

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Informaatikainstituut

Infosüsteemide õppetool

**Nõuete halduse protsessi parendamine
elektroonikaettevõttes lähtudes
CMMI-DEV mudelist**
Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Markus Kasak

Üliõpilaskood: 105475IABB

Juhendaja: Gunnar Piho, PhD

Tallinn
2016

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

(kuupäev)

(allkiri)

Annotatsioon

Töö eesmärk on kaardistada ühe mikroelektronika valdkonnas riist- ja tarkvaraarendust teostava ettevõtte arendusprotsessi nõuete halduse osa ning kasutada CMMI-DEV mudeli nõuete halduse protsessipiirkonda (REQM) antud protsessi parendamiseks.

Töö tulemuseks on valitud elektroonikaettevõtte arendusprotsessi kaardistamine nõuete halduse kontekstis võrrelduna CMMI raamistikuga ning soovitusel nõuete halduse protsessi parendamiseks.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 35 leheküljel, 5 peatükki, 5 joonist, 4 tabelit.

Abstract

The thesis aims to map out the area of requirements management within a single company specialized in the (hardware and software) development of micro-electronics. Then apply the CMMI-DEV model's requirements management process area (REQM) to improve the said process.

The work resulted in a comparison of the mapped process of the aforementioned company to the requirements management specified in the CMMI framework and in suggestions on how to improve the process in the future.

The thesis is in Estonian, and contains 35 pages of text, 5 chapters, 5 figures and 4 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

CMM	<i>Capability Maturity Model</i> Võimekuse küpsuse mudel, tõlgitud ka suutvusküpsuse mudeliks. Mudel kirjeldab ja laseb hinnata organisatsioonide protsesside küpsust, jaotades need viiele tasemele.
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i> Järglane CMM'ile. Koondab endasse mitmed varasemad CMM mudelid, integreerides need ühtseks raamistikuks.
CMMI-DEV	<i>CMMI for Development</i> CMMI-DEV on CMMI raamistikku kuuluv mudel, mis on mõeldud toodete ja teenuste arendamisega tegelevate organisatsioonide protsesside küpsuse ning võimekuse hindamiseks.
Manussüsteem ehk sardsüsteem	<i>Embedded System</i> Spetsiifilise funktsiooniga arvutisüsteem, mis on integreeritud seadmesse või on komponendiks suuremas süsteemis. Tihti on manussüsteemi tuumaks mikrokontroller, signaaliprotsessor või programmeeritav loogikakontroller.
PA	<i>Process Area</i> Protsessi piirkond. CMMI mõiste, mis hõlmab mingi konkreetse protsessivaldkonna komponente.
REQM	<i>Requirements Management Process Area</i> CMMI raamistikus kasutatav lühend nõuete halduse protsessipiirkonna tähistamiseks.

Jooniste nimekiri

Joonis 1. CMM versioonide ajalugu [6]	12
Joonis 2. CMMI astmeline ja pidev esitus.	18
Joonis 3. Ettevõtte arendusprotsessi üldine diagramm	21
Joonis 4. Põhiprotsessi tegevusdiagramm.....	23
Joonis 5. Tarkvarameeskonna tegevusdiagramm	24

Tabelite nimekiri

Tabel 1. Küpsustasemete ja võimekustasemete võrdlus [6].	17
Tabel 2. Ettevõtte põhi- ja abiprotsessid.....	20
Tabel 3. CMMI-DEV protsessipiirkonnad	27
Tabel 4. REQM protsessipiirkonna praktikate tabel.....	29

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	9
1.1 Taust ja probleem.....	9
1.2 Ülesande püstitus	10
1.3 Metoodika	10
1.4 Ülevaade tööst.....	10
2. CMMI ülevaade	11
2.1 CMMI ajalugu.....	11
2.2 CMMI põhimõtted	12
2.3 Protsessi piirkonnad ja mudelite komponendid	13
2.4 CMMI tasemed ja esitusviisid	14
2.4.1 Küpsustasemed	14
2.4.2 Võimekuse tasemed	15
2.4.3 CMMI esitusviiside lühivõrdlus	17
3. Ettevõtte kirjeldus ja kaardistuse kokkuvõte	19
3.1 Ettevõtte tutvustus.....	19
3.1.1 Ettevõtte struktuur.....	19
3.1.2 Ettevõtte käesoleva tööga haakuvad eesmärgid.....	19
3.2 Ettevõtte arendusprotsessi üldvaade	20
3.3 Olemasoleva nõuete halduse esialgne kokkuvõte.....	25
4. CMMI-DEV mudel ja sellest tulenevad protsessi parendusettepanekud.....	26
4.1 CMMI-DEV lühikirjeldus ja protsessi piirkonnad	26
4.2 CMMI-DEV rakendamine organisatsioonis	27
4.3 Kaardistatud ettevõtte arendusprotsesside vastamine nõuete halduse protsessi piirkonnale (REQM)	28
4.4 Soovitatud nõuete halduse protsessi muudatused	29
5. Kokkuvõte.....	31
Summary	33
Kasutatud kirjandus	35

1. Sissejuhatus

Tänu ühiskonna järjest kasvavale tehnoloogilisele tasemele suureneb pidevalt erinevate elektroonikaseadmete hulk meid ümbritsevas keskkonnas. Samuti sisaldavad need seadmed järjest rohkem protsessorid ning tarkvara või püsivara. Tihti on taolised manussüsteemid peidus seadmetes, kus seda esmapilgul ei ootakski, nutiseadmetest rääkimata, sisaldades kuni 98% kõikidest toodetud mikroprotsessoritest [1]. Eriti kiiret kasvu ennustatakse keerukamate, internetti ühenduvate seadmete puhul [2].

Kindlasti on paljud antud valdkonnas tegutsevad inimesed näinud muutust, kus 8-bitiste mikrokontrollerite asemel on tänaseks kasutusele võetud mitmetuumalised 32-bitised kiibid, mis enamasti sisaldavad ka integreeritud võrguseadmeid, mälucontrollerid ning suurel hulgal teisi riistvarakomponente. Piisab, kui vaadata, kuidas on viimasel aastakümnel meie ümber “võimekuselt” ja funktsioonide arvult muutunud telefonid, kellad, muusikamängijad, autode infosüsteemid ja isegi mikrolaineahjud ning pesumasinad. Kõik see nõuab seadmete projekteerimise ning valmistamisega tegelevatelt ettevõtetelt järjest keerukamate arendusprojektide haldamist, mis omakorda vajab suuremat keskendumist arendusprotsessi kvaliteedile.

1.1 Taust ja probleem

Arvestades kogu arendusega seotud protsesside, nende parendamise ning kvaliteedi teema mahukust, on antud töös mõistlik keskenduda ühele konkreetsele valdkonnale – nõuete haldusele. Teema on ajendatud autori kogemusest manussüsteemidega seotud arendusprojektide juhtimisel, mille puhul on kerge nõustuda väitega, et tarkvaranõudeid saab võrrelda terve arendusprotsessi vundamendiga [3]. Cristof Ebert'i ja Capers Jones'i väitel [1] põhjustavad ebapiisavad ja puudulikud tarkvaranõuded 40% sardsüsteemse tarkvaraga seotud defektidest. Sarnase uuringutulemuse laiemas projektijuhtimise valdkonnas – ebatäpne nõuete haldus on 47% juhtudel projektide ebaõnnestumise põhjuseks – toob välja ka PMI (*Project Management Institute*) oma 2014. aasta nõuete halduse teemalises väljaandes [4].

Käesolevas töös keskendutakse ühele manussüsteemide riist- ja tarkvara projekteerivale Eesti elektroonikaettevõttele, mille juhtkond soovis CMMI-DEV mudelist lähtudes parendada

ettevõtte arendusprotsessi nõuete halduse osa, ilma kogu mudelit terviklikul kujul rakendamata.

