automaatselt levitada tootmise ja parameetrite infot tootmisüksustele. Andmeid võib koguda tootmises kas käsitsi või automaatselt otse seadmetest kuni minutiliste ajavahemikega.
6. Tööjõu haldus	Annab ülevaate personali staatusest kuni minutiliste aja tagant. Sisaldab kohalolu ja tööaja raportit, sertifitseerituse jälgimist kui ka võimalust jälgida kaudseid tegevusi nagu materjali ettevalmistus või tööriistaruumi tegevus, mis on aluseks tegevuspõhiseks kuluarvestuseks. Võib vahetada infot ressursside planeerimisega eemärgiga määrata kindlaks optimaalne ekspluatatsioon.
7. Kvaliteedijuhtimine	Analüüsib reaajas tootmisest kogutud mõõtmiste tulemusi, et tagada tootekohane kvaliteedikontroll ja selgitada välja probleemid, mis nõuavad tähelepanu. Võib soovitada meetmeid probleemi lahendamiseks, sealjuures ühildades sümptomid, meetmed ja tulemused põhjuse kindlaks tegemiseks. Võib sisaldada SPC / SQC jälgimist ja off-line kontrolloperatsioonide juhtimist ja analüüsimist. Võib sisaldada ka info laboris haldamise süsteemi LIMS (Laboratory Information Management System).

8. Protsessijuhtimine	Jälgib tootmist ja korrigeerib automaatselt või pakub otsustamiseks tuge operaatoritele protsessi korrigeerimiseks ja parandamiseks. Need tegevused võivad olla operatsiooni sisesed ja keskenduda spetsiaalselt monitooritavate masinate ja seadmete jälgimisele ja kontrollimisele kui ka selliste operatsioonisiseste protsesside jälgimisele, mis kanduvad masinalt masinale. See võib hõlmata alarmjuhtimist, et tagada tootmispersonali informeeritus muudatustest protsessid, mis jäävad väljapoole lubatavaid piire. Sisaldab liideseid intelligentsete seadmete ja MES vahel läbi andmekogumine/andmehõive.
9. Eksploatatsiooni juhtimine	Jälgib ja juhib tegevusi seadmete hooldamiseks, et tagada nende kättesaadavus tootmistevõimeks ja kindlustada ajagraafik korralisteks hooldusteks, samuti ka kohene reageerimine häiringutele (alarmid). Säilitab ajalugu eelnenud sündmuste või probleemide kohta, et hõlbustada probleemide diagnoosimist.
10. Toote jälgitavus ja ajalugu	Tagab nähtavuse töö tegelikule liikumisele. Selle võib lisanduda informatsioon töö tegija kohta, info kasutatud materjalide ja nende tarnijate kohta, partii, seerianumbrite, tootmise hetkeolukorra, häiringute, uustöötuse või muude toodet puudutavate kõrvalekallete kohta. Reaalajas jälgimise funktsioon loob tooteajaloo kirje. Need kirjed teevadki võimalikuks toodete ja komponentide kasutamise jälgitavuse.
11. Sooritusanalüüs	Pakub tootmise hetke staatuse raporteid koos tegelike tootmisoperatsioonide tulemuste eelneva

	<p>ajaloo võrdluse ja eeldatud äritulemustega. Sooritus tulemused sisaldavad selliseid mõõtmistulemusi nagu ressursside eksploatatsioon, ressursside kättesaadavus, tooteühiku tsükli aeg, vastavus ajagraafikule ja soorituse standarditele. Võib sisaldada statistilist protsessikontrolli/määratud kvaliteeditaset (SPC/SQL). Toetub erinevatest funktsioonidest kogutud tegutsemisparameetrite teabele. Need tulemused võivad olla esitatud raporti kujul või reaajas kui soorituse hetketulemuse hinnang.</p>
--	--

Tabel 3: MESA poolt defineeritud 11 MES funktsiooni (MESA 1997).

Lisaks MESi defineerimisele on MESA International läbi viinud ka mitmeid uuringuid MESi kasutavate ettevõtete seas ning on välja toonud kasutajate poolt esile tõstetud kasu MESist:

- Lühendab tootmistsükliks kuluvat aega
- Vähendab tootmisprotsessis aktiivsete toodete kogust (WIP)
- Vähendab vahetuste vahelist paberitööd
- Vältib kadunud dokumentidest/skeemidest tulenevaid probleeme
- Parandab klienditeenindust
- Lühendab või likvideerib andmete sisestamiseks kuluvat aega
- Lühendab tellimuse täitmise aega
- Parandab toote kvaliteeti
- Annab tootmispersonalile võimalusi ja vahendeid juurde
- Vastab ootamatutele sündmustele

Peamine kasu MESi kasutamisest on vahetu, reaajas info, mis lubab kasutajatel või tootmistegevuse süsteemil võtta vastu parimaid, hästiinformeeritud otsuseid. (McCellan, 2001,4)

### 2.3.2. Standard ISA-95

ISA on lühend International Society of Automation'ist. Tegemist mittetulundusliku organisatsiooniga, mis ühena oma peaesmärkidest defineerib standardeid tööstusautomaatika valdkonnas.

ISA95 standard kannab nimetust „Enterprise-control system integration“, sellele vastav Eesti standard EVS-EN 62264-1:2008 sisaldab Euroopa standardi EN 62264-1:2008 ingliskeelset teksti.

ISA-95 pole klassikalises mõistes standard, mille reegleid jäigalt jälgida, pigem on ta töömeetod, viis mõtlemiseks ja suhtlemiseks. Kogu meetod koosneb mitmest erinevast osast, igaüks kirjeldab teatud mudeleid ja terminoloogiat, et analüüsida tootmisettevõtet.

- ISA-95.01 Models & Terminology
- ISA-95.02 Object Model Attributes
- ISA-95.03 Activity Models
- ISA-95.04 Object Models & Attributes
- ISA-95.05 B2M Transactions

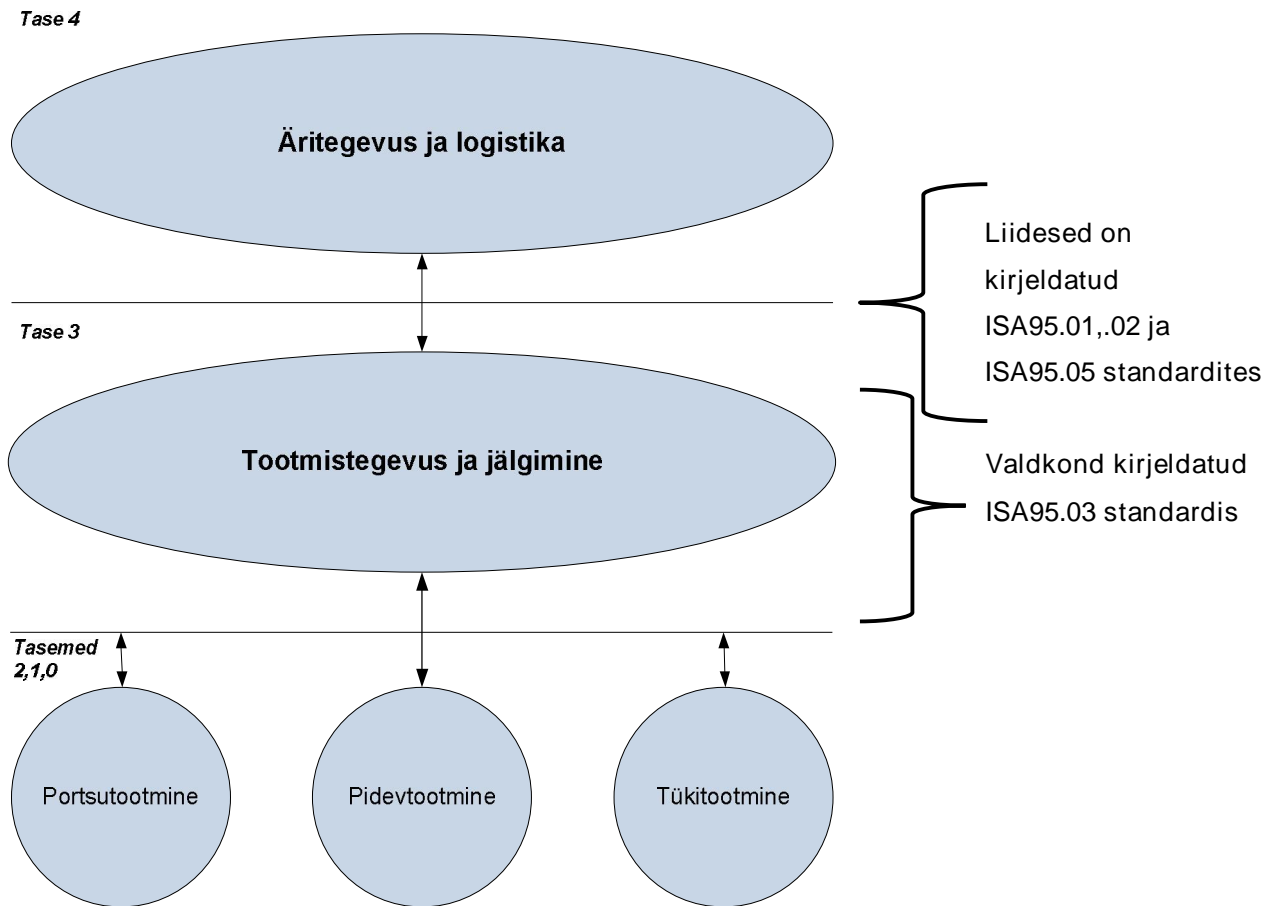
Kõik osad on keskendunud spetsiifilistele ERP ja MES vaheliste liideste aspektidele, esitades seda erinevate vaatenurkade alt.

ISA95 standard ei maini termineid nagu ERP ja MES vaid ta määrab kindlaks piirid erinevate otsustustasemetel vahel, sõltuvalt millisele tasemele erinev informatsioon kuulub.

Funktsionaalse hierarhia mudelil (joonis 8) näidatud tase 4 keskendub ajaliselt pikemale perspektiivile - kuud ja nädalad. Siin tehakse otsused, millal tellida materjale, saata arveid, koostatakse pikaajalisi tootmise ajakavasid, tegeletakse uute toodete arendamisega. Seda taset kutsutakse tavapäraselt ka ERP kihiks.

Vastukaaluks keskendub tase 3 ajaliselt lühemale perspektiivile – päevad, tunnid, minutid. Siin vastu võetud otsused mõjutavad otseselt tehase efektiivsust, tootekvaliteeti, materjalide ladu, masinate ja liinide eksploatatsiooni lisaks kõigele muule. Seda taset kutsutaksegi tavapäraselt MES-tasemeks. Kõiki kolmanda taseme MESi funktsioone kirjeldabki MESA oma kärjemudeliga.

Tasemed 2,1 ja 0 asuvad allpool 3 taset ning nende ajaperspektiiv on kõige lühem (minutid, sekundid, millisekundid). Sellel tasemel toimub otsene protsessijuhtimine sensorite, PLC, SCADA jms. protsessijuhtimise seadmete abil.



