

Antti Huopana

**TESTILAITTEET TUOTEKEHITYKSEN KRIITTISENÄ
RESURSSINA**

Opinnäytetyö

CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU

Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma

Kesäkuu 2013

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö	Aika	Tekijä
Tekniikan yksikkö	Kesäkuu 2013	Antti Huopana
Koulutusohjelma		
Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma		
Työn nimi		
Testilaitteet tuotekehityksen kriittisenä resurssina		
Työn ohjaaja	Sivumäärä	
KTT Pekka Nokso-Koivisto ja TkL Eero Pikkarainen	73+5	
Työelämäohjaaja		
Insinööri Marko Höynälä		
<p>Tietoliikennealalla vaaditaan jatkuvasti nopeammin uusia ja entistä kehittyneempiä tuotteita markkinoille. Nopeampi aikataulu ja ominaisuuksien määrän kasvaminen vaatii enemmän testausta tuotekehitysvaiheessa. Toiminnan tehostaminen ja olemassa olevien laitteiden mahdollisimman tehokas käyttö ovat elinehto alalla toimiville yrityksille.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena on ymmärtää kohdeyrityksen testilaitteiden käyttöä ja miten käyttöä voidaan kehittää nykyisestä.</p> <p>Tutkimuksen tulokset osoittavat, että testilaitteiden käyttöä voidaan tehostaa automaatiolla; toimiva testausstrategia sekä strategian onnistunut kommunikointi vaikuttavat testilaitteiden käyttöön; ja testilaitteiden tehokkaalla ylläpidolla voidaan parantaa testilaitteiden saatavuutta ajallisesti.</p>		

Asiasanat

kapeikkoajattelu, kriittinen ketju, testausstrategia, testilaitteet, tutkimus ja tuotekehitys

ABSTRACT

Unit Department of Technology	Date June 2013	Author Antti Huopana
Degree Programme Degree Programme in Technological Competence Management		
Name of Thesis Test equipment as a critical resource in R&D		
Instructor Pekka Nokso-Koivisto and Eero Pikkarainen		Pages 73+5
Supervisor Marko Höynälä		
<p>Telecommunication is an area where new products are demanded continuously with shorter development times and better features. Fast pace and increasing number of features require more testing in product development phase. Efficient operations and utilization of existing test equipment are lifeblood for companies in telecom industry.</p> <p>Goal of this research is to understand the usage of test equipment in the target company and understand how to improve the usage.</p> <p>Results show that test equipment utilization can be increased by automation; good implementation and communication of test strategy impact to usage of test equipment; and efficient test equipment maintenance improves overall availability of test equipment.</p>		

Keywords

Critical Chain, Test Equipment, Testing Strategy, Theory of Constraints, Research and Development

LYHENTEET

F&C	Finance & Control, talousosasto
LTE	Long Term Evolution, neljännen sukupolven matkapuhelinteknologia
R&D	Research & Development, tutkimus- ja tuotekehitys
ToC	Theory of Constraints, kts. kapeikkoajattelu
alusta	engl. <i>platform</i> . Tiettyyn vaiheeseen kehitetty sulautettu järjestelmä, josta voidaan nopeasti kehittää uusia sulautettuja järjestelmiä.
julkaisu	engl. <i>release</i> .
kapeikkoajattelu	Jokaisella systeemillä on rajoite, joka estää systeemiä pääsemästä tavoitteeseensa.
käännös	engl. <i>build</i> .
tiekartta	engl. <i>roadmap</i> . Suunnitelma tai ohje tulevaisuudessa tehtävistä toimenpiteistä. Usein visuaalinen.
vaatimus	engl. <i>requirement</i> . Standardeihin perustuva tai asiakkaan vaatimus laitteen tai ohjelmiston toiminnasta.
validointi	engl. <i>validation</i> . Asiakkaan tarpeiden mukaisen toiminnan toteaminen testaamalla.
verifiointi	engl. <i>verification</i> . Vaatimusten mukaisen toiminnan toteaminen testaamalla.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TESTAAVA TUOTEKEHITYS	4
2.1	Strategia	5
	2.1.1 Yrityksen päämäärä	5
	2.1.2 Tuotekehitysstrategia ja projektiportfolio	5
2.2	Projektiportfolio	8
	2.2.1 Vaihe-portti –malli	9
	2.2.2 Systemin kehitysmalli	10
2.3	Projektityö	10
	2.3.1 Projektityön määrittely	10
	2.3.2 Projektioorganisaatio	11
	2.3.3 Projektin johtaminen	14
	2.3.4 Projektin vaiheet	15
	2.3.5 Projektisuunnitelma	17
	2.3.6 Kommunikointi	18
2.4	Ohjelmistotuotanto	19
	2.4.1 Ohjelmiston laatu	19
	2.4.2 Testausstrategia	21
	2.4.3 Testauksen suunnittelu	24
2.5	Liiketoiminnan edellytykset	25
	2.5.1 Standardisoidun tekniikan tuotekehitys	25
	2.5.2 Investoinnit ja strategia	27
	2.5.3 Tiekartta	28
2.6	Resurssien käyttö	28
	2.6.1 Tuotekehityksen pullonkaulat	28