1.2 Ülesande püstitus

Töö eesmärgiks on kaardistada antud ettevõtte arendusprotsessi nõuete halduse praktikaid, võrrelda neid CMMI raamistiku põhimõtetega ning välja tuua soovitused nõuete halduse protsessi parendamiseks.

1.3 Metoodika

Töös püstitatud eesmärkide saavutamiseks on uuritava ettevõtte kaardistamiseks läbi viidud intervjuud ettevõtte arendusprotsessiga seotud töötajatega ning analüüsitud olemasolevaid, protsessi ja nõuete halduse kohta käivaid dokumente. Saadud informatsioon on struktureeritud ja võrreldud CMMI raamistikust tulenevate põhimõtetega. Võrdluse põhjal tehtud järeldustest ning teemaga seotud artiklite analüüsimisest lähtuvalt on koostatud ettepanekud olemasoleva protsessi parendamiseks.

1.4 Ülevaade tööst

Töö esimeses osas kirjeldatakse ülevaatlikult CMMI raamistikku, selle eesmärke, ajalugu, protsessivaldkondi ja komponente.

Töö teises osas tutvustatakse analüüsitava ettevõtet ning tuuakse välja kaardistuse tulemusena saadud detailsem ülesehitus, selgitatakse praegu kasutusel olevat arendusprotsessi, selle etappe ja nõuete halduse osa arendusprotsessis.

Töö kolmandas osas võrreldakse ettevõtte olemasolevat nõuete halduse osa CMMI-DEV mudeli parimate praktikatega ning tuuakse välja sellest tulenevad soovitused olemasoleva protsessi parendamiseks.

2. CMMI ülevaade

Capability Maturity Model Integration ehk CMMI on mudelite raamistik, mis on mõeldud organisatsiooni protsesside küpsuse ja võimekuse hindamiseks ning täiustamiseks (toote)arenduse, teenuste ja (all)hanke valdkonnas. Lihtsustatult võib öelda, et CMMI on teatavate parimate tavade (ingl. k. *best practices*) kogu, mida praktilist meelt silmas pidades ja konkreetse organisatsiooni eripärasid arvestades saab kasutada eeskujuna protsesside loomisel ja täiendamisel.

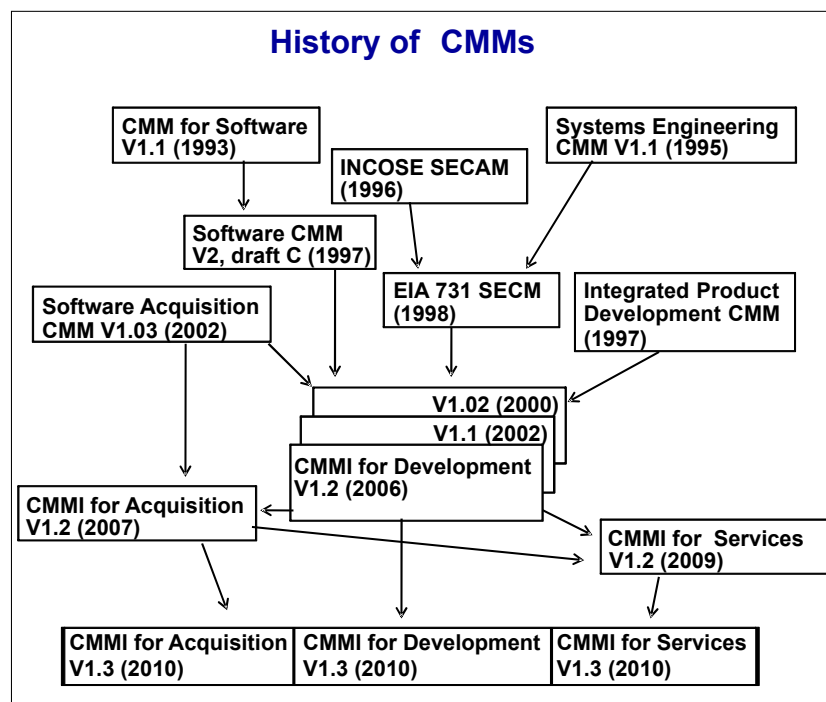
2.1 CMMI ajalugu

Eelmise sajandi kuuekümnendatest aastatest alates kasvas arvutite arv ja võimekus sellises tempos, et tarkvaraprojektide mahud suurenesid ning tekkisid tõsised probleemid nii tähtaegade kui ka eelarvetega. 1970ndate ja 1980ndate ajaks oldi jõutud olukorda, mida hakati kutsuma tarkvarakriisiks (ingl. k. *software crisis*). 1984. aastal asutas Ameerika Ühendriikide Kaitseministeerium (*Department of Defence*, edaspidi DOD) Carnegie Mellon'i ülikooli juurde uurimiskeskuse *Software Engineering Institute* (edaspidi SEI).

1986. aasta augustis asus SEI koostöös MITRE Corporation'iga välja töötama raamistikku protsesside küpsuse hindamiseks, mis aitaks organisatsioonidel hinnata ja täiustada tarkvaraarenduse protsesse. See ettevõtmine oli vastuseks Ameerika Ühendriikide föderaalvalitsuse soovile leida meetod nende tarkvaraprojektides osalevate töövõtjate võimekuse hindamiseks [5]. Kõrvalmärkusena olgu mainitud, et siiaaani on SEI poolt loodud CMMI küpsustasemete juurutamine ettevõttes DOD tarkvarahangetel tihti osalemise eeltingimuseks.

Esimene raamistiku lühikirjeldus, mille astmeline struktuur oli inspireeritud *Total Quality Management* (TQM) printsiipidest, avaldati 1987. aastal. Edasi arendatud töö ja uuringutest saadud kogemuse põhikontseptsioonid koondati 1991. aastal ja avaldati "*Capability Maturity Model for Software* (SW-CMM). *Version 1.0*" nime all, millele järgnes 1993. aastal *CMM for software Version 1.1*. Ennekõike tarkvara arendamist silmas pidava SW-CMM kasutusulatus jäi praktikas väheseks ning seetõttu lisandusid peagi ka riistvara hõlmav *Systems Engineering CMM* (SE-CMM), (all)hangete jaoks mõeldud *Software Acquisition CMM* (SA-CMM), toote elutsükli kattev *Integrated Product Development CMM* (IPD-CMM) ning mõned teised.

SEI otsustas, et laienenud CMM perekond vajab paremaks haldamiseks ja rakendamiseks ühtsemat lähenemist ning eelnevate mudelite ühitamiseks kavandati *Capability Maturity Model Integration* ehk CMMI. Lisaks töös olevale SW-CMM v2 visandile ja teistele CMM perekonna liikmetele integreeriti sellesse ka SEI'ga eraldi koostöös valminud *Electronic Industries Alliance* (EIA) *Systems Engineering Capability Model* (SECM). Kuigi CMMI jaguneb kolmeks suuremaks kogumiks (ingl. k. *constellation*) – arenduse, teenuste ja (all)hangete jaoks –, baseeruvad need samal ühisosal ning on omavahel tugevalt seotud. CMMI kujunemist koos aastaarvudega illustreerib Joonis 1.



Joonis 1. CMM versioonide ajalugu [6]

2.2 CMMI põhimõtted

CMMI raamistik on loodud eesmärgiga aidata organisatsioonidel oma sooritusvõimet hinnata ja parandada. Selles olevad mudelid on lihtsustatud tegelikkuse kajastus, mis sisaldab efektiivsete protsesside põhikomponente. CMMI mudelid ei ole ise detailed protsessikirjeldused, vaid pigem juhtnöörid, mida protsesse kujundades silmas pidada. CMMI raamistik moodustab struktuuri mudelite, hindamise ja koolituse komponentide loomiseks. Toetamaks mitmeid mudeleid samas raamistikus, klassifitseeritakse mudeli komponendid

üldisteks, mis on samad kõikides mudelites, või mudelispetsiifilisteks. Kõikide mudelite ühisosa kutsutakse CMMI *Model Foundation* (CMF) [6].