Joonis 7: ISA95 funktsionaalse hierarhia mudel

IT vaatenurgast on ISA95 tasemed ning nende suhted süsteemi ning ühendusvõrguga vastavalt tasemetele:

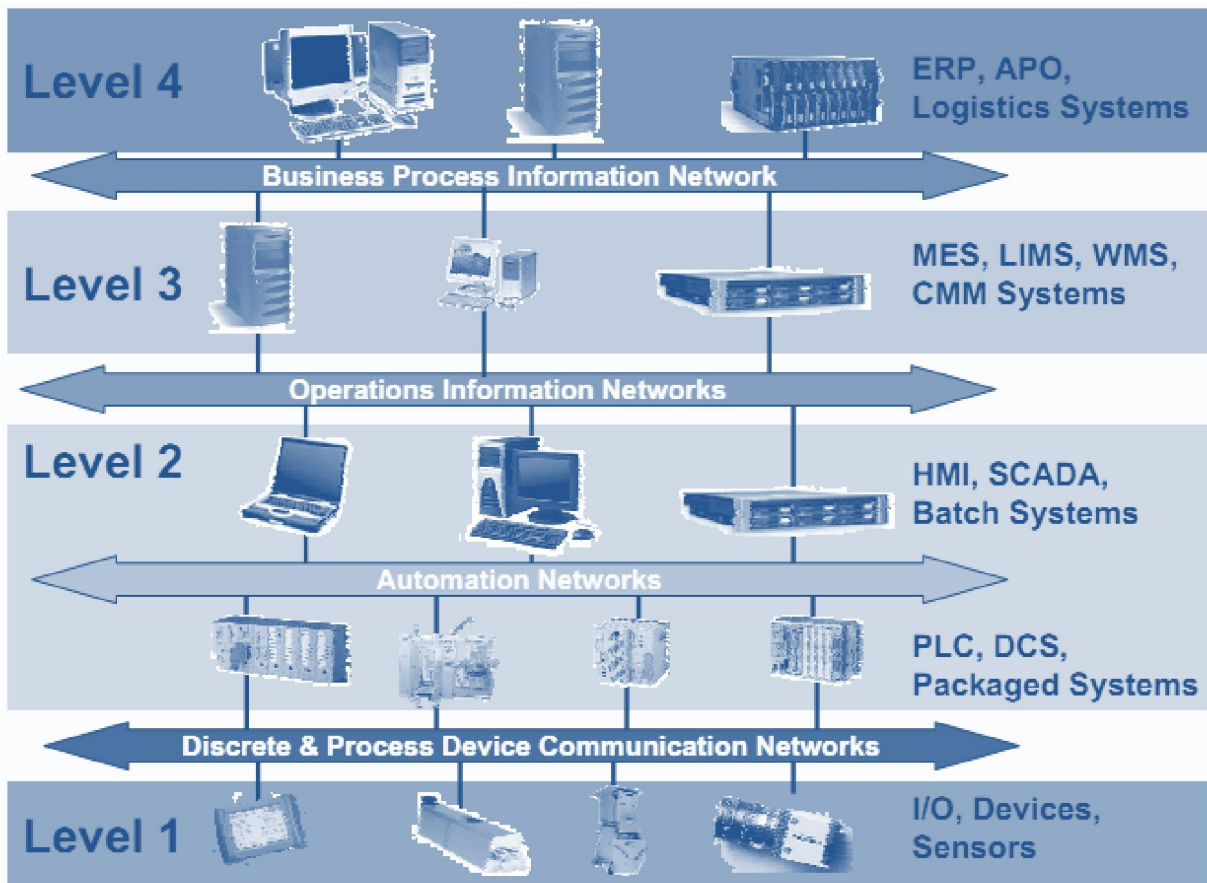
Tasemed 0 -2

- Eesmärk on juhtida protsessi ja taga protsesside nähtavus
- Elektrooniline andmevahetus ei ole kontroll-tasemetel kaasatud (tasemed 1-2)



- Tavapäraselt kuulub siia spetsialiseeritud riistvara ja seadmete kommunikatsioonivõrk  
Tase 3

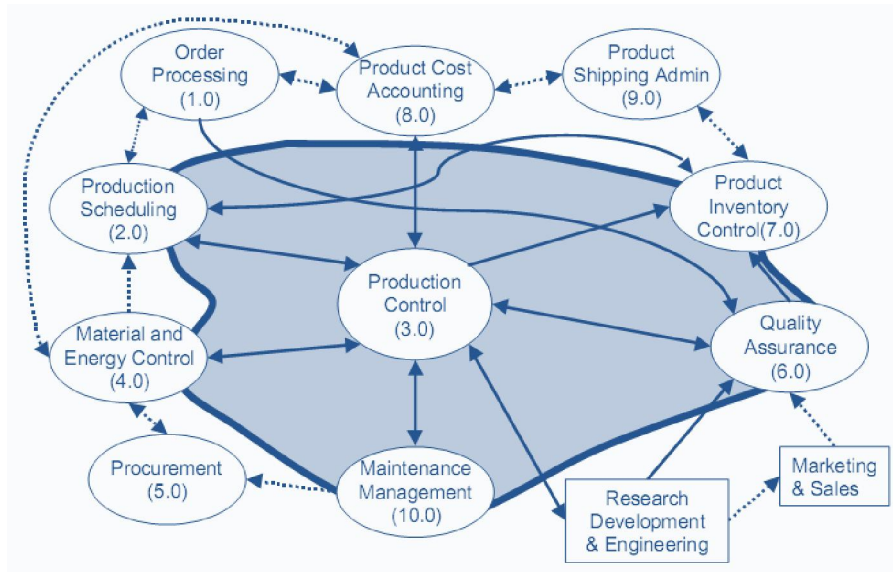
- Tootmisinformatsiooni haldamine on tsentraliseeritud, et tagada suurem kontroll ja infokirjete kättesaadavus
- Informatsiooni juhtimine ja kontroll toimub läbi kolmanda taseme süsteemide koos auditeerimisjälje, pääsukontrolli, varundamise ja liidestatuse majandustarkvaraga.
- Kasutatakse standardriistavara ja võrku



Joonis 8: IT vaade üldistatud ISA95 põhisele topoloogiale (Brandl, Owen 2003)

ISA95 standardi oluline osa on funktsionaalne mudel, mis koosneb ettevõtte tootmistegevusega seotud operatsioone kirjeldavatest andmevoodiagrammidest. Andmevoodiagramm näitab süsteemis arvutatavate väärtuste funktsionaalset suhet, sisaldades sisend- ja väljundandmeid. Funktsionaalse mudeli keem põhineb PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) mudelil.

Kõrgema taseme funktsionaalne mudel kirjeldab 12 tegevusvaldkonda. Nende valdkondade toimub andmevahetus nagu on nooltega näidatud Joonisel 10.



Joonis 9: MES funktsioonide PIRA mudel, ISA95

Tume ala esindab ettevõtte kontroll-ala ehk tootmistegevussüsteemi valdkonda. Jagades funktsioonid alamfunktsioonideks koos vastava informatsioonivooga, jagades need omakorda veel alamfunktsioonideks jne., võimaldab selline lähenemine kirjeldada kõiki ettevõtte tegevusi sama mudeli sees. Sõltuvalt eesmärkidest võib kasutada üldisemaid või ülimalt detailseid mudeleid.

Sellisel moel kirjeldatud ettevõtte vajalikud funktsioonid koos alamfunktsioonide ning nendevahelise suhtlusega on heaks aluseks MES tarkvara soetamise spetsifikatsiooni kokkupanekus.

### 3. Uurimistöö

#### 3.1. Uurimistöös kasutatavad meetodikad

Uurimistöö eesmärgi saavutamiseks ning hüpoteesi paikapidavuse hindamiseks on kasutatud kvalitatiivset uurimismeetodit. Kvalitatiivne uuring on uuring, kus andmeid saadakse vaatluse, intervjuu ja sõnalise suhtlemise kaudu ning keskendutakse tähendustele ja tõlgendustele, mida uuringus osalejad väljendavad (Laherand 2008, 15). Kvalitatiivse uurimuse lähtekohaks on tegeliku elu kirjeldamine (Hirsjärvi 2004, 152). Autor usaldab rohkem vaatlusi ja intervjuusid töötajatega kui mõõtmisvahendite kaudu saadavaid tulemusi, kuna see võimaldab näha olukorda erinevatest vaatenurkadest ja avastada ootamatuid asjaolusid, mis esialgu ei oleks uurijale tundunud olulisena. Teooria aitab uurijat suunata ja tõlgendada teatud käitumist või tulemust (Laherand 2008, 56). Teooria on ka kujundanud ümber uurija hoiakut probleemi suhtes, kuna olles igapäevaselt seotud uurimisobjektiga on see ka kujundanud teatud nägemuse olukorrast.

Uurimisprotsessi käigus liigutakse tsükliliselt andmekogumiselt ja –analüüsilt uurimisküsimuse juurde ja sealt jälle tagasi. Andmete kogumist, analüüsimist ja sellest kirjutamist võib mõista kui üheaegseid tegevusi. Selline ringi- või spiraalkujulisus on kvalitatiivse uuringu tähtsamaid tunnuseid. Tihe side andmete kogumise, tõlgendamise ning empiirilise materjali valiku vahel võimaldab uurijal endalt korduvalt küsida, kuidas kasutatud meetodid, loodud kategooriad ja teooriad end konkreetse teema ja konkreetsete andmete puhul õigustavad, ning neile küsimustele ka korduvalt vastata (Laherand 2008, 53-55).

#### Intervjuu

Intervjuu on vestlus, millel on struktuur ja eesmärk. Intervjueerimise suur eelis teiste andmete kogumise ees on paindlikkus, võimalus andmekogumist vastavalt olukorrale ja vastajatele reguleerida. Intervjueerimine andmete kogumiseks on valitud järgmistel põhjustel:

- Inimeste ütlused soovitakse paigutada laiemasse konteksti. Intervjuus on võimalik vastajat, tema näoilmet ja žeste näha. samuti võib intervjuueeritav rääkida endast ja teemast rohkem, kui uurija on suutnud ennustada.
- Uurimisteema on vähe uuritud ja tundmatu valdkond. Uurijal on vastuste suunda raske ette näha.
- On teada, et uuritaval teemal on oodata palju erinevaid vastuseid.
- On soov vastuseid täpsustada.
- On soov saada põhjalikku teavet. Näiteks võib paluda seisukohti põhjendada. Vajaduse korral saab kasutada lisaküsimusi.

Veelgi enam täpsustades on tegemist struktureerimata intervjuuga, mis pakub suuremaid võimalusi andmete kogumiseks kui mitmed teised intervjuueerimise viisid. Struktureerimata intervjuu on uuriv-avastav. Määratud on vaid huvivaldkond, intervjuueerija juhindub küsimuste moodustamisel ja järjestamisel oma intuitsioonist. Struktureerimata intervjuu on paindlik ja sensitiivne osalejate suhtes. Kuid keeruliseks võib osutuda võrreldavate vastuste saamine ning tulemuste klassifitseerimine.

Struktuurne läbivaatus.

Ettevõttes rakendatud tootmistegevuse süsteemi toimivuse ja rakendamise üldise kvaliteedi hindamiseks on käesoleva töö eesmärgi saavutamiseks kasutatud ka ühte tarkvarakontrolli meetodit - struktuurset läbivaatust.

Kvaliteedihalduses on levinud meetodiks mitut tüüpi ühised arutelud. Standard ANSI/IEEE Std 1028-1988 IEEE Standard for Software Reviews and Audits eristab juhtkonnapoolset hindamist (management review), tehnilist hindamist (technical review), tarkvara inspeksiooni (software inspection), läbivaatust (walkthrough) ja auditit (audit), mida teeb sõltumatu osapool, kes jälgib vastavust kehtestatud nõuetele. Kõigil meetoditel on see ühine omadus, et nad peavad efektiivseks läbiviimiseks olema teataval määral planeeritud, organiseeritud ja juhitud. Struktuurne läbivaatus on suunatud toote kvaliteedi parandamisele, selle tulemused ei tohiks mõjutada töötajate palka, heaolu, ametikõrgendust vms. Läbivaatuse idee on toote (spetsifikatsioon, projekt, dokumentatsioon,...) ühisarutelu kindlate reeglite järgi. Sõna "struktuurne" rõhutab esiteks seda, et efektiivsuse tagamiseks peab läbivaatus olema

organiseeritud, ja teiseks seda, et struktureerimata süsteeme on raske kuitahes heade meetoditega parandada.

Eeltingimused:

- kõigil rühma liikmetel peaks olema ettekujutus sellest, mida neilt oodatakse
- koostööõhkkond
- materjalid on ette valmistatud ja kätte jagatud
- osavõtjad on nendega tutvunud, nt igäühel on üks positiivne ja üks negatiivne kommentaar

(Tepandi, 2007)

Ehkki tavapäraselt kasutatakse läbivaatust tarkvaraprojekti varastel etappidel, on see meetod autori arvates sobilik kasutamiseks ka juba kasutusel oleva tarkvara ja selle kasutamise hindamiseks.

Töö autor saab andmete tõlgendamisel kõigele eelnevale lisada ka kogemuslikke, nõ “osavaatluse” andmeid, sest on töötanud ettevõttes alates 2002 aastast, tootmistegevuse süsteemiga tegelenud alates 2005 aastast.

### 3.2. Valimi moodustamine ja kirjeldus

Uurimustöö aluseks olnud intervjuud ja struktuurne läbivaatus on läbiviidud aprillis 2012. Ettevõttes töötab praegu kokku 208 inimest. Töö autor töötab samas ettevõttes MES lahenduste insenerina.