Iga CMMI raamistiku põhjal tuletatud mudel kombineeritakse CMF'i komponentidest ja konkreetsele mudelipõhisele huvivaldkonnale omastest komponentidest, mis koos seotud hindamisdokumentide ning koolitusmaterjalidega moodustab kogumi. Tänapäevaks on CMMI raamistikus kolm suuremat kogumit:

- **CMMI for Development** (CMMI-DEV), mis katab toodete ja teenuste arendamise valdkonda.
- **CMMI for Services** (CMMI-SVC), mis on mõeldud teenuseid pakkuvale organisatsioonile.
- **CMMI for Acquisition** (CMMI-ACQ), mis katab toodete või teenuste hankevaldkonda organisatsioonivälistelt pakkujatelt.

Käesolev töö keskendub detailsemalt neist esimesele, CMMI-DEV mudelile.

2.3 Protsessiipiirkonnad ja mudelite komponendid

CMMI mudelite oluliseks osaks on protsessipiirkonnad (ingl. k. *process areas*, edaspidi PA). Iga PA hõlmab mingi konkreetse valdkonna – näiteks konfiguratsioonihalduse (ingl. k. *configuration management* CM) komponente. Kõik CMMI mudelid sisaldavad 16 PA-st koosnevat tuuma, mis koondab kõikidele kogumitele vajalike protsesside parendamise baaskontseptsioone.

CMMI mudelite komponendid jagunevad nõutud (ingl. k. *required*), eeldatud (ingl. k. *expected*) ja informatiivseteks (ingl. k. *informative*).

- **Nõutud komponentideks** on eesmärgid, mis tuleb CMMI rakendamisel antud protsessipiirkonnas kindlasti saavutada. Eesmäärke on kahte tüüpi: protsessipiirkonnale spetsiifilised (ingl. k. *specific goal*, edaspidi SG) ja organisatsiooni üldjuhtimisega haakuvad protsessipiirkonda puudutavad üldised eesmärgid (ingl. k. *generic goal*, edaspidi GG).

- **Eeldatud komponentideks** on CMMI komponendid, mis kirjeldavad protsessipiirkonna eesmärkide saavutamiseks vajalikke tegevusi. Vastavalt eesmärkide tüübile nimetatakse neid *specific practices* (edaspidi SP) ja *generic practices* (edaspidi GP).
- **Informatiivsed komponendid** on CMMI komponendid, mis aitavad mudeli kasutajal mõista nõutud ja eeldatud komponente. Sellisteks komponentideks võivad olla skeemid, detailsed kirjeldused, märkmed, näidised ja teised infomaterjalid.

2.4 CMMI tasemed ja esitusviisid

Protsesside arengu kirjeldamiseks ja hindamiseks kasutab CMMI tasemeid (ingl. k. *levels*). Põhimõtteliselt on toetatud kaks käsitusviisi, millest ühte nimetatakse astmeliseks esitusviisiks (ingl. k. *staged representation*) ja teist pidevaks esitusviisiks (ingl. k. *continuous representation*). Kasutades astmelist esitusviisi on võimalik saavutada küpsustasemeid (ingl. k. *maturity levels*). Pidevat esitusviisi kasutades on võimalik saavutada võimekustasemeid (ingl. k. *capability levels*).

2.4.1 Küpsustasemed

Astmelise esitusviisi pärineb algselt SW-CMM'ist ja selle puhul räägitakse viiest küpsustasemest. Organisatsiooni protsesside küpsustase iseloomustab nende reglementeeritust, paikapidavust, igapäevakasutust ja tõhusust ning organisatsiooni tulemuslikkust. Iga küpsustase puudutab olulist alamhulka organisatsiooni protsessipiirkondadest ja valmistab ette platvormi järgmise taseme saavutamiseks. Tasemete 2 ja 3 puhul kasutatakse teadlikult ühtset terminoloogiat pideva esitusviisi samade tasemetega võrreldes, sest küpsustasemed ja võimekustasemed on kaks erinevat võimalikku vaadet samale protsessipiirkonnale.

Tase 1: algne (ingl. k. *initial*) – protsessid on enamasti *ad hoc* ja kaootilised. Organisatsioon on mitteküps, kus ei pakuta stabiilset keskkonda protsesside toetamiseks. Edukus sõltub pigem üksikisikute kompetentsidest ja pingutusest, mitte kindlalt määratletud protsessidest. Sõltumata kaosest suudab organisatsioon enamasti siiski projekti eesmäärke saavutada, aga seda tihti eelarvet ja tähtaega ületades. Sellel küpsustasemel olevaid organisatsioone iseloomustab kriisi korral protsesside hülgamine ja võimetus oma edu süstemaatiliselt korrata.

Tase 2: hallatud (ingl. k. *managed*) – organisatsioonis on paigas tegevuspõhimõtted ning nendest lähtuvad protsessid. Projekte juhitakse vastavalt kavandatud plaanidele ning neid jälgitakse ja kontrollitakse, põhinedes toimivatele protsessidele. Protsesse järgitakse ka probleemide ja “tulekahjude” korral. Sellel küpsustasemel on tehtava töö tulemused juhtkonnale nähtavad eelnevalt defineeritud kohtades, näiteks etappide vahetulemustena.

Tase 3: defineeritud (ingl. k. *defined*) – protsessid on hästi kirjeldatud ja asjaosalistele teada. Organisatsiooniülesed standardsed protsessid loovad ühtsust kogu organisatsioonis. Kui 2. tasemel võivad olla protsessid konkreetse projekti või valdkonnaspetsiifilised, siis 3. tasemel kohandatakse need üldistest standardprotseduuridest lähtuvalt. Sellel küpsustasemel on protsessid kirjeldatud põhjalikumalt ja detailsemalt. Määratletud protsess kehtestab selgelt otstarbe, protsessi eeldused, sisendid, väljundid, tegevused, rollid ja mõõdikud.

Tase 4: kvantitatiivselt hallatud (ingl. k. *quantitatively managed*) – defineeritud protsessid, mida on võimalik kirjeldada kvantitatiivsete ehk mõõdetavate tunnuste abil. Valitud alamprotsesside jaoks seatakse kindlad mõõdikud, mida analüüsitakse statistilisi meetodeid kasutades. Põhiliseks erinevuseks 3. taseme protsessidest on tulemi ette ennustamise võimalikkus sisendparameetrite alusel.

Tase 5: optimeeritud (ingl. k. *optimizing*) – kvantitatiivselt hallatud protsessid, mida täiustatakse võttes aluseks eelnevalt defineeritud mõõdetavad tunnuseid. Toimub pidev protsesside täiendamise ja optimeerimise protsess, mille tulemust samuti mõõdetakse.

2.4.2 Võimekuse tasemed

Pidev esitusviis pärineb algselt SE-CMM'ist ja EIA SECM'ist ning selle puhul räägitakse neljast võimekustasemest.

Tase 0: puudulik (ingl. k. *incomplete*) – protsess, mis ei toimi üldse või toimib osaliselt. Püstitatud eesmärgid ei saavutata või saavutatakse ebatäielikul kujul.

Tase 1: toimiv (ingl. k. *performed*) – protsess, mis toimib ja saavutab elementaarse tulemuse. Protsessi põhieesmärgid saavutatakse, aga protsess ise pole hallatud ega reglementeeritud. Ei toimu regulaarset jälgimist ning kontrolli.

Tase 2: hallatud (ingl. k. *managed*) – hallatud protsess, toimib vastavalt plaanile ja tegevuspõhimõtetele. Saab põhimõtetest võrrelda astmelise esitusviisi teise tasemega. Protsess

on kirjeldatud, jälgitav ja kontrollitud. Tehtava töö tulemused on juhtkonnale nähtavad eelnevalt defineeritud kohtades.

Tase 3: defineeritud (ingl. k. *defined*) – hallatud protsess, mis on samas joondatud organisatsiooniüleste standardite ja protseduuridega. Saab põhimõtetelt võrrelda astmelise esitusviisi kolmanda tasemega.

2.4.3 CMMI esitusviiside lühivõrdlus

Et jõuda kindlale võimekus- või küpsustasemele, peab organisatsioon, esitusviisist sõltumata, täitma kõik antud protsessipiirkonnas parendamiseks võetud eesmärgid. Mõlemad esitusviisid kasutavad sisuliselt samu CMMI mudeli komponente ja pakuvad võimalusi protsesside täiustamiseks samades protsessipiirkondades.

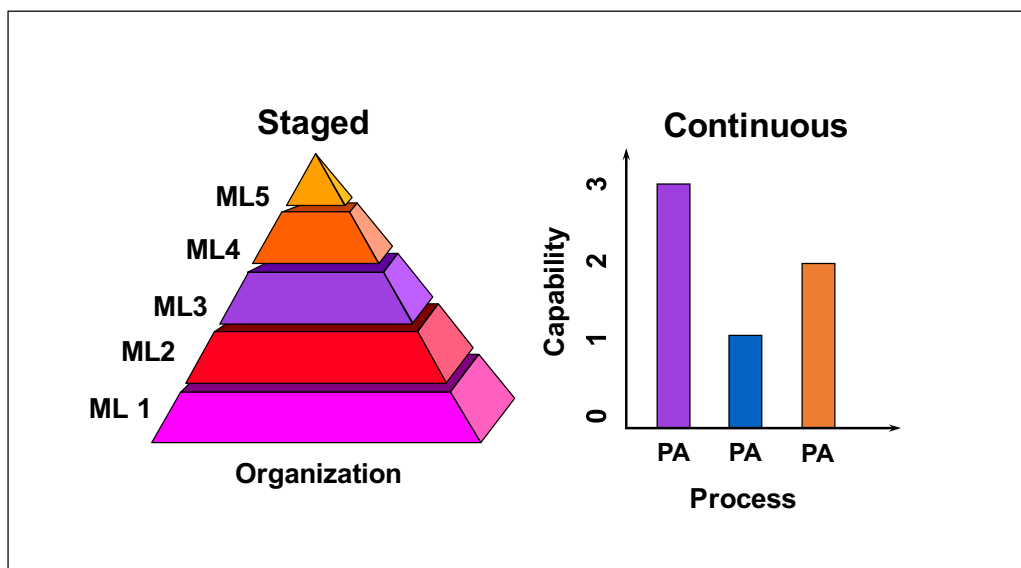
Erinevus esitusviiside vahel on vähemärgatav, aga oluline. Astmeline esitusviis kasutab küpsustasemeid, et iseloomustada organisatsiooni protsesside üldist seisust vastavalt CMMI mudelile tervikuna, samas kui pidev esitusviis kasutab võimekuse tasemeid, et iseloomustada organisatsiooni protsesse individuaalsete protsessipiirkondade põhised. Mõlema esitusviise tasemete omavahelist sõltuvust visualiseerib Tabel 1.

<i>Level</i>	<i>Continuous Representation Capability Levels</i>	<i>Staged Representation Maturity Levels</i>
<i>Level 0</i>	<i>Incomplete</i>	
<i>Level 1</i>	<i>Performed</i>	<i>Initial</i>
<i>Level 2</i>	<i>Managed</i>	<i>Managed</i>
<i>Level 3</i>	<i>Defined</i>	<i>Defined</i>
<i>Level 4</i>		<i>Quantitatively Managed</i>
<i>Level 5</i>		<i>Optimizing</i>

Tabel 1. Küpsustasemete ja võimekustasemete võrdlus [6].

Pideva esitusviisi puhul valitakse konkreetne protsessipiirkond, mida soovitakse parendada, ja soovitud võimekuse tase selle protsessipiirkonna tarvis. Selles kontekstis ongi oluline, kas antud protsess toimib või mitte, ning sellest on tuletatud võimekuse esimeste tasemete nimetused “puudulik” ja “toimiv”.

Astmelise esitusviisi puhul valitakse organisatsiooni lõikes kõik asjassepuutuvad protsessipiirkonnad, mida soovitakse parendada, ning üksiku protsessi toimimine ei oma antud kontekstis sellist tähtsust. Seetõttu on ka esimese küpsustaseme nimetus “algne”.



Joonis 2. CMMI astmeline ja pidev esitus.

Eelkirjeldatud vaated protsessipiirkondadele ja organisatsioonile, mida kujutab Joonis 2, ongi põhiliseks erinevuseks mõlema esitusviisi vahel.

Pidev esitusviis laseb organisatsioonil oma jõupingutused suunata konkreetsetele, täiendamist vajavatele protsessipiirkondadele, millel on organisatsiooni tulemuslikkusele maksimaalne mõju. Protsessipiirkondade omavaheliste sõltuvuste tõttu tuleb valikutes arvestada siiski mõningate piirangutega. Antud esitusviisi kasutamise hõlbustamiseks on protsessipiirkonnad mudelites grupeeritud omavahel seotud kategooriatesse (nt. projektijuhtimine).

Astmeline esitusviis pakub läbi organisatsiooni kõikide küpsustasemete platvormi, milles on protsessipiirkonnad grupeeritud esitusviisi kasutamise hõlbustamiseks minimaalse küpsustaseme järgi, ehk siis selgitab, millised protsessipiirkonnad peaksid olema kirjeldatud ja rakendatud, et antud küpsustaset saavutada.

3. Ettevõtte kirjeldus ja kaardistuse kokkuvõte

3.1 Ettevõtte tutvustus

Käesolevas töös kaardistamiseks valitud elektroonikaettevõtte on Eestis 1990ndatest aastatest alates tegutsenud manussüsteemide ja laiemalt mikroelektronika valdkonnas. Põhiliselt on selle aja jooksul tegeletud erinevate seadmete projekteerimise, arendamise ning tootmisega ettevõtetest klientidele nii Eestis kui piiri taga. Lisaks põhitegevusele on antud ettevõtte teostanud suurel hulgal erinevaid IT projekte, müünud nii riistvara- kui tarkvarainseneri tööd teenusena ning pakkunud konsultatsiooniteenust oma kompetentsivaldkondades.

3.1.1 Ettevõtte struktuur

Uuritav ettevõtte jaguneb järgmisteks allüksusteks:

- **Riistvaraosakond**, mis tegeleb elektroonikakomponentide riistvara projekteerimise ning arendamisega. Riistvara osakonda kuulub ka riistvara projektijuht.
- **Tarkvaraosakond**, mille ülesandeks on tark- ja püsivara väljatöötamine kõikidele projektide käigus loodud riistvaraplatformidele. Tarkvara osakonda kuulub ka tarkvara projektijuht.
- **Tootmisosakond**, mis haldab loodavate seadmete prototüüpide tootmist ja testimist, vastutab ilmnenud riistvaravigade parandamise eest ning organiseerib seadmete masstootmise vastavatelt partneritelt. Tootmisosakond vastutab ka masstootmiseks vajalike komponentide tellimise eest.

Eelpoolmainitud osakondades töötavatele inimestele lisanduvad veel tegevjuht, arendusjuht, raamatupidaja, sekretär ning teised juhtimis- või tugirollle täitvad inimesed.

3.1.2 Ettevõtte käesoleva tööga haakuvad eesmärgid

Kuna uuritav ettevõtte on arendusvaldkonnas pikemalt tegutsenud, on sellel arusaadavalt välja kujunenud protsessid arenduse juhtimiseks. Pidades kvaliteeti ja tulemust oluliseks, on senised protsessid joondatud muu hulgas kvaliteedistandardi ISO 9001:2008 põhimõtete järgi. Samas on nii ISO 9001 standardist tulenev nõue kui ka ettevõtte soov oma protsesse

regulaarselt parendada. Tehtud projekte analüüsidest tekkis küsimus, kas mitte protsesside küpsuse huvides kaaluda CMMI-DEV mudeli katsetamist nende kvaliteedi tõstmiseks, mistõttu antud töö autori soovitusel otsustati alustada nõuete haldusest, sissejuhatuses välja toodud põhjustel. Ettevõtte võttis üheks 2016. aasta eesmärgiks käesolevas töös tehtud protsessitaiendustepanekute katsetamise ja edu korral integreerimise oma üldisesse protsesside raamistikku.