Tootmistegevussüsteemi põhikasutajateks on igapäevaselt ettevõtte tootmispoolel otseselt tootmistegevusega seotud inimesed, tootmistegevuse süsteemis on registreeritud aktiivseid kasutajaid 102. Nendeks on tootmise planeerijad, operaatorid, vahetuste juhid, toote-, kvaliteedi-, remondi- ja testiinsenerid. Tootmine toimub ettevõttes vahetuste kaupa, mis tähendab, et samal ametipostil töötab mitu inimest. Tootmisoperatsioonide otsese läbiviimisega mitteseotud kasutajateks võib lugeda klienditeenindajad ja loomulikult juhtkonna tootmis- ja ettevõtte juhi näol, kellel individuaalne kasutajatunnus tootmistegevuse

süsteemis puudub, kuid kellel on võimalus üldkasutajana vaadata kõiki süsteemiseseid raporteid. Intervjueeritavate valiku aluseks oli põhimõte katta kõik erinevad tootmisega seotud valdkonnad, leida inimesi igast vahetusest ning lisaks ka kohustus esitada tootmist iseloomustavad võtmenäitajaid tasakaalus tulemuskaardile kandmiseks. Kokku viis autor läbi neliteist intervjuud. Intervjueeritavatest neli on otseselt „tootmise sündmusi“ tekitavad operaatorid, kaks töödejuhatajad, tootmisjuht, tehnoloogiajuht, remondigrupi juht, kvaliteedijuht, kaks tooteinseneri, planeerija ja kvaliteediinsener. Intervjueeritustest viis on vastutavad tootmisele seatud võtmenäitajate mõõtmise tulemuste juhtkonnale esitamise ja kommenteerimise eest alljärgnevalt:

- Tootlikkust puudutavaid näitajaid esitavad tootmis- ja tehnoloogiajuht.
- Planeerijad on vastutavad materjalide ja toodete eest.
- Kliendipretensioonide lahendamise seotud näidikuid esitavad tootmis- ja remondigrupi juht.
- Toodete kvaliteeti puudutavad näidikud esitab kvaliteediinsener .
- Läbilaskevõime (vastavalt tootegrupile ja/või kliendile) näidikud esitab tehnoloogiajuht.

Intervjuude käigus esitati kõigile 4 küsimust, mille puhul lisaks vastustele pani küsitleja kirja ka vastajate põhjendused, ettepanekud ja muud kommentaarid. Autoril oli kergem avada vestluse jooksul küsitluse tagamaid tänu oma positsioonile MES lahenduste insenerina ja kuueaastasele kogemusele selles valdkonnas, mis omakorda tegi ka lihtsamaks vastuste mõistmise ja tõlgendamise.

Lisaks intervjuudele korraldas autor ka struktuurse läbivaatuse. Selleks läbiviidud koosolekul osalesid lisaks autorile ettevõtte tootmisjuht ning IT juht. Struktuurse läbivaatuse eesmärgiks on parandada tarkvara rakendatuse kvaliteeti, kaardistada valdkonnad, kus saaks rakenduse kasutamist muuta efektiivsemaks.

## 4. Uurimistöö tulemused

Järgnevates alapeatükkides on esitatud uuritava elektroonikaettevõtte analüüs läbi tema strateegia ning sellest tulenevate sisemiste protsesside ja protsesside täitmise kontseptsiooni. Ülevaade on antud tootmisprotsessi korraldusest, juhtimismeetodina rakendatava tasakaalus tulemuskaardi sisemiste protsesside hindamise osas tootmisele seatud võtmenäitajatest ning LEAN ja Six Sigma põhimõtte rakendamise eesmärkide saavutamisel. MES toimivuse ja rakendamise analüüsi osas on toodud kokkuvõtted läbiviidud intervjuude tulemustest, struktuurse läbivaatuse tulemused, järeldused nendest ja autoripoolsed soovitused ning ettepanekud järgnevateks sammudeks.

### 4.1. Elektroonikaettevõtte tutvustus

Töös käsitletava ettevõtte loomisaeg jääb samasse ajajärku – tegevust alustati Tallinnas aastal 1992, kuuludes rahvusvahelisse kontserni, mis oli üks suuremaid sidetehnoloogiale keskendunud elektroonikatoodete valmistamise teenuse pakkujaid maailmas. Edukamatel aegadel tegutses kontsern neljal kontinendil 14 riigis ning andis tööd kokku 22 000'le inimesele, pakkudes oma klientidele laia teenuste valikut kogu tootetsükli raames, kuhu kuulusid toote disainimine, uue toote juurutamine, sobivate materjalide ja komponentide leidmine, ost ja sissetulev logistika, globaalne tootmine, jaotus ja väljaminev logistika ning müügijärgne teenindus. Kontserni pikaajalised finantsraskused viisid 20. septembril 2011 aastal ettevõtte pankroti. Tallinna äriüksuse tootmistegevus jätkus iseseisvana kogu emafirma pankrotimenetluse jooksul ning nüüdsest jätkub tegevus juba uue omaniku all. Püsijäämise põhjuseks võib ettevõtte pidada oma pea kahekümne aastast kogemust maailma juhtivate elektroonika valmistajatega ning õppinud-kogenud meeskonda, kes on säilitanud ja edasi kandnud kogutud teadmisi-oskusi.

Järgnevas kirjeldatav ettevõtte strateegia ja sellest lähtuvad eemärgid on praegu veel kirjeldatud senikehtinud olukorrast lähtuvalt. Uue omaniku all saavad need kindlasti mõningal määral muutuma, kuid tootmist iseloomustavad näitajad on valdavalt universaalsed ja leivad kasutamist pea kõikides analoogilistes ettevõtetes.

## Ettevõtte strateegia

Suurendada aktsia väärtust läbi tõhusate ja kasumlike tegevuste - pakkudes klientidele tipptasemel teenuseid, tagada ettevõtte kasumi kasv.

Strateegilised eesmärgid (Ettevõtte sisedokumendid 2011):

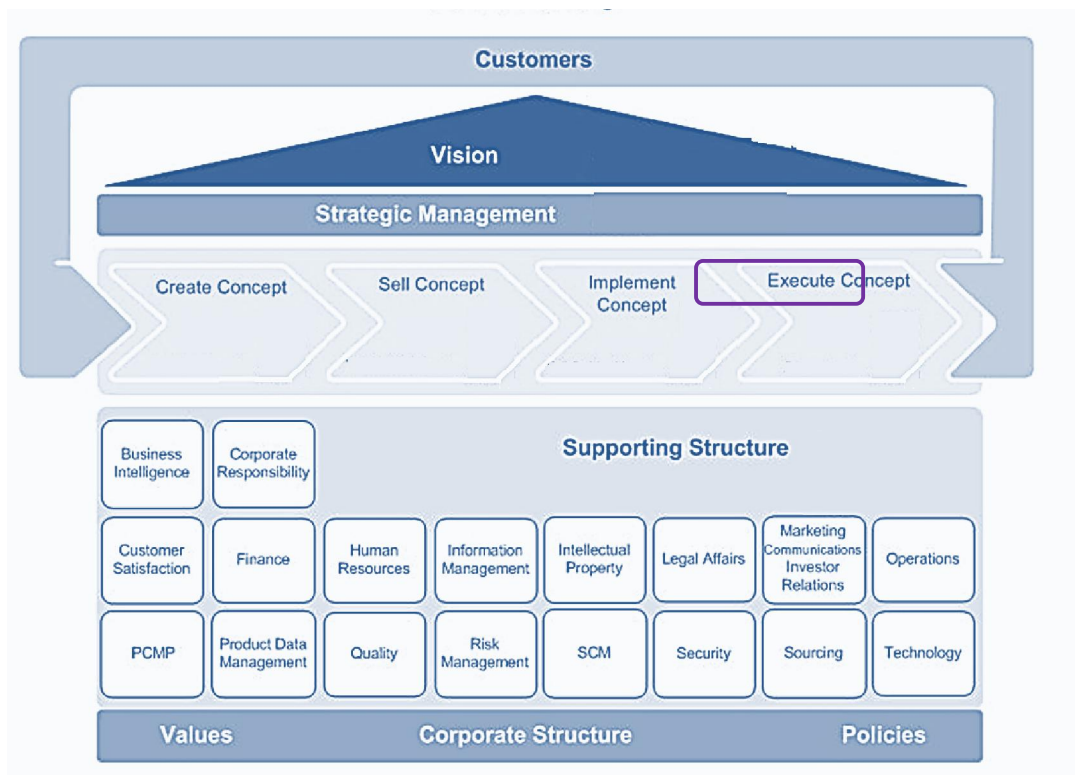
- Kasumlikkus
  - Kõrge marginaaliga tooted
  - Professionaalne tarneahel
  - Efektiivsed protsessid
  - Hea kulude juhtimine
- Tugev meeskond
  - Kvalifitseeritud ja mitmekülgsed
  - Kogemustega töötajad
  - Kõrge motivatsioon ja -tööliste rahulolu
  - Madal firmast lahkumine
- Kindlad ja usaldusväärsed protsessid
  - Protsessid vastavuses firma arendamisega (tagatud kvaliteet, tarnekindlus, auditid, jne)
  - Protsessid on teada ja neid järgitakse (protsesside treeningud, auditid)
- Tugiteenused
  - Toote ja testimise kvaliteet
  - Pädevad insenerid ja hea koostöö



## Organisatsiooni protsessid (Ettevõtte sisedokumentid 2011)

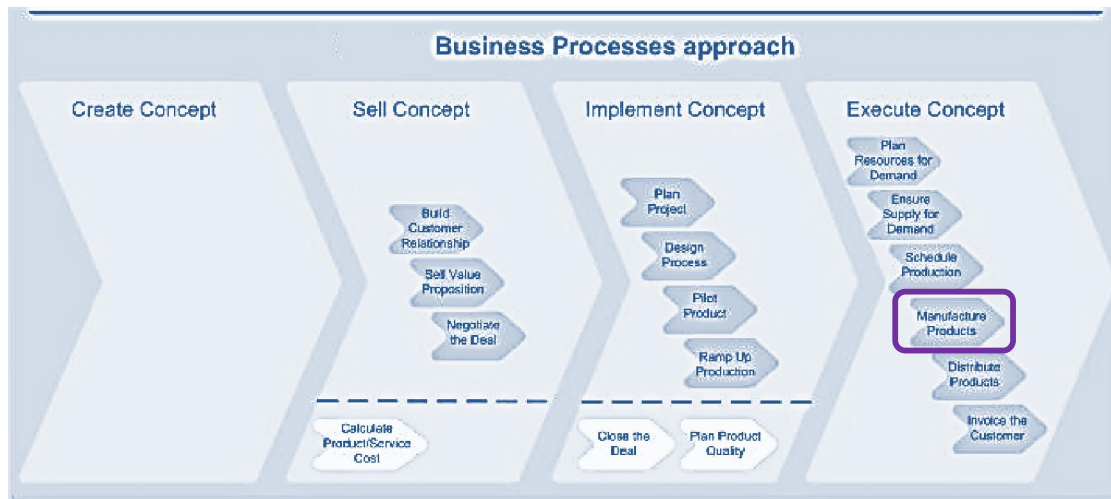
Ettevõtte sisesed protsessid lähtuvad eesmärgist rahuldada klientide vajadused, garanteerida finantstulemus ja toetada kasumlikkuse eesmärke. Lisaks on olulised ka rollid ning vastutusala organisatsiooni sees. Ettevõtte protsessid on jagatud kolme valdkonda – tuumikprotsessid, tugiprotsessid ning juhtimisprotsessid nagu näidatud Joonisel 10.

Tuumikprotsessi all mõeldakse tegevusi, mis aitavad kaasa ettevõtte edukale tegutsemisele põhitegevusalal ning klientide soovide täitmisele. Tugiprotsessid peavad võimaldama kogu organisatsioonil toimida võimalikult sujuvalt kuid nad ei ole ärikriitiline. Tugiprotsessi tegevused kontrollivad ning arendavad tuumikprotsessi tegevusi ning aitavad kaasa väärtuse kasvule pikemaajaliselt. Juhtimisprotsess jälgib tuumikprotsessi tõhusust ja kasumlikkust, neid protsesse vajatakse äri juhtimiseks ja haldamiseks.



Joonis 10: Organisatsiooni protsessid (Ettevõtte sisedokumentid)

## Äriprotsesside üldine kontseptsioon (Ettevõtte sisedokumentid 2011)

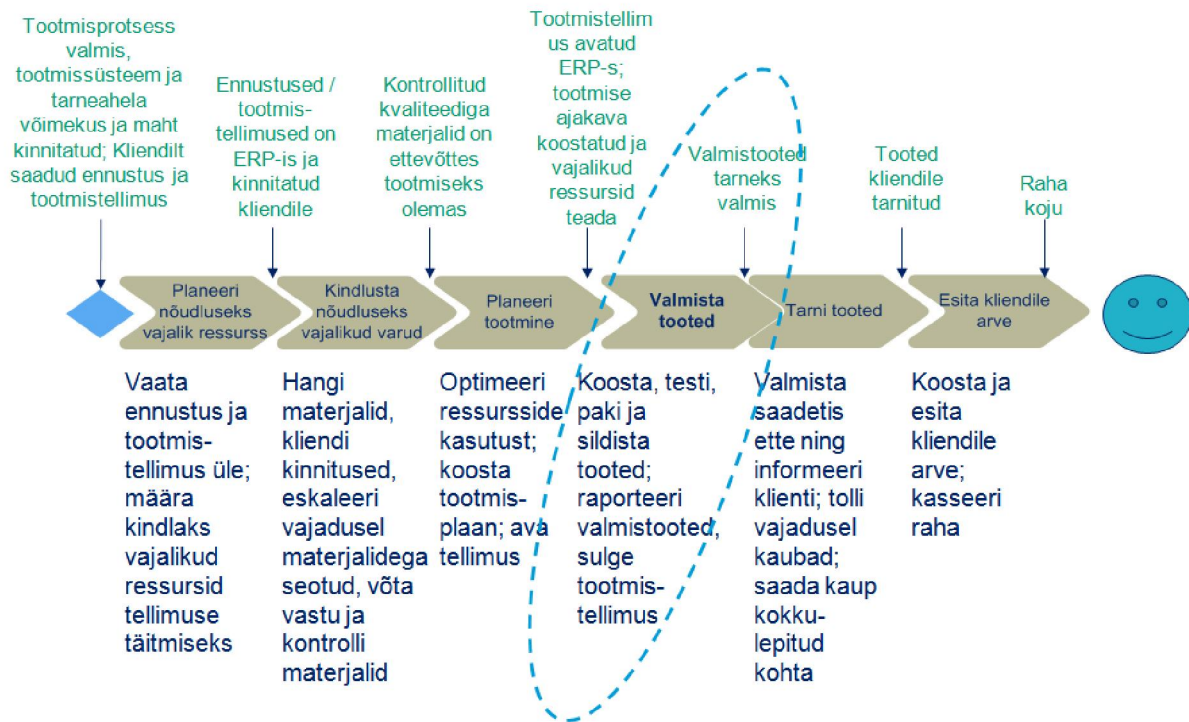


Joonis 11: Äriprotsesside üldine kontseptsioon (Ettevõtte sisedokumentid 2011)

Protsesside täitmise kontseptsioon. (Ettevõtte sisedokumentid 2011)

Protsesside täitmise üldeesmärgiks tagada õigeaegsed terved vastavalt kliendi nõuetele.

Käesoleva töö raames on fookuses täitmise kontseptsiooni (Execute concept) alla kuuluvad tegevused, igal protsessil on oma eesmärk, sisend ja väljund. Tootmistevõtte süsteemi skoop on näidatud katkendjoonega (Joonis 13).. Täitmisprotsess hõlmab endas tegevusi kliendilt tellimuse saamisest kuni selle täitmisest raha saamiseni.



Joonis 12: Ettevõtte protsesside täitmine

Protsesside täpne määratlemine võimaldab neile seada kindlad eesmärgid ja eesmärkide täitmist mõõtvad võtmenäidikud.

Tootmisüksuse võtmenäitajad

Ettevõttes on kasutusel tasakaalustatud tulemuskaardil põhinev juhtimismudel. Tootmisele seatud ja käesolevas töös käsitletavat võtmenäitajad on seotud ettevõttesiseste protsessidega ning on peamiselt suunatud toote või teenuse valmistamistsükli pikkuse ja efektiivsuse hindamisele vajalike ressursside sisseostmisest kauba väljastamiseni ning ostujärgsetele hooldustöödele ja garantiiteenustele.

Tootmisele seatud kohustusteks on:

- Tootmisprotsessi juhtimine
- Toodete kvaliteedi juhtimine
- Tootmiskulude juhtimine
- Tarnetäpsuse juhtimine

Neid tegevuste edukust hinnatakse vastavate võtmenäitajate abil:

Ø Tootlikkus

- Masinladumisliinide kättesaadavus, %
- CUR, võimsuse kasutusaste, %
- PUR, käsiladumine – inimeste kasutusaste %

Ø Läbilaskevõime (vastavalt tootegrupile ja/või kliendile)

- FPY, testi läbilaskeprotsent, %
- RTY, toodete defektivaba valmistamise tõenäosus, %

Ø Toodete kvaliteet

- DPMO, defektide arv miljoni võimaluse kohta
- DPM, defektide arv miljoni kohta

Ø Pretensioonid

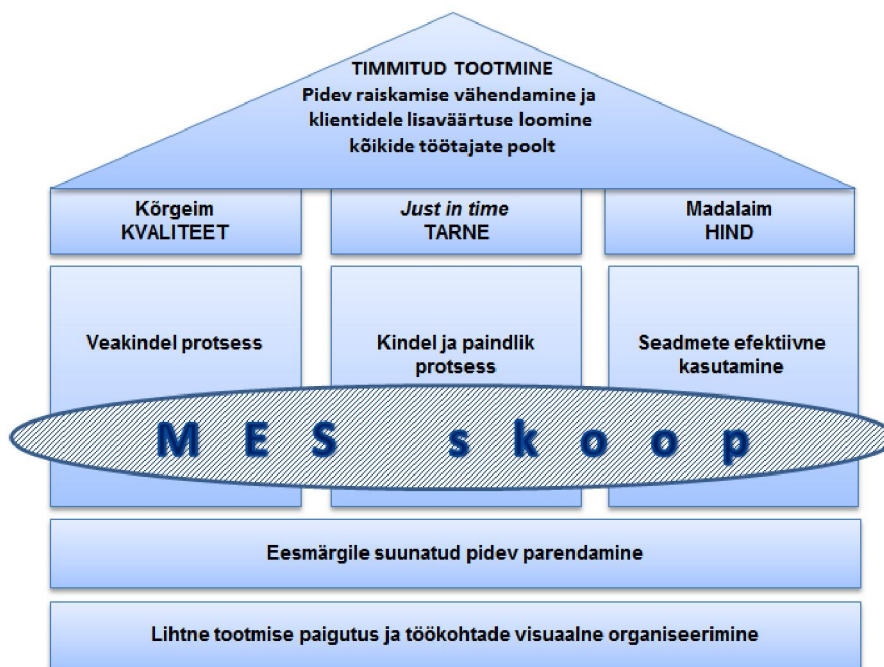
- Kliendi poolt tagastatud toodete koguarv, tk
- Kliendi poolt tagastatud DoA toodete arv (DoA – Dead on Arrival, saabudes mittetöökorras), tk
- Tagastatud toodete remondiaeg, päevad
- Reklamatsioonide tase, DPPM (Mittevastavate osade arv miljoni kohta)

Ø Materjalid

- WIP, töösolevad materjalid (tooted), päevades
- Praak, %

LEAN Sigma põhimõtete rakendamine.

Kõige paremini kirjeldab LEAN Sigma seotust ettevõtte eesmärkide täitmisega alltoodud Joonis 14. MESi funktsionaalsuste kasutamine võimaldab seatud eemärkide täitmist jälgida läbi automaatselt tooteprotsessi käigus kogutavate toodet, läbiminekuvaegu, kvaliteedinäitajate, ressursside kasutamise jms. näitajate analüüsimise. Eelmises punktis kirjeldatud võtmenäitajatest enamus põhineb Six Sigma meetodil.



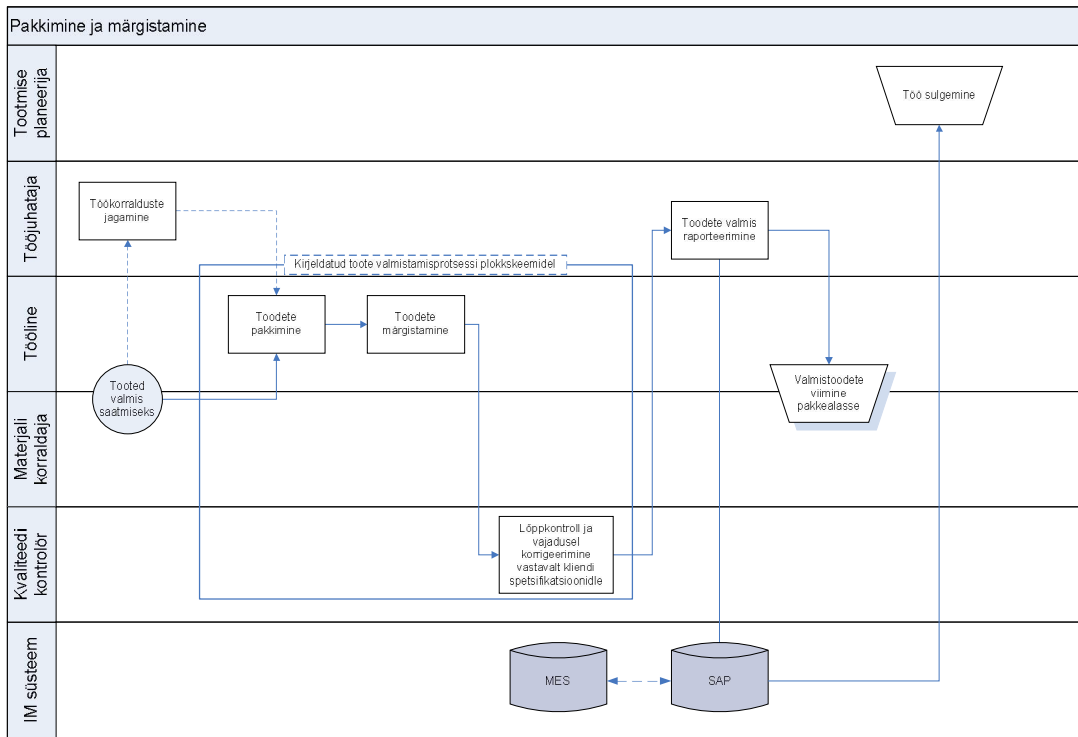
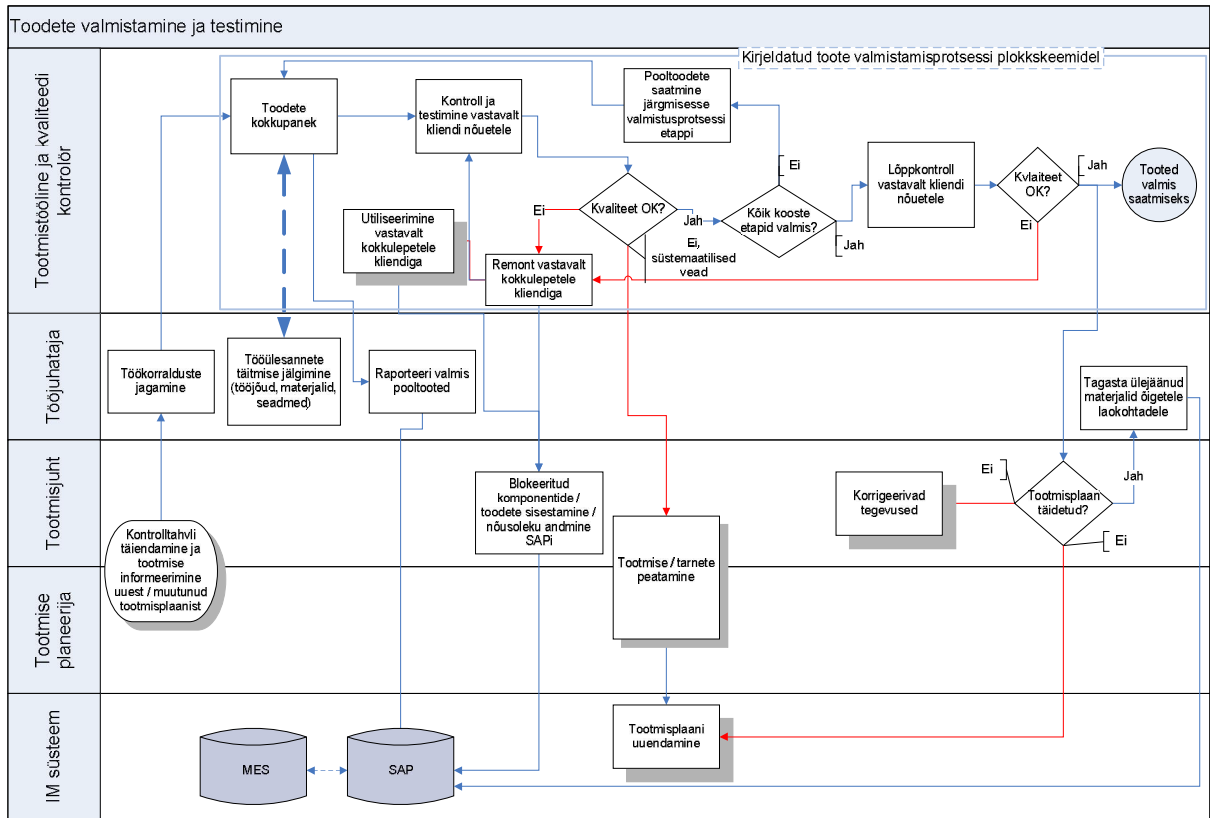
Joonis 13: Elektroonikaettevõtte timmitud tootmise eesmärgid ja alused (Ettevõtte sisedokumendid 2010)

Tootmistegevuse korraldus. (Ettevõtte sisedokumendid 2011)

Tootmistegevuse algatajaks on klienditellimus, mille alusel koostatakse tootmisplaan.

Tooteliinil toimub tootmistegevus vastavalt tootmise planeerija koostatud tootmisplaanile.