3.2 Ettevõtte arendusprotsessi üldvaade

Kaardistamise ajal olid ettevõttes kirjeldatud kuus põhi- ja kuus abiprotsessi (vt Tabel 2). Nende ülesehitus järgib aastatega välja kujunenud ettevõtte struktuuri ja osakondade toimimisvaldkondi.

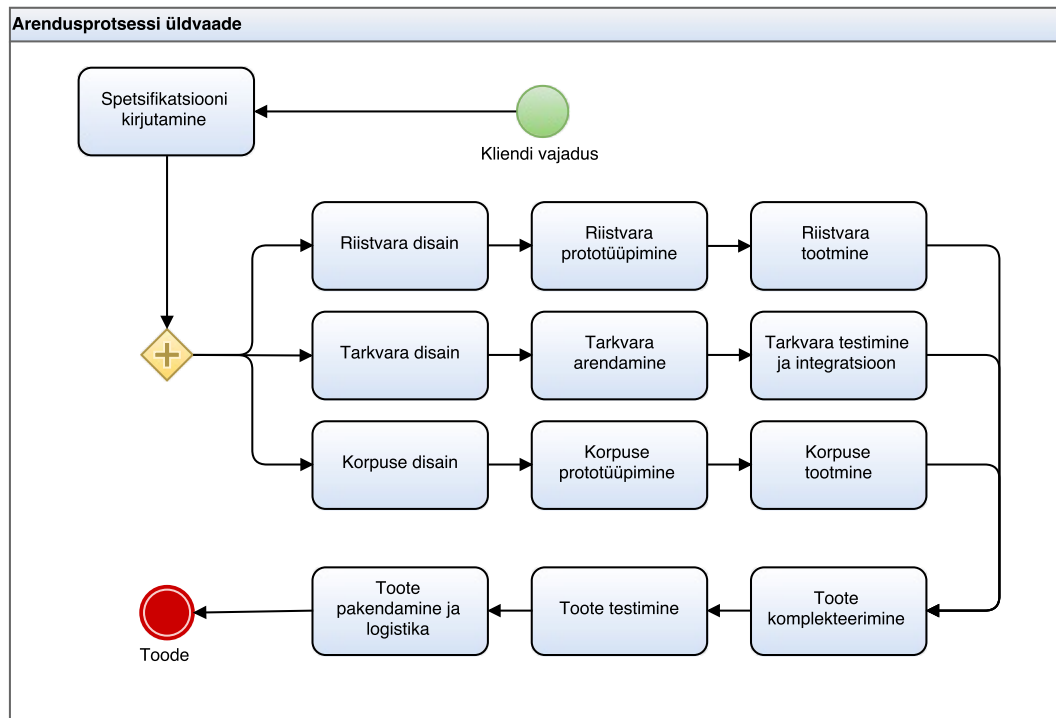
Põhiprotsessid	Abiprotsessid
Müük	Protsessiohje
Riistvara arendamine	Infosüsteemide haldus
Tarkvara arendamine	Töökeskonna haldus
Tootmine	Mõõtevahendite ohje
Süsteemi koostamine	Mittevastavuste ohje
Müügi järgne klienditugi	Tulemuslikkuse hindamine

Tabel 2. Ettevõtte põhi- ja abiprotsessid

Arendustegevust selle kitsamas mõistes käsitlevad riistvara ja tarkvara arendamise protsessid ning mingil määral süsteemi koostamise ehk integratsiooni protsess. Samas CMMI-DEV mudeli protsessipiirkondadega haakuvaid tegevusi käsitlevad peaaegu kõik ettevõttes kirjeldatud protsessid, välja arvatud müügi protsess ning töökeskonna ja infosüsteemide halduse abiprotsessid.

Protsessikirjelduste analüüs ja intervjuud ettevõtte töötajatega näitasid, et nõuete haldus eraldi protsessina välja toodud ei ole. Samuti ei ole see täielikult kirjeldatud üheski teises protsessis, sest nõuete haldamisega seotud tegevused jaotuvad mitme protsessi vahel. Põhjuseks on ettevõtte ülesehitusest ja olemasolevast kvaliteedisüsteemist tulenev struktuur.

Selleks, et paremini mõista nõuete haldusega seotud tegevusi, on esmalt vaja kirjeldada kaardistamise tulemusena saadud info põhjal ettevõttes toimiva arendusprotsessi üldisemalt.



Joonis 3. Ettevõtte arendusprotsessi üldine diagramm

Lihtsustatult võib öelda, et arendustegevus algab kliendi soovide, ideede ja ettepanekute põhjal loodavast üldisest toote spetsifikatsioonist. Seejärel alustatakse paralleelselt nii riistvara, tarkvara või püsivara kui ka lõpptoote korpuste kujunduse kirjeldamist, väljatöötamist ning tootmist.

Seega toimub arendustegevus kolmes paralleelses tegevusharus:

- Riistvara projekteerimine, tootmine ja testimine.
- Tarkvara kavandamine, arendus ning testimine ja integratsioon.

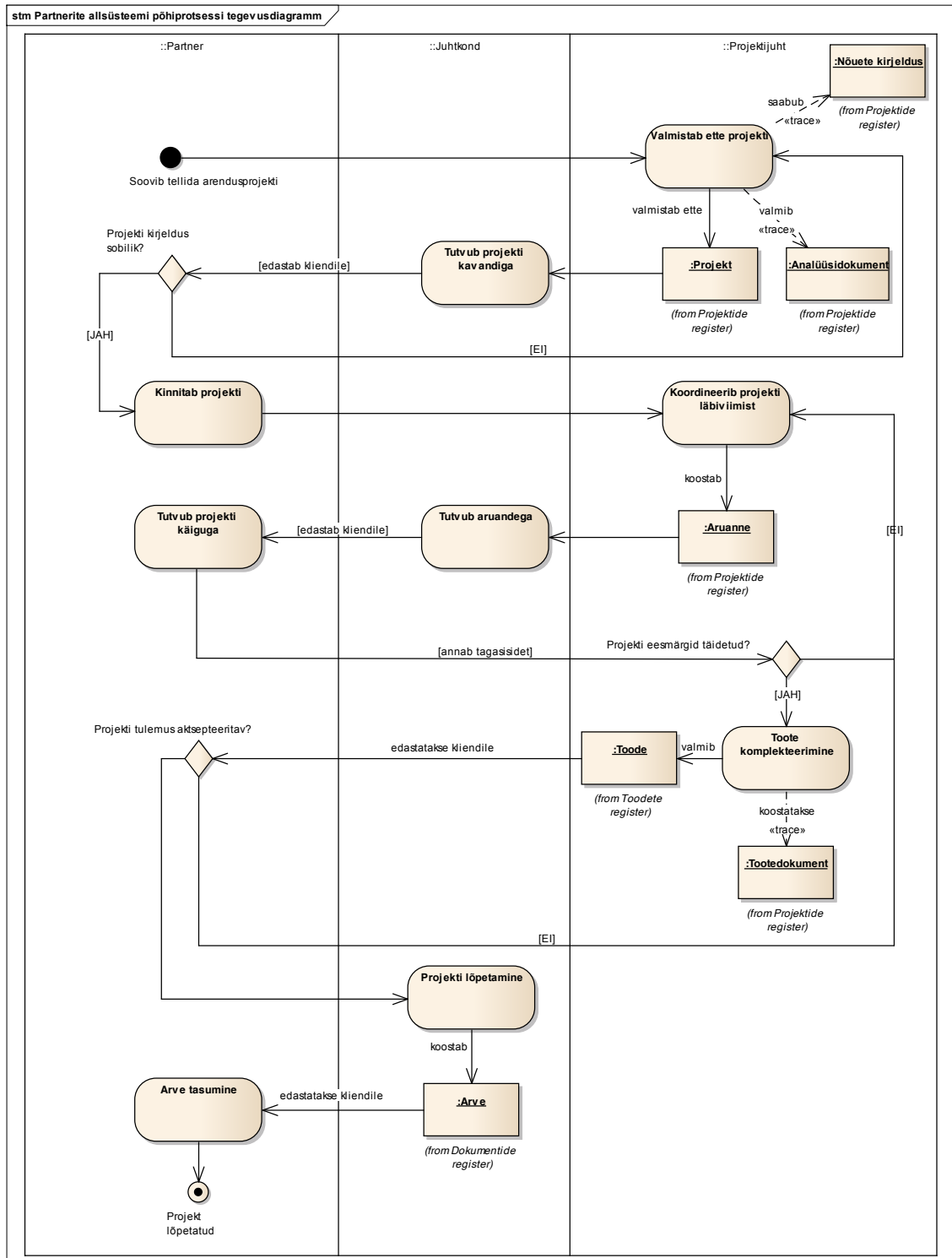
- Korpuse- ja tööstusdisain, mis hõlmab nii projekteerimist, prototüüpide valmistamist kui ka tootmist.