Tootmis- või tootejuht korraldab igapäevaselt koosoleku plaanide täitmise ülevaateks ja järgmise tööpäeva tööplaani täpsustamiseks. Iga vahetuse alguses tutvustab tööjuhataja tööliste tootmisplaani ning jagab tööülesanded. Tootmisplaani muudetakse ja täiendatakse vastavalt tootmise seisu muutumistele. Toodete valmistamise detailne protsess on kirjeldatud toote/tootepere valmistamisprotsessi vooskeemil ja tootekohastes tööjuhendites, mille koostab tooteinsener. Toote vooskeemil on näidatud, millistest etappidest tootmisprotsess koosneb, erinevate etappide vahelised seosed ja tootega seotud informatsiooni vood infosüsteemidesse (Joonis 14).



Joonis 14: Toodete valmistamise ja pakkimise vookeem

## 4.2. MES toimivuse analüüs ettevõttes ja autori ettepanekud

Järgnevas on toodud kokkuvõtte EMS ettevõttes läbiviidud uuringust, struktuursest läbivaatusest ja analüüsist tootmistegevuse süsteemi rakendatusest tootmisprotsesside jälgimisel, andmete kasutamisest võtmenäitajate raporteerimisel koos autoripoolsete kommentaaride ja ettepanekutega.

### 4.2.1. Tootmise jälgimine ettevõttes MES abil

Ettevõttes rakendatud MES lahendus võimaldab mitmekülgset ja multifunktsionaalset komplekti omadusi, mis integreerivad ärilahendused tootmisesse, tagades vajadusel täieliku komponendi- ja tootetasemel jälgitavuse.

Rakendatud MES võimaldab:

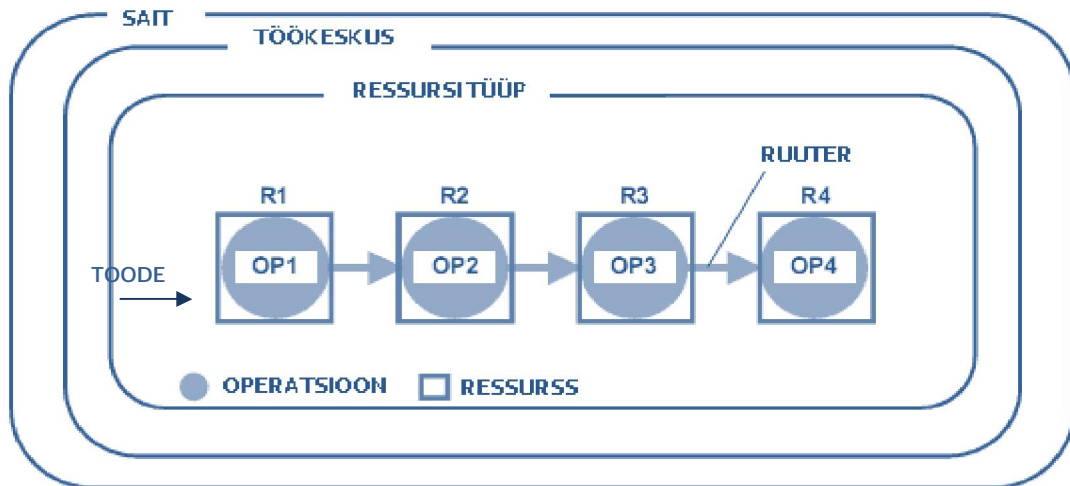
- Andmete kogumise seadmetelt ja tööjaamadest ühtsesse andmebaasi
- Globaalset andmete säilitamist
- Kogutud andmete visualiseerimist
- Automaatseid, kasutaja poolt kohandatud raporteid
- Siltide printimist
- Jälgitavust komponendi tasemeni
- Tootmisvoo kontrolli
- Tehase tasemel materjalihaldust
- Remondikontrolli
- Jms

Elektroonikaettevõttes kasutavas MES rakenduses on süsteemi kasutamiseks loodud ja seadistatud järgmised elemendid:

- Sait (Site)
- Üks või enam ressursi tüüp (Resource Type)
- Tootmistegevusele vastav operatsioon (Operation)
- Operatsioonile vastav ressurss (Resource)

- Toote ruuter operatsioonide järgnevusest (Item Router)
- Töökeskus (Work Centre)
- Toode (Item)
- Toote kohandatud väljad (Item custom fields)

Järgnev skeem illustreerib eelmainitud elementide omavahelisi sõltuvusi MESis.



Joonis 15 Seadistuste sõltuvused MES'is

Järgnevas tabelis on toodud eelmainitud kohustuslike MES'i elementide kirjeldused.

Element	Kirjeldus
Sait	Loogiline või füüsiline koht, kus äritegevus toimub. MES'i kasutamiseks peab eksisteerima vähemalt üks.
Ressursi tüüp	Seadme või tootmistöövahendi kategooria, nagu näiteks tester või ladumismasin. Näiteks ressursid funktsionaaltester ja integraalsüsteemi tester on võimalik kategoriseerida ühe tüübi "testrid" alla.
Operatsioon	Üks protseduur, mida teostatakse ühel ressursil. Teiste sõnadega on see tootmisprotsessi üks põhisamm.
Ressurss	Tootmiseseade või -töövahend, mida kasutakse



	tööoperatsiooni teostamiseks. Näiteks lihtsam töövahend, kruvikeeraja või keerukam, ladumismasin.
Ruuter	Sammude (operatsioonide) kogum, mis on vajalikud toote või selle teatud osa valmistamiseks. Ruuter esitab kõikide toote valmistamiseks vajalike sammude kogumi, mis on konkreetsele tootele ette seatud.
Töökeskus	Ala või valdkond, mille moodustavad ressursid. Vähemalt üks töökeskus peab olema määratud MES'is.

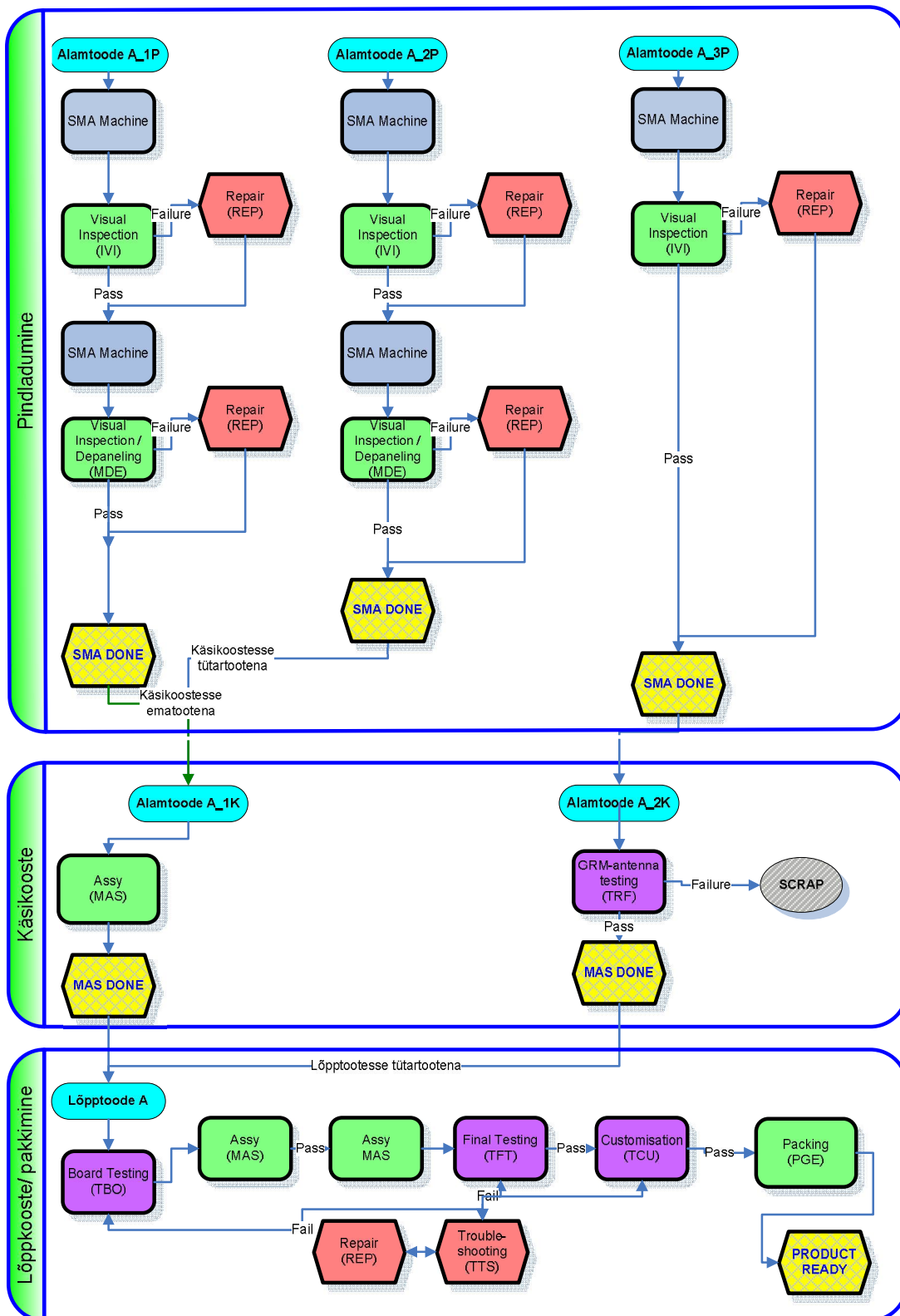
Tabel 4 MES kohustuslike elementide kirjeldus

Tootmistegevuse süsteemiga tootmise jälgimine põhineb tootmissündmuste alustamise ja lõpetamise sõnumite saatmises andmebaasi.

Tootmissündmuste sõnumiteks MES mõistes on start (Start), lõpetatud (Complete), mittevastavus (Non-conformance) ja parameetrilised andmed (Parametric Data).

Neid sündmusi „tekitavad“ tootmisoperaatorid toote valmistamisel MES rakenduse töölaudu kasutades, registreerides igas ettenähtud operatsioonis toote seerianumbri või automaatsed süsteemiga liidestatud testrid (Joonis 15, Toote A vooskeem).

Kõikidest skeemil näidatud etappidest (operatsioonidest) on koostatud tootele vastav ruute tootmistegevuse süsteemis ning nendest toimubki andmete saatmine ja salvestamine tootmistegevuse süsteemi.



Joonis 16: Toote A vooskeem MESist nähtuna

#### 4.2.2. Struktuurse läbivaatuse tulemused

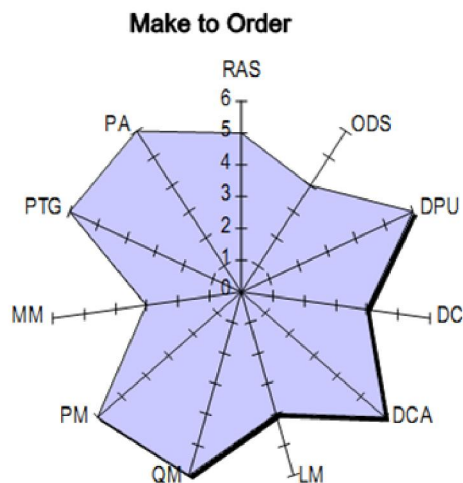
Ettevõttes kasutatava MES tarkvara kvaliteedi ja rakendamise efektiivsuse hindamiseks on võetud aluseks LogicaCMG MES Competence Centre poolt igaaastaselt koostatavas MES tarkvarade võrdlusraportis „MES Product Survey 2003“ toodud vastavushinnangud ISA95 ja MESA -11 standardile. (Logica 2003)

Struktuurse läbivaatuse koosolekul võrreldi neid MES tarkvara hankimise aluseks olnud ettevõtte poolt koostatud nõuetega (Lisa 2) ning hinnati praeguseks saavutatud ja mõnes mõttes ka alles jäänud tegelikult rakendatud funktsionaalsuse aspektis. Hinnangud on antud silmas pidades MESA 11 funktsionaalsust, mis on kirjeldatud Tabelis nr.3 ja hinnangu andmisel kasutati sama skaalat, mida kasutati erinevate rakenduste hindamiseks raportis. Erinevuseks ainult toetamise asemel kasutatud sõna rakendatud.

Raportis esitatud hinnangud on antud kasutades järgnevat hindamisskaalat (1-6), kus

- 1 - Rakendus ei toeta ühtegi MESA/ISA95 poolt defineeritud funktsiooni
- 2 - Rakendus toetab mõnda MESA/ISA95 poolt defineeritud funktsiooni, kuid vähem kui 20%. Rakendus on võimeline teostama üksikuid ülesandeid, kuid mitte laiaulatuslikult.
- 3 - Rakendus vastab umbes 20 -40% funktsioonidele, kuid ei ole mõeldud teostama keerukamaid ülesandeid selles valdkonnas.
- 4 - Rakendus katab 40-60% funktsioonidest ning sobib enamikule keskmistest ettevõtetest
- 5 - Rakendus katab 60-80% funktsioonidest ja on spetsiaalselt loodud nende ülesannete täitmiseks ka keerukates ja suure koormusega (tootmis-) keskkonnas
- 6 - Rakendus katab 80-100% funktsioonidest ning vastab oma klassi parimatele (üksik-) rakendustele selle funktsiooni valdkonnas.

Võrdlusraportis MESA poolt kirjeldatud 11 funktsioonile (kirjeldatud Tabel 1) ja ISA95 funktsioonidele ja informatsioonivoogudele (vt. Joonis 9) vastavust kirjeldavad graafiku legendid:

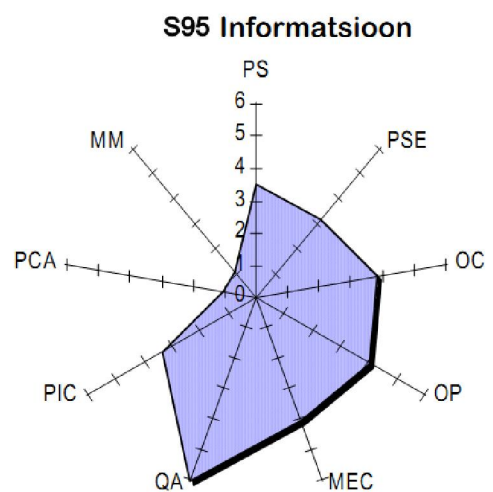
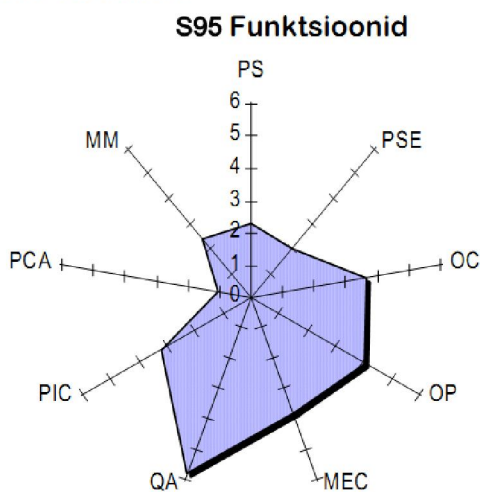


**Legend**

RAS	Resource Allocation and Status (1)
ODS	Operations/Detail Scheduling (2)
DPU	Dispatching Production Units (3)
DC	Document Control (4)
DCA	Data Collection/Acquisition (5)
LM	Labor Management (6)
QM	Quality Management (7)
PM	Process Management (8)
MM	Maintenance Management (9)
PTG	Product Tracking and Genealogy (10)
PA	Performance Analysis (11)

Joonis 17: MESA funktsioonidele vastavus (Logica 2003)

**S95 vastavus**



**Legend**

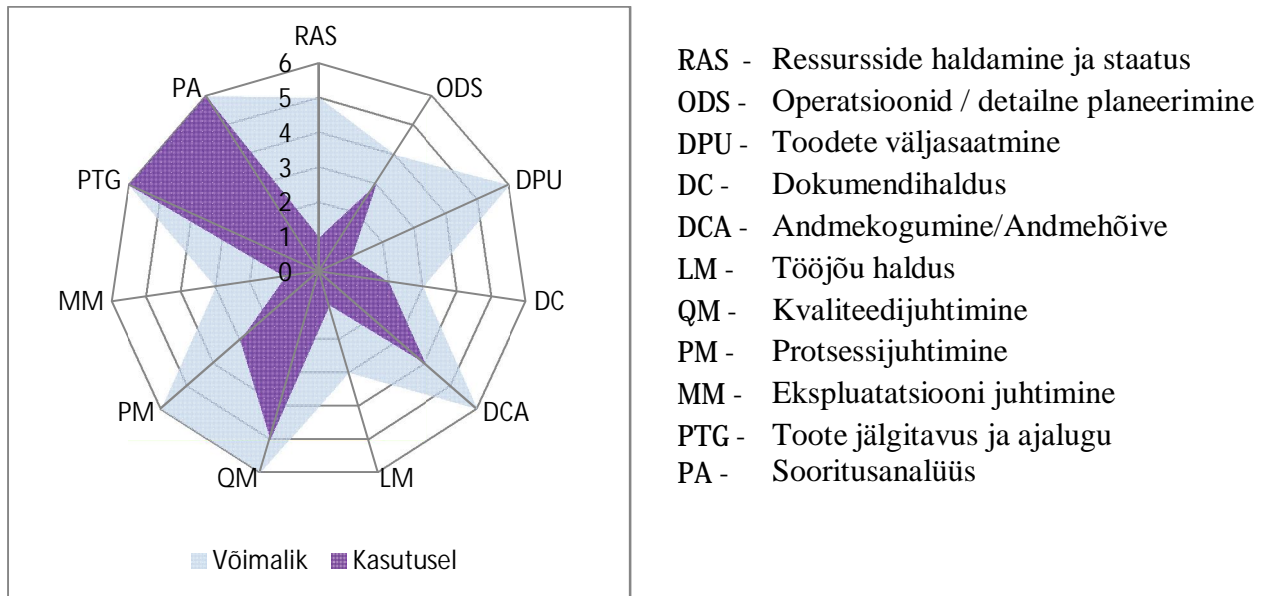
PS	Tootmise planeerimine (2.0)
PSE	Tootmisprotsessi tugi (3.1)
OC	Operatsioonide jälgitavus (3.2)
OP	Operatsioonide planeerimine (3.3)
MEC	Materjali- ja energiahaldus (4.0)

**Legend**

QA	Kvaliteedikontroll (6.0)
PIC	Tootevaru kontroll (7.0)
PCA	Toote hinnaarvestus (8.0)
MM	Hooldus (10.0)

Joonis 18: Ettevõtte MES rakenduse vastavus ISA95 standardile (Logica 2003)

Rakenduse kasutamisele tootmise jälgimise vahendina antud hinnangud on kajastatud alljärgneval skeemil:



Joonis 19: Tarkvara võimaluste tegelik kasutamine ettevõttes

Nagu ka skeemilt näha on, ei kasutata tarkvara poolt võimaldatavaid kõiki funktsionaalsusi. Sellel on mitu põhjust – praeguseks allesjäänud kliendi toodete valmistamisel ei ole kogu protsess jälgitav MESis, osa sellest (käsiladumine ning testimine) toimub kliendi enda süsteemiga. Jälgitavus on tagatud masinladumise ja pakkimise osas. Samuti on oma osa majandustarkvara vahetusest tingitud liidestuse katkemisel majandustarkvara süsteemiga. Emaettevõtte pankrott tingis üleminekuprojekti lõpetamise enne kõikide varem eksisteerinud funktsionaalsuste ja integratsioonide taastamist.

Peamiseks kasutatavaks funktsionaalsuseks on toodete jälgitavus, kvaliteediandmete kogumine ja sooritusanalüüs.

Lisaks sellele sai hinnatud ning võrreldud MES tarkvara sobivust tootmisele seatud punktis 4.1 kirjeldatud võtmenäitajate mõõtmiseks.

Hindamine toimus järgmise skaala alusel:

1 - Ei toeta seda funktsiooni / Ei rakendata selle funktsiooni jaoks

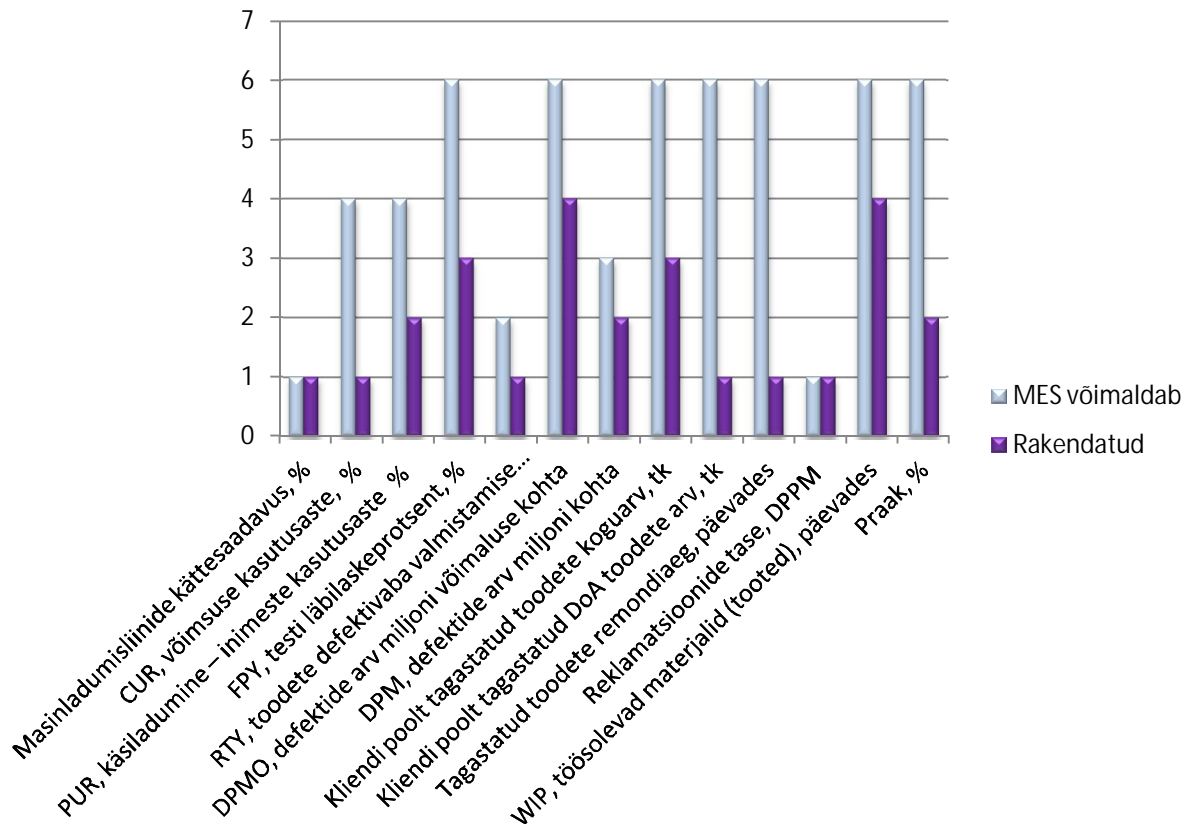
2 - Toetab vähem kui 20 % ulatuses, täites vaid üksikuid funktsiooni osi / Rakendatakse vähem kui 20 % ulatuses

3 - Katab 20 – 40% vajadusest / rakendatakse 20 – 40% võimalikust

4 - Võimaldab 40 – 60% vajalikest funktsioonidest / rakendatakse 40 - 60 % ulatuses

5 – Katab 60 – 80% vajalikest funktsioonidest / rakendatakse 60 - 80 % ulatuses

6 – Sobib 80 – 100% ulatuses / Rakendatakse 80 – 100% ulatuses



Joonis 20: MES kasutamine võtmenäitajate jälgimiseks

Nagu skeemilt nähtub, on MES näol tegemist siiski võimeka töövahendiga, kuid erinevatel põhjustel kasutatakse teda siiski praegu äärmiselt väheses ulatuses võtmenäitajatega seotud andmete jälgimiseks. Kahe näitaja mõõtmiseks MESis otsene võimalus puudub, st. sellekohast otsust süsteemisest raportit ei eksisteeri, kuid kuna need näitajad – kättesaadavus ja DPPM - on tegelikult arvutatavad näitajad, siis arvutusteks vajalikud algandmed on MESi siiski olemas.

Struktuurse läbivaatuse eesmärk oli tuvastada lõhe võimaluste ja tegeliku kasutamise vahel, mis sai ka täidetud.

### 4.2.3. Intervjuu tulemuste analüüs

Intervjuude läbiviimise põhieesmärgiks oli ülevaate saamine MES kasutavusest elektroonikaettevõtte strateegilistest eesmärkidest lähtuvate sisemiste protsesside toetamiseks ja võtmenäitajate jälgimiseks.

Vestlusel esitatud küsimuste abil soovis autor välja selgitada kuivõrd tootmistegevuse süsteem on kasutajatele lihtsalt andmete sisestamise ja kogumise kohaks, mida kasutatakse vaid kliendile vajadusel teatud raportite koostamiseks või kasutatakse seda siiski ka oma tegevuse analüüsimiseks ning selle põhjal otsuste tegemiseks oma tegevuse efektiivsemaks muutmisel ja seatud eesmärkide poole liikumisel.

Vastused esitatud küsimustele kirjeldasid sarnaseid aspekte sõltuvalt vastaja ametipositsioonist, seega vastuste analüüsimisel on tulemused välja toodud just lähtuvalt sellest.

Küsitletutest neli on oma ametilt operaatorid, kelle otsesteks ülesanneteks on toodete valmistamine erinevates tootmise etappides ja sellega seoses nende tootmissündmuste registreerimine MESis. Operaatorite peamine kohustus on jälgida, et kõik määratud operatsioonid sooritatud ettenähtud järjekorras ja need süsteemis registreerida, tagada sujuv tootmisprotsess.