Nende kolme paralleelse haru tulemid koonduvad siis, kui toode komplekteeritakse, testitakse ja pakendatakse.

Kogu protsessi ülevaadet illustreerib Joonis 3. Hoolimata põhivoo lineaarsest esitusest toimub tegelikult kogu protsessi käigus aktiivne suhtlus tellijaga, et saada tagasisidet tehtud tööle ning vajadusel täpsustada lähteülesannet, leida lahendusi tekkinud probleemidele ja saada vastused tekkinud küsimustele.

Nõudeid puuduvad tegevused hakkavad välja joonistuma vaadates protsessi tegevusdiagrammi, mis on kujutatud Joonis 4. Praeguses protsessis on põhiliseks nõuetega seotud dokumendiks nõuete kirjeldus. Sõltuvalt projekti mahust võivad olla kõik antud toodet puudutavad nõuded kogutud samasse dokumenti või jaguneda riistvara, tarkvara ning teiste protsesside spetsiifiliseks dokumendiks.

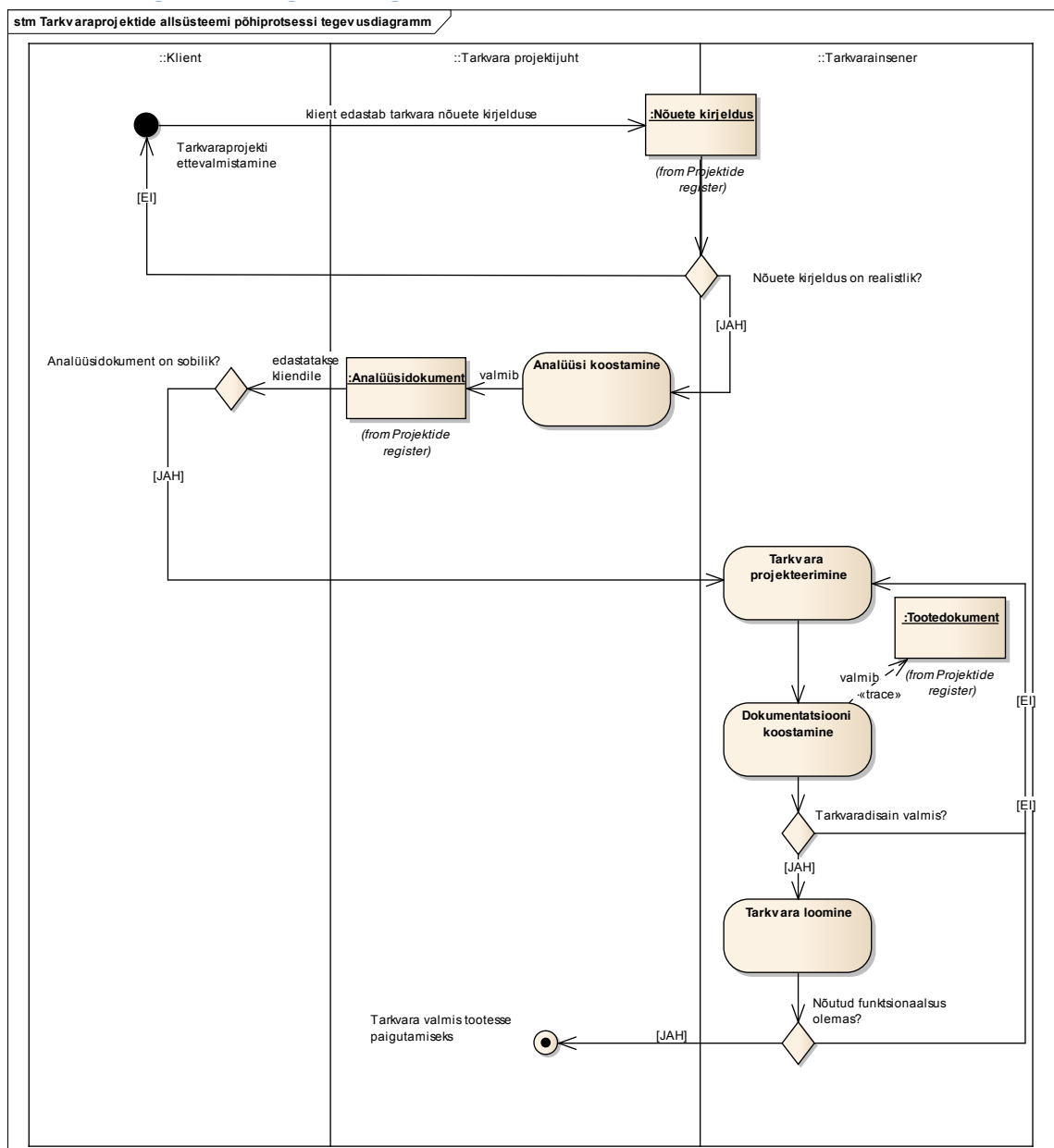
Nõuete kirjelduse põhjal valmib analüüsidokument, ehk toote spetsifikatsioon, mis on ühiseks dokumendiks kõikidele arendusprotsessidele ning mida vastavalt vajadusele uuendatakse projektide eri etappides. Põhiprotsessis joonistub planeerimisfaasis välja nõuete ja spetsifikatsiooni uuenduse protsess. Projekti käigus toimuva nõuete muutuste haldamine ei ole protsessidokumentides kirjeldatud.



Joonis 4. Põhiprotsessi tegevusdiagramm

Joonis 5 on täpsemalt ära toodud ka tarkvara arendusprotsessi tegevusdiagramm, mille ühisosaks põhiprotsessiga on nõuete ja analüüsidokumendid. Riistavara protsessi tegevusdiagramm on praktiliselt identne tarkvara protsessi omaga ja seetõttu pole seda eraldi välja toodud.

Analüüsi käigus ei õnnestunud leida dokumentatsiooni, mis kirjeldaks nõuete vormistamis-, hindamis- või jaotuskriteeriumeid. Samuti ei eristunud selgelt funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded.



Joonis 5. Tarkvarameeskonna tegevusdiagramm

3.3 Olemasoleva nõuete halduse esialgne kokkuvõte

Kõige eelneva põhjal võib öelda, et nõuete halduse protsess selle klassikalises mõistes antud ettevõttes praegu ilmutatud kujul puudub. On olemas nõuete arenduse (ingl. k. *requirements development*) lihtsustatud alamhulk nõuete esmase kogumise kujul, mille põhjal koostatakse analüüsidokument ehk spetsifikatsioon. Intervjuude käigus ilmnes, et tegelikult toimub sõltuvalt projektist spetsifikatsiooni järkjärguline täiendamine arendusfaasis, aga seda pole praegustes protsessides otseselt kirjeldatud. Samuti pole protsessides kirjeldatud nõuete endi vorminõudeid ja hindamiskriteeriumeid, kuigi tegelikkuses järgitakse dokumenteerimata praktikaid.