Oma töö kontrollimiseks kasutavad nad valdavalt seerianumbripõhised aktiivsuse raporteid ja ka toote ajaloo andmeid, jälgivad tellimuse täidetuse taset. Vestluse käigus toodi välja soov omada tootmise hetkeseisust visuaalset ülevaadet otse tootmisliinil. Visuaalne ülevaade võiks kuvada hetkel töös olevate ja järjekorras ootavate toodete arvu vastavalt operatsioonidele. Võtmenäitajate raporteerimise otsest kohustust neil pole.

Erinevaid toote inspekterimisülesandeid täitvatele operaatoritele oleks abiks interaktiivse tooteskeemi kasutamise võimalus koos toote BOM kohaste komponentide nägemisega sellel otse tootmistegevuse süsteemi vigade registreerimise töölaual.

Tooteinseneride osas on tootmistegevus süsteemi ja selle andmete kasutamisele lähenemine täiesti erinev. Tooteinsenerid on vastutavad toote algandmete ja tooteinformatsiooni korrektsuse eest tootmistegevuse süsteemis. Üks küsitlusest piirdub vajalike andmete ettevalmistamisega operaatorite jaoks ning andmete saamisega kliendile esitatava raporti jaoks (väljasaadetavate toodete informatsioon automaatselt raportist. Teine intervjueritu kasutab aga tootmistegevuse süsteemi kogu tootmisprotsessi juhtimiseks, analüüsimiseks, kvaliteedi hindamiseks ja prognooside tegemiseks. Vahe nende kasutusviisides tuleneb ilmselt ka asjaolust, et ühel puhul on toode kaetud täies ulatuses MES jälgitavusega, teisel juhul on kaetud ainult masinladumise ja pakkimise osa.

Puudusena on märgitud ebamugavus andmete kättesaamisel ja vajadus enamate raportite järgi. Täies mahus rakendatuna tagab tootmistegevussüsteem andmete olemasolu erinevate lisaraportite genereerimiseks. Kindlasti vajab taastamist automaatne tooteandmete ülekandmine ERP süsteemist, selle puudumine tekitab palju asjatut ajakulu ning veaohu andmete käsitsi sisestamisel.

Töödejuhatajate kohustuseks tootmistegevusesüsteemi vaatenurgast on avada ja sulgeda tootmistellimusi vastavalt valmistavale tootmisliinile, jälgida nende täitmist, probleemide ja takistustekorral koheselt reageerida, et tagada sujuv tootmisprotsess. Ka siin võis täheldada erinevat moodi lähenemist tootmistegevussüsteemi kasutusele: ainult nõutud tegevuste tegemine ja vastandina tööprotsessi kulgemise jälgimine ja juhtimine. Võtmenäitajate raporteerimise otsest kohustust ei ole, kuid on algandmete esitajateks.

Tööprotsessi paremaks jälgimiseks oleks ka töödejuhatajate meelest abi visuaalsest andmete kuvamisest otse tootmisliinile. Lisaks sooviti võimalust registreerida tootmistegevuse süsteemi ka andmeid tootmisprotsessi ootamatute plaaniväliste katkestuste kohta, et oleks võimalik neid hiljem analüüsi tegemiseks ja olukorra raporteerimiseks kasutada. Praegu peetakse katkestuste üle arvestust käsitsi ja esitatakse raportina iga vahetuse lõpus.

Remondigrupi juhi kohustuseks on tagada remonditud toodete ajalugu ning kvaliteediandmed. Praegusel hetkel kasutatakse toodete remontimisel andmete sisestamist tootmistegevuse süsteemi vaid masinladumise liinil visuaalse kontrolli käigus leitud vigade ja pistelises



kvaliteedikontrollis põrunud toodete kohta. Seetõttu pole ka võimalik sügavamalt hinnanut MES toimimisele anda.

Samas on laialdasemaks kasutuseks võimalusi palju. Välja sai toodud võimalus viia tootmistegevuse süsteemi üle kogu järelturu teenustega seotud toodete jälgimine. Samuti on vajalik tootmistegevuse süsteemis kasutada ära juba olemasolev võimalus jälgida kliendi poolt tagastatud toodete remondikäiku koos kogu toote senise ajaloo kättesaadavusega.

Kvaliteediinsener vastutab toodete kvaliteedinäitajate ja nendel põhinevate analüüside ja prognooside tegemise eest. Tooteid ja neid puudutavad vigade informatsiooni algmaterjal pärineb tootmistegevuse süsteemist, kuid ainult nendel, mida sellega jälgitakse.

Puudusteks märgiti automaatse DPMO arvutamise puudumist tootmistegevuse süsteemis ning erinevate statistiliste protsessi kontrollimiste võimaluse puudumine.

Olemasolev rakendus võimaldab veakoodid siduda vastava DPMO grupiga ja lisada vigade sisestamisele SPC automaatseid graafikuid.

Planeerijate kohustuseks on tagada tellimuste olemasolu tootmistegevuse süsteemis ning nende täitmise planeerimine. Samuti on nende kohustuseks raporteerida töösolevate toodete hulk võtmenäitajate tulemuste hulka.

Jälgitavate toodete osas on töösolevate toodete arvu saamiseks allikaks tootmistegevuse süsteem. Samuti kasutatakse MESi tellimuse täitmise edenemise hindamiseks ja järgmiste etappide töö kavandamiseks.

Suurimaks puuduseks on automaatne toodete, retseptide ja tellimuste edastamine ERP süsteemist.

Tootmisjuht, tehnoloogiajuht ja kvaliteedijuht ise otseselt tootmistegevussüsteemi ei kasuta, kuid saavad andmeid võtmenäitajate raporteerimiseks oma alluvatelt, kes teatud osas saavad need tootmistegevuse süsteemist. Põhjuseks vähese kasutamise osas toodi esimese põhjusena mugavate raportite puudumine ja osalt ka oskuse puudumine olemasolevaid raporteid kasutada.

Vestluste lõpus esitas autor ka kõigile ühe lisaküsimuse, mida küsimuste nimekirjas pole, nimelt küsis arvamust, kas MESi on vastaja arvates üldse tarvis ja kelle vajadusest lähtuvalt. Sellele küsimusele antud vastused olid kõikide poolt üksmeelsed – tootmistegevuse süsteemi on kindlast vaja eelkõige ettevõttel endal, ilma selleta oleks ülimalt keeruline hinnata tegelikku tootmise seisu. Alles seejärel võimalus ja kohutus tagada kliendinõuete tagamine.

Autori ettepanekud ja edasised tegevused.

Nagu intervjuude analüüsimisest selgus, on vajadus tootmistegevuse süsteemi kasutamiseks olemas kõikidel tootmisprotsessis osalevatel töötajatel. Olemasolev tarkvararakendus võimaldab jälgida enamusi võtmenäitajateks defineeritud mõõdikuid, kuid peamine välja toodud puudus on nende mugav kättesaamine ja visuaalne esitamine. Teataval määral oli ka tajutav osade küsitlute teadmatuse tootmistegevuse süsteemi funktsionaalsusest.

Selleks, et olukorda parandada pakub autor välja järgmise tegevuskava:

- Ü Viia läbi näidissessioon MESi kasutamisest kõikide võimalike olemasolevate funktsioonide kasutamisega;
- Ü Uus koolitusring kasutajatele, mis lõppeks koolitatavate teadmiste kontrolliga;
- Ü Juhtkonna ja osakondade koosolekutel võtta paberraportite kõrval kasutusele tootmistegevuse süsteemi automaatsed raportid;
- Ü Varustada tootmisliinid ekraanidega, millel on näha reaalajas tootmise seis;
- Ü Algatada ja viia ellu projekt MES (taas)liidetamiseks ERP süsteemiga;
- Ü Algatada ja viia ellu projekt kõikide toodete jälgimise võimaldamiseks tootmistegevuse süsteemis;
- Ü Uurida olemasoleva tarkvara võimalusi lisainformatsiooni talletamiseks tootmistegevuse süsteemis;
- Ü Algatada ja viia ellu projekt järelturu toodetega seotud tootmisosa viimiseks MESi

Kokkuvõtvalt võib öelda, et olemasolev tootmistegevuse süsteem on võimeline täitma rohkem ülesandeid ja funktsioone kui see, milleks teda seni on rakendatud. Peale ülaltoodud tegevuste ja projektide eluviimist peaks tootmistegevuse süsteem toetama peaaegu kõiki tootmisega seotud äriprotsesse ja võimaldama eesmärkide poole liikumise üle otsustamiseks vajalikke näitajaid.

## Kokkuvõte

Edukat äritegevust, sõltumata majandusharust, iseloomustab võime koheselt reageerida sisemiste ja väliste äriprotsesside, strateegia ja kliendinõuete muutustele tema tegevuskeskkonnas. Võtmeks selle saavutamisel on ajakohane ja täpne informatsioon.

Äritegevuse tõrgeteta toimimiseks ja ettevõtte juhtimiseks vajalike otsuste tegemiseks eesmärgiga siduda protsessijuhtimine tootmistegevuse ja ärijuhtimisega ning automatiseerida nendevaheline infovahetus on välja töötatud infosüsteem nimetusega Manufacturing Execution System – MES, mida eesti keeles võik nimetada tootmistegevuse süsteemiks.

Käesoleva magistritöö peamisteks ülesanneteks olidki

- Ø anda eestikeelne ülevaade MES mudelist
- Ø analüüsida MES kasutamise sobivust elektroonikaettevõtte strateegilistest eesmärkidest lähtuvate sisemiste protsesside toetamiseks ja võtmenäitajate jälgimiseks

Uuritavas elektroonikaettevõttes on tootmistegevuse süsteem olnud kasutusel aastast 2005, kuid siiski ei kasutata seal olevaid andmeid juhtimisotsuste tegemisel. Sellest tulenes ka uuringu hüpotees – MESi potentsiaal on täies mahus kasutamata, tootmisprotsessi jälgimisest saadavat infot ei rakendata efektiivselt igapäevatöös.

Magistritöö eesmärkide täitmiseks koostas autor eestikeelse ülevaate tootmistegevuse süsteemi olemusest, sellele rakendatavatest normidest ja standarditest.

Integreeritud tootmistegevuse süsteemi peamised ülesanded on kokkuvõtvalt järgmised:

1. Ressursside haldamine ja staatus
2. Operatsioonid / detailne planeerimine
3. Toodete väljasaatmine
4. Dokumendihaldus
5. Andmekogumine/Andmehõive
6. Tööjõu haldus
7. Kvaliteedijuhtimine
8. Protssijuhtimine

9. Eksploatatsiooni juhtimine

10. Toote jälgitavus ja ajalugu

11. Sooritusanalüüs

Rakendamise eesmärgid võib kokku võtta järgneva:

- Tagada standardne tööprotsess võtmenäitajate meetodit kasutades, et juhtida üldist toimimist
- Võimaldada pidev protsesside parendamine
- Saavutada kõrgem seadmete kasutusaste
- Tagada tootmisoperatsioonide nähtavus

Täpsem ülevaade tootmistegevuse süsteemist on toodud käesoleva töö teises peatükis.

MESi kasutamise analüüsi käigus täideti ka järgmised vahe-eesmärgid:

- anti ülevaade MESi rakendatusest äriprotsesside toetamisel uuritavas ettevõttes, leida kitsaskohad
- uurimustulemustest lähtuvalt koostati ettepanekud ja tegevuskava edaspidisteks sammudeks, et tagada vajaliku info ajakohane kättesaadavus tootmistegevuse süsteemist.

Nende tulemuste saavutamiseks viis autor läbi kvalitatiivse uuringu struktureerimata intervjuude näol, osavaatluse ja kasutatava MES tarkvara struktuurse läbivaatuse. Uurimistulemused on täpsemalt kirjeldatud peatükis neli.

Uurimustulemuste põhjal leidis kinnitust esialgne hüpotees, mille kohaselt MESi täit potentsiaali tootmise ja võtmenäitajate jälgimiseks ning seeläbi äriprotsesside toetamisel ei rakendata. Autori hinnangul on MES sobilik ja võimas töövahend ettevõtte äriprotsesside toetamiseks.

Selleks, et MES oleks tõepoolest töövaheniks äriprotsesside juhtimisel, tuleb

- Tootmistegevuse süsteemi info viia nõupidamiseruumi – rakendada tootmise informatsioon ja tehnoloogia juhtidele täpse aja ajakohase informatsiooni esitamiseks, võimaldada analüüsid koos detailandmete ja ärianalüüsi töövahenditega.
- Pidevalt täiustada tootmist, et tagada selle tipptase. Kasutada ära LEAN Sigma ja teisi kvaliteedimeetodeid hoidmaks pidevalt sihikul parandamisvõimalusega valdkondi, teha parandused ning liikuda edasi järgmisesse olulise tähtsusega valdkonda.