Olemasoleva arendusprotsessi kaardistamise kokkuvõtteks võib öelda, et mingil määral on nõuete haldust puudutavatest tegevustest protsessides olemas nõuete dokumenteerimine, analüüs ja prioriteetide haldamine.

Põhjalikum võrdlus CMMI-DEV mudeli nõuete halduse perspektiivist vaadatuna koos vastavate protsesside täiendustepanekutega on kirjas järgmises peatükis.

4. CMMI-DEV mudel ja sellest tulenevad protsessi parendusettepanekud

4.1 CMMI-DEV lühikirjeldus ja protsessipiirkonnad

CMMI-DEV mudel on mõeldud toote ja teenuse arendusega tegelevatele organisatsioonidele, sisaldades parimaid praktikaid kogu toote elutsükli (ingl. k. *product lifecycle*) hõlmamiseks, alates kontseptsioonist, läbi arendamise ja tootmise kuni hoolduseni välja.

Antud mudel koosneb 22 protsessipiirkonnast (PA), mis on loetletud järgnevas nimekirjas (Tabel 3).

<i>Process Area</i>	<i>Category</i>	<i>Maturity Level</i>
<i>Causal Analysis and Resolution (CAR)</i>	<i>Support</i>	5
<i>Configuration Management (CM)</i>	<i>Support</i>	2
<i>Decision Analysis and Resolution (DAR)</i>	<i>Support</i>	3
<i>Integrated Project Management (IPM)</i>	<i>Project Management</i>	3
<i>Measurement and Analysis (MA)</i>	<i>Support</i>	2
<i>Organizational Process Definition (OPD)</i>	<i>Process Management</i>	3
<i>Organizational Process Focus (OPF)</i>	<i>Process Management</i>	3
<i>Organizational Performance Management (OPM)</i>	<i>Process Management</i>	5
<i>Organizational Process Performance (OPP)</i>	<i>Process Management</i>	4
<i>Organizational Training (OT)</i>	<i>Process Management</i>	3

<i>Product Integration (PI)</i>	<i>Engineering</i>	3
<i>Project Monitoring and Control (PMC)</i>	<i>Project Management</i>	2
<i>Project Planning (PP)</i>	<i>Project Management</i>	2
<i>Process and Product Quality Assurance (PPQA)</i>	<i>Support</i>	2
<i>Quantitative Project Management (QPM)</i>	<i>Project Management</i>	4
<i>Requirements Development (RD)</i>	<i>Engineering</i>	3
<i>Requirements Management (REQM)</i>	<i>Project Management</i>	2
<i>Risk Management (RSKM)</i>	<i>Project Management</i>	3
<i>Supplier Agreement Management (SAM)</i>	<i>Project Management</i>	2
<i>Technical Solution (TS)</i>	<i>Engineering</i>	3
<i>Validation (VAL)</i>	<i>Engineering</i>	3
<i>Verification (VER)</i>	<i>Engineering</i>	3

Tabel 3. CMMI-DEV protsessipiirkonnad

Nendest protsessipiirkondadest 16 kuulub üldisesse CMMI peatükis kirjeldatud CMF'i ja ülejäänud 6 on mudelispetsiifilised (tabelis märgitud halliga). Tulp *Category* näitab grupeeringut pideva esitusviisi põhised ning tulp *Maturity Level* näitab astmelise esitusviisi puhul küpsusetaset, mille saavutamiseks peab olema antud protsessipiirkond kirjeldatud ja rakendatud.

4.2 CMMI-DEV rakendamine organisatsioonis

Olles mudelite ja reeglite kogum, mille rakendamisel on lubatud teatav paindlikkus, ei ole CMMI klassikaline ISO-tüüpi standard. CMMI rakendamist organisatsioonis ei sertifitseerita,

vaid hinnatakse protsesside vastavust mudelitele ning parimatele praktikatele. CMMI puhul on selleks ametlik hindamismeetod – *Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement* (SCAMPI), mille edukalt läbinuna saab osaleda DOD ja teiste organisatsioonide töövõtjana, kes seda nõuavad. Samas kasutavad paljud ettevõtted CMMI puhul enesehindamist, et edendada protsesse ilma konkreetset “diplomit” hankimata. Nende jaoks on väärtus ennekõike tõhusamas toimimises ja organisatsiooni paremas juhitavuses.

4.3 Kaardistatud ettevõtte arendusprotsesside vastamine nõuete halduse protsessipiirkonnale (REQM)

Antud töös toimunud kaardistamise puhul tundub mõistlik hinnata analüüsivat ettevõtet pideva esituse vaatenurga alt. Põhjuseks on võimalus keskenduda huvipakkuvale nõuete halduse protsessipiirkonnale.

Tabel 4 annab ülevaate hinnangutest, mis on antud konkreetsete praktikate kasutamisele olemasolevate protsesside puhul. Aluseks on võetud REQM protsessipiirkonna infomaterjalid [6] [7].

<i>Specific Goal</i>	<i>Specific Practice</i>	<i>Is it achieved?</i>
SG 1 Manage Requirements <i>Requirements are managed and inconsistencies with project plans and work products are identified.</i>	SP 1.1 Understand Requirements <i>Develop an understanding with the requirements providers on the meaning of the requirements.</i>	Partially / not fully documented
	SP 1.2 Obtain Commitment to Requirements <i>Obtain commitment to requirements from project participants.</i>	Implemented
	SP 1.3 – Manage Requirements Changes <i>Manage changes to requirements as they evolve during the project</i>	No

	<p>SP 1.4 – Maintain Bidirectional Traceability of Requirements</p> <p><i>Maintain bidirectional traceability among requirements and work products.</i></p>	<p>Partially / not properly documented</p>
	<p>SP 1.5 – Ensure Alignment Between Project Work and Requirements</p> <p><i>Ensure that project plans and work products remain aligned with requirements.</i></p>	<p>No / not documented</p>

Tabel 4. REQM protsessipiirkonna praktikate tabel

Hinnangute kokkuvõtteks ja CMMI-DEV mudeli põhimõtteid järgides tuleb ettevõtte nõuete halduse protsessipiirkonna võimekuse tasemeks “puudulik” ehk tase 0. Kuigi antud valdkond on osaliselt dokumenteeritud, siis näiteks nõuete muutuste haldamine puudub olemasolevatest protsessikirjeldustest täielikult ning mitmed teised praktikad on kasutuses või dokumenteeritud osaliselt.

4.4 Soovitatud nõuete halduse protsessi muudatused

Selleks, et tagada CMMI-DEV poolt kirjeldatud REQM eesmärgi (SG 1) saavutamine ja antud protsessipiirkonna vastamine CMMI püsiva esitusviisi võimekuse tasemele 2, tuleb minimaalselt tagada SP 1.1 kuni SP 1.5 rakendamine.

Antud töös tehtud analüüsi tulemusena saab välja pakkuda järgmised soovitud ettevõtte protsesside muutmiseks ning parendamiseks:

- 1. Muuta arendusprotsesside vaade ettevõtte struktuuripõhisest tegevuspõhiseks, lähtudes CMMI-DEV protsessipiirkondadest.**

Konkreetsemalt tuleks osakondade protsesside kirjeldamise asemel kirjeldada projekti ning arenduse käigus toimuvaid protsesse, sest tegelikult toimuv arendusprotsess on niigi osakondade ülene. Osakondade spetsiifilised erisused saab kajastada alamprotsessides või juhendites.

2. Luua eraldi protsess, mis reglementeerib nõuete haldusega seotud tegevusi ning praktikaid ning kirjeldab selle seosed teiste protsessidega.