Suuremateks väljakutseteks selles on:

- Leida võtmenäitajad, mis ühtlustaksid tootmise ja kauba väljasaatmise;
- Protsesside toetamiseks tagada nähtavus erinevatele andmeallikatele, lihtne ligipääsetavus informatsioonile ja võimalus analüüsimiseks;
- Optimeerida tegevusi ja parandada tootlikkust;
- Parandada otsustamisprotsessi, tõsta toodete valmistamise efektiivust ja tagada tippasemel tootmine;
- Saavutada „ainsa tõe“ olukord ettevõtte ulatuses.

## Lühendid

API	Application Programming Interface
BOM	Bill of Material
CRM	Customer Relationship Management
DSS	Decision Support Systems
EIS	Executive Support Systems
EMS	Electronic Manufacturing Services
ERP	Enterprise Resource Planning
ISA	International Society of Automation
JIT	Just In Time
MES	Manufacturing Execution System
MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association
MIS	Management Information Systems
NPI	New Product Introduction
OEM	Original Equipment Manufacturer
PERA	Purdue Enterprise Reference Architecture
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SCM	Supply Chain Management
SPC	Statistical Process Control
SQL	Specified Quality Level
TQM	Total Quality Management
TPS	Toyota Production System
TPS	Transaction Processing Systems
WIP	Work -in-Progress or Work-in-Process

## Kasutatud kirjandus

1. Aberdeen Group (2006), The Manufacturing Intelligence Benchmark Report: Bridging the ERP and Shop Floor Divide, [http://www.aberdeen.com/Aberdeen-Library/3594/BM\\_Manufacturing\\_Intelligence\\_3594.aspx](http://www.aberdeen.com/Aberdeen-Library/3594/BM_Manufacturing_Intelligence_3594.aspx) (21.02.2012)
2. Atkinson, A.A., Kaplan, R.S., Matsumura, E.M., Young, S.M. (2012). Management Accounting: Information for decision making and strategy execution., Harlow: Pearson Education Limited
3. Bose R, 2006, Understanding management data systems for enterprise performance management", Industrial Management & Data Systems, Vol. 106 Iss: 1 pp. 43 – 59
4. Brandl D., Owen P. (2003), A Tutorial on the ANSI/ISA95 Enterprise/Control System Integration Standard, University of Cambridge, Institute of Manufacturing, presentation
5. Jalonen, H.; Lönnqvist, A. (2009). „Predictive business – fresh initiative or old wine in a new bottle.“ Management Decision, Volume 47, Number 10, lk. 1595-1609
6. Kaplan, R. S., Norton, D. P. (2003). Tasakaalus tulemuskaart: strateegialt tegudeni. USA: Harvard Business School
7. Kletti J., (2007), „Manufacturing Execution System \_MES“, Springer Berlin Heidelberg New York, ISBN 978-3-540-49743-1
8. Leimann, J., Skärvad, P.-H., Teder (2003), J. „Strateegiline juhtimine“, Tallinn, kirjastus „Külim“
9. McCellan M, (2001) „Introduction to Manufacturing Execution Systems“, MES Conference & Exposition paper, June 4-6, 2001, Baltimore, Maryland
10. MESA (1997) “The Benefits of MES: A Report from the Field”, MESA White Paper #1, <https://services.mesa.org/ResourceLibrary> (21.03.2012)
11. MESA (1997) „MES Explained: A High Level Vision“, MESA International – White Paper #6, <https://services.mesa.org/ResourceLibrary> (22.04.2012)
12. Meyer H., Fuchs F., Thiel K. (2009), „Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning and Deployment“, The McGraw-Hill Companies, Inc, ISBN: 978-0-07-162602-6

13. Miina A. (2007), „Samm efektiivsuse poole – väärtusahela kaardistamine“, Äripäev 29.08.2007; [http://www.ap3.ee/?PublicationId=31503ED6-39D4-4163-9D98-74AA1E3959CE&code=3692/new\\_eri\\_artiklid\\_369203](http://www.ap3.ee/?PublicationId=31503ED6-39D4-4163-9D98-74AA1E3959CE&code=3692/new_eri_artiklid_369203) (11.02.2012)
14. Moorits V. (2009), „Lean tootmine tagab edu.“, [http://www.echo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=53&Itemid=63&lang=et](http://www.echo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=63&lang=et) ( 02.03.2012)
15. Paju T. (2001), Six Sigma – efektiivne ja tulus investering, mai 2001 , ajakiri "Direktor" <http://www.director.ee/six-sigma-efektiivne-ja-tulus-investering/> 02.03.2012
16. Porter M. E. (1998). Competitive advantage: creating and sustaining superior Performance, Simon and Schuster Publishing, New York.
17. Rääk, V. (2007). „Ärimudel ei ole püha lehm – innovatsioonihorisont laiemaks!“ Ajakiri Direktor , märts 2007 ; <http://www.director.ee/rimudel-ei-ole-pha-lehm-innovatsioonihorisont-laiemaks/> (03.03.2012)
18. Scholten, B. (2009), „MES Guide for Executives: Why and How to Select, Implement and Maintain a Manufacturing Execution System“, International Society of Automation, ISBN 978-1-9360007-03-5
19. Tammaru, T. (2007). Protsessid. Sissejuhatus. Lukk, K. (Toim.), Organisatsiooni käsiraamat. Tallinn: Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus
20. Tepandi, J., Tarkvara kvaliteet ja standardid. Versioon 23.11.2011, Tallinna Tehnikaülikooli Informaatikainstituut, <http://www.ttu.ee/users/tepani/we-tk.html> (01.04.2012)
21. Viilup L., (2011), „Organisatsioonid ka IT rakendamise“, Project EE/06/B/FPP-169000 Learning Materials for Information Technology Professionals (EUCIP-Mat), <http://www.e-uni.ee/e-kursused/eucip/juhtimine/> (19.03.2012)
22. Ward, J.& Peppard, J. (2002) ,“ Strategic Planning for Information Systems“, Chichester, Wiley , United Kingdom
23. Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Electronics\\_manufacturing\\_services](http://en.wikipedia.org/wiki/Electronics_manufacturing_services) (01.03.2012)



## Lisad

### Lisa 1. Uurimisküsimused.

1. Kas kasutate ja millisel moel MES-i igapäevatoos? Millises valdkonnas?
2. Kas ja millist infot MES-ist kasutate igapäevases töös? Millisel eesmärgil kasutate infot – tootmise olukorra hindamiseks, otsuste tegemiseks, muul otstarbel?
3. Milliste tootmisele seatud võtmenäitajate mõõtmiste tulemuste saamiseks ja jälgimiseks kasutate MES-i?
4. Millist infot sooviksid lisaks? Mille poolest praegu MES-ist saadaolev informatsioon ei rahulda?

## Lisa 2. Ettevõtte nõuded MES funktsionaalsusele

### Tallinn (Estonia) Factory specific MES requirements

	Receiving & warehousing		SMD		Assembly (manual&final&testing)		Warehousing (pick&pack&ship)	
	Present	Future	Present	Future	Present	Future	Present	Future
1. Resource allocation and status	Manually control, no integrated system	Need to know when & how many materials come, space need for storage, who need to do IQC, the work load, tools & skills & needed,	Manually control, no integrated or computerized system	Capacity of machine, changeover time, production plan, maintenance plan	Manually control, no integrated or computerized system	Capacity of lines, operators needed, production plan, changeover time, maintenance plan	Manually control, no integrated or computerized system	Quantity of finished goods and incoming materials, size of package, shipment plan, production plan
2. Operations/detail scheduling	BaaN system has part of the function	Exact time of material arrival, priority of urgency.	Manual control	Link between workshop production schedule to MRP system. Detail into each hours production plan, Kanban integrated into the system	Manual control  Kanban system for some products	Link between workshop production schedule to MRP system. Detail into each hours production plan, Kanban integrated into the system	Manual control	Detail production plan, shipment plan, packaging size
3. Dispatching production units	Manual control	Material incoming schedule, quantity, type	Manual control	Production schedule, line needed, operator	Manual control	Production schedule, operator arrangement	Manual control	Link to customer order

				arrangement				
4. Document control	General procedure and instructions are distributed in computer network, other instructions are controlled manually	What documents needed, link between document and product	General procedure and instructions are distributed in computer network, other instructions are controlled manually	Needed document for specific product and process, how many copies needed, where	General procedure and instructions are distributed in computer network, other instructions are controlled manually	Needed document for specific product and process, how many copies needed, where	General procedure and instructions are distributed in computer network, other instructions are controlled manually	Needed document for specific product
5. Data collection/acquisition	Manually collect	Receiving quantity, batch, reject rate, info trace, warehouse location	Some data is collected by machines, most of data is collected manually	Process yield, ppm, defect type, Cpk, control chart, output	Some data is collected by machines, most of data is collected manually	Process yield, ppm, defect type, Cpk, control chart, output	Manually collected	Output, yield, defect type
6. Labor management	Attendance computerized system	Attendance, certification record, training record, personal file, competence, compensation & benefit, turnover rate	Attendance computerized system	Attendance, certification record, training record, personal file, competence, compensation & benefit, turnover rate	Attendance computerized system	Attendance, certification record, training record, personal file, competence, compensation & benefit, turnover rate	Attendance computerized system	Attendance, certification record, training record, personal file, competence, compensation & benefit, turnover rate
7. Quality management	GSD for supplier quality management	Work flow definition, analysis of supplier quality level, responsibility	Manual control	Work flow and responsibility definition, defect report, corrective action follow up,	Manual control	Work flow and responsibility definition, defect report, corrective action follow up,	Manual control	Location of material, defect tracking

		definition, IQC level control, problem warning		defect tracking		defect tracking		
8. Process management	GSD provide info for IQC	Monitor supplier incoming quality for IQC, alarm for expired material	AOI, and some equipment has isolated alarm system	Full info of all processes, alarm when processes out of limits	Tester	Full info of all processes, alarm when processes out of limits	Manual control	Defect track, output, yield, delivery schedule
9. Maintenance management	Equipment calibration is controlled in Excel sheet	Schedule of calibration and maintenance	Maintenance is controlled manually	Schedule of calibration and maintenance	Maintenance is controlled manually	Schedule of calibration and maintenance	Maintenance is controlled manually	Schedule of calibration and maintenance
10. Product tracking and genealogy	Manual control	Batch ID, manufacturing date, quantity, defect track	Manual control	Batch ID, production date & time, line ID, operators, components track info, tools track info	Some products have system to trace back to materials used	Batch ID, production date & time, line ID, operators, components track info, tools track info	Manual control	Delivery date, batch ID, receiver info
11. Performance analysis	GSD, and manual control	Supplier DA, ppm, rating, response to complaint	Manual control, access customer extranet	Process Cpk, DPU, ppm, FPY, TY	Manual control	Process Cpk, DPU, ppm, FPY, TY	Manual control	DA, warehousing efficiency

## Summary

### Manufacturing Execution System's Role in Supporting Business Processes of an EMS Company

A successful business, operating in any line of industry, is characterized by its ability to respond to changes in its operating environment in real time and based on events generated by inner and outer business processes. An essential key in achieving these goals is the availability of timely and accurate data between applications running an enterprise's core business on different levels of the enterprise hierarchy.

Globalization has created an increasingly competitive environment in which manufacturers are racing to provide customer-specific, innovative and cost-effective products. One strategic tool that has been seen by many as key to managing these demands, by helping manufacturers to leverage real-time plant-floor information and so deliver the increased flexibility, visibility and manufacturing control needed, is Manufacturing Execution Systems (MES).

MES was defined as per the Manufacturing Enterprise Systems Association's (MESA) definition which is that MES is as dynamic information systems that drives effective execution of manufacturing operations. Using current and accurate data, MES guides, triggers, and reports on plant activities as events occur. The MES set of functions manages production operations from point of order release into manufacturing to point of product delivery into finished goods. MES provides mission critical information about production activities to others across the organization and supply chain via bi-directional communication.

MES is not very well known term in Estonia, therefore not many materials are available about the topic. One of the goals of these Master Thesis was to give an overview about MES, applied norms and standards in Estonian. This is done in chapter two.

Another goal was to analyze the role of MES in supporting business processes of an EMS company.

At researched EMS company the MES has been used since 2005. The hypothesis to research was – the MES potential is not fully exploited, the mission critical information about production activities is not effectively used.

To determine the extent of current usage compared to required level, the MES software was (re)evaluated during structural walk-through. The level of usage of MES data to report plant-floor KPI's was also evaluated. Other part of research included conducting interviews with employees. Both part of the research were conducted during April 2012. The research results are described in chapter four.

In sum, both software evaluation and interviews gave the same result – there is a significant gap between possible and actual usage of MES and its information and therefore the hypothesis was correct. As the conclusion of these Master Thesis, the action list to improve the situation was presented.