Arvestades nõuete halduse olulisust on mõistlik seda kirjeldada selgelt eraldi protsessina. Eriti arvestades, et mitmete ebaõnnestunud projektide puhul toodi intervjuudes peamise põhjusena nõuet muutumist projekti käigus.

3. Lisada loodavasse, eraldiseisvasse nõuete halduse protsessi järgmised REQM SP'dele vastavad tegevused:

SP 1.1. Üheselt mõistetavate nõuete jaoks kirjeldada nõuete vormistamis-, hindamis- ja vastuvõtukriteeriumid. Kirjeldada selgemalt nõuete jaotus funktsionaalseteks ja mittefunktsionaalseteks nõueteks.

SP 1.2. Selgelt välja tuua kes, kuidas ja millistes protsessides peavad nõuded kinnitama.

SP 1.3. Kirjeldada nõuete muutuse haldus nii, et kaetud on ka projekti käigus toimuvad muutused. Vajalik viia kliendini muudatustest tulenevad mõjud projektile.

SP 1.4. Tagada nõuete jälgitavus. Millal, miks ja milliseks nõuded muutusid? Mõistlik on kaaluda selleks nõuete haldust hõlbustava tarkvara juurutamist.

SP 1.5. Kirjeldada, kuidas tagatakse nõuete muutumisel, et kõik muudatusest mõjutatud dokumendid, projektiplaanid ja kavad ajakohastatakse.

Lisasoovitusena võib välja tuua võimaluse joondada protsessid nii ISO 9001 kui ka CMMI-DEV alustest lähtuvalt [8].

5. Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli elektroonikaettevõtte arendusprotsessi kaardistus nõuete haldusest lähtuvalt ning selle analüüs CMMI-DEV mudeli põhiselt ja nõuete halduse protsessi parendusettepanekute esitamine.

Töö tulemusena sai tutvustatud CMMI raamistikku ja CMMI-DEV mudelit üldisemalt, kaardistatud vaadeldava ettevõtte arendusprotsess vastavalt töö vajadustele. Kaardistamise tulemusena saadud andmeid analüüsiti CMMI-DEV mudeli pideva esituse vaatest lähtuvalt nõuete halduse (REQM) protsessipiirkonnas.

Töö tulemusena võib esile tõsta järgnevad tulemid:

- Töös käsitletud ettevõtte nõuete halduse protsess vastab võimekuse tasandile 0 ehk “puudulik” hoolimata sellest, et ettevõtte on joondanud oma arendusprotsessid kvaliteedisüsteemi ISO 9001:2008 soovitude järgi. Analüüsi tulemusena võib öelda, et CMMI-DEV on antud tüüpi ettevõtte jaoks sobiv mudel kontrollimaks selle võimekust ja küpsust oma toimimisvaldkonnas ning leidmaks kitsaskohti, mis üldisema suunitlusega kvaliteedisüsteemis ei pruugi esile tulla.
- Võttes aluseks CMMI-DEV REQM rakenduspraktikad (*specific practices*, SP), sai tehtud parendusettepanekud ettevõtte protsesside täiendamiseks.

Nende tulemite põhjal võib lugeda töös seatud eesmärgid saavutatuks.

Võimalikke töö edasiarendusi silmas pidades on üks arengukohti laiahaardelisem analüüs. Antud töös on analüüsitud äärmiselt kitsast, kuigi olulist arendusprotsessi valdkonda. Kindlasti on CMMI-DEV mudeli põhjal tehtud nõuete halduse protsessi parendamissettepanekutest abi, aga edaspidi võiks tõenäoliselt parema tulemuse anda ikkagi terve mudeli rakendamine läbi kogu organisatsiooni, kasutades astmelist esitust. Kuigi CMMI pidev esitus ongi konkreetseid protsessipiirkondi ja kitsaskohti silmas pidades loodud ning SEI julgustab ka vajadusel organisatsiooni protsesside valikulist edendamist, võib ikkagi tekkida protsesside vahel ebakõlasid, kui ei vaadelda organisatsiooni tervikuna.

Edasise arenguna oleks huvitav võtta ette mahukam töö ja analüüsida vajalikke muudatusi, et aidata ettevõtte vähemalt CMMI-DEV küpsustasemele 2, "hallatud". Kindlasti lisaks väärtust ka CMMI raamistiku detailsem võrdlemine ISO 9001 ja teiste valdkonda puudutavate standardite ja raamistikega (näiteks SPICE ehk ISO 15504 või ISO 12207). Juba käesolevas töös tehtud kaardistamise käigus joonistus välja ühisosa, kus erinevad standardid võivad teineteist täiendada.

Summary

The goal of this thesis was to map out the development process of an electronics company, from the requirements management point of view, analyse the said process within context of the CMMI-DEV model and to suggest further improvements to the process.

First the CMMI framework, and the CMMI-DEV model in general, were introduced. Then the development process of the company was mapped, in accordance with the requirements put forward in this paper. The resulting data was analyzed using the CMMI-DEV model's continuous representation within the requirements management (REQM) process area.

As a result, the following outcomes could be highlighted:

- The company's requirements management process corresponds to the CMMI Maturity Level 0, despite the fact that the company has aligned its development processes in accordance with the suggestions put forward in the ISO 9001:2008 quality management standard. As a result of the analysis, one can say, that the CMMI-DEV is a suitable model for this type of business, for assessing its capabilities and maturity in its area of expertise, and to find the bottlenecks in the process, that might not be apparent using a broader quality management system.
- Suggestions to improve the company's requirements management processes were made, based on CMMI-DEV REQM Specific Practices.

Based on these results, the objectives set forth in this paper have been achieved.

A broader analysis on the topic could be a possible future avenue of research. This paper focuses strictly on a narrow, albeit important area, of the development process. While the improvement suggestions, put forward by the CMMI-DEV model, are certainly helpful in their own right, a better result could probably be achieved by implementing the model throughout the entire organization, using staged representation. Despite the fact, that CMMI continuous representation is designed to address specific process areas and SEI encourages selective improvement of the organization's processes, one can still experience inconsistencies between those processes, unless the organization is considered as a whole.

As a further development, it would be interesting to undertake the extensive work and analysis of the necessary changes, that are needed, for the company to reach at least the CMMI-DEV Maturity Level 2, “managed”. Additional value could be extracted from a more detailed comparison between the CMMI framework, ISO 9001 and other relevant standards in the field (such as SPICE [ISO 15504] or ISO 12207). Already, within the scope of the process mapping done in this paper, a common core drew out, where the different standards could complement each other.

Kasutatud kirjandus

- [1] C. Ebert ja C. Jones, „Embedded Software: Facts, Figures, and Future,“ *Computer*, kd. 42, nr 4, lk. 42 - 52, April 2009.
- [2] „Gartner Says 6.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015,“ 10 November 2015. [WWW].
<http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>. [Kasutatud 24.01.2016].
- [3] M. Markvardt, „Alustame ehitamist vundamendist!“, 4.04.2014. [WWW].
<http://asaquality.blogspot.com.ee/2014/04/alustame-ehitamist-vundamendist.html>. [Kasutatud 5.03.2016].
- [4] PMI, „Requirements Management a Core Competency for Project And Program Success,“ august 2014. [WWW]. <https://www.pmi.org/~/-/media/PDF/Knowledge%20Center/PMI-Pulse-Requirements-Management-In-Depth-Report.ashx>. [Kasutatud 6.03.2016].
- [5] M. C. Paulk, „A History of the Capability Maturity Model for Software,“ *ASQ Software Quality Professional*, kd. 12, nr 1, lk. 5-19, detsember 2009.
- [6] CMMI Product Team, CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033), Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010.
- [7] „Capability Maturity Modeling - Integrated. REQM: Requirements Management,“ [WWW]. http://hci-iti.com/CMMI/frame_set_requirements_m.html [Kasutatud 7.5.2016].
- [8] B. Mutafelija ja H. Stromberg, Process Improvement with CMMI® v1.2 and ISO Standards, CRC Press, 2008.