2.6.2	Resurssien allokointi ja aikataulus	29
3	TOIMINNALLINEN VIITEKEHYS	31
4	MENETELMÄT	33
4.1	Menetelmät ja aineisto	33
4.2	Tutkimuksen laadun varmistaminen	35
5	TULOKSET	38
5.1	Yleistä	38
5.2	Vastaajien taustatiedot	39
5.3	Testauksen johtaminen	40
5.3.1	Testausstrategia	41
5.3.2	Testausprosessit	44
5.3.3	Muutokset investointiprosessiin	44
5.4	Resurssien käytön ja testaustoiminnan suunnittelu	45
5.4.1	Testilaitteiden aikataulus	46
5.4.2	Hyödyttömän ja hyödyntämättömän testauksen karsinta	47
5.4.3	Pidemmän aikavälin testilaitteiden allokointi	48
5.4.4	Testilaitteiden lisäkapasiteetin tarpeen tunnistaminen	50
5.5	Testilaitteiden käyttäminen	51
5.5.1	Ehdotukset käytön tehostamiseksi	54
5.5.2	Rajoitteet paremman tehokkuuden saavuttamiseksi	56
5.6	Yhteenveto	56
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	58
	LÄHTEET	62
	LIITTEET	

Kuviot

KUVIO 1. Teoreettinen viitekehys	4
KUVIO 2. Tuotekehitysprosessi	7
KUVIO 3. Projektiorganisaatio	12
KUVIO 4. Tyypillinen projektin vaiheistus	16
KUVIO 5. LTE–modeemien markkinaosuudet 2012	27
KUVIO 6. Yksinkertaistettu kaavio testausstrategian jalkauttamisesta testaamiseksi	31
KUVIO 7. Yksinkertaistettu prosessikaavio testauksesta	32
KUVIO 8. Vastaajien roolit paikkakunnittain	40
KUVIO 9. Kuvaaja testausprosessiin ja strategiaan liittyvistä väittämistä	41
KUVIO 10. Kuvaaja testilaitteiden käyttöön liittyvistä väittämistä	52
KUVIO 11. Kuvaaja testilaitteiden käyttäjiin liittyvistä väittämistä	53
KUVIO 12. Kuvaaja testilaitteiden kyvykkyyteen ja kapasiteettiin liittyvistä väittämistä	55

Taulukot

TAULUKKO 1. Alatutkimusongelmat	3
TAULUKKO 2. Tuote-markkina –matriisi	5
TAULUKKO 3. Esimerkkejä testausstrategiasta	21
TAULUKKO 4. Tutkimusprosessin kahdeksan vaihetta	35
TAULUKKO 5. Testit empiirisen sosiaalisen tutkimuksen laadun varmistamiseksi	36
TAULUKKO 6. Saatujen vastausten jakaantuminen paikkakunnittain	38
TAULUKKO 7. Rajoittaako jokin testijärjestelmiä saavuttamasta parempaa tehokkuutta?	56
TAULUKKO 8. Tunnistetut heikkoudet tutkimuksessa	59

1 JOHDANTO

Langattoman tiedonsiirron parissa työskentelevät yritykset tarvitsevat pääomaa testilaitteisiin ja testilaitteiden päivityksiin. Kaikki investointitarpeet pitää perustella liiketoiminnan kannalta. Perusteiden pitää kestää yrityksen johdon ja rahoittajien kriittinen tarkastelu. Kyvykkyydeltään ensimmäisten laatuaan olevien laitteiden tarpeellisuus on perusteltavissa ominaisuuksilla, jotka jäävät testaamatta ilman näitä uusia laitteita. Seuraavat laitteet ovat lisäkapasiteettia ensimmäisille. Lisäkapasiteettiin on perusteltua investoida vasta ensimmäisen laitteen ollessa tehokkaassa käytössä, ja kun pystytään osoittamaan yrityksen saama hyöty lisäkapasiteetista.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kohdeyrityksen testilaitteiden suunnittelua ja käyttöä, niihin liittyviä prosesseja sekä pystytäänkö löytämään keinoja hyödyntää olemassa olevia laitteita tehokkaammin. Yritys, jolle tämä opinnäytetyö on tehty, toimii langattoman tiedonsiirron alalla. Kilpailu kyseisellä alalla on erittäin tiukkaa ja vaatii runsaasti pääomaa. Kohdeyritys syntyi muutama vuosi sitten osana yrityskauppaa. Omistajan vaihdoksen myötä investointiprosessit muuttuivat. Muutoksen myötä uudet investoinnit vaativat entistä tarkemmat perustelut. Tämän työn taustat tulevat tarpeesta ymmärtää milloin testilaitteistosta tulee kriittinen resurssi tutkimukselle ja tuotekehitykselle, jolloin sitä käytetään kapasiteetin ääriarajoilla. Oman työni kannalta minun täytyy ymmärtää seuraavat kysymykset: 1. Voidaanko käyttö- tai työskentelytavoissa tehtävillä muutoksilla vaikuttaa kapasiteettia vapauttavasti? 2. Voidaanko olemassa olevaa kapasiteettia suojella ettei tehty työ mene hukkaan? 3. Missä vaiheessa yrityksellä on riittävät perusteet hankkia lisäkapasiteettia?

Tutkimuksen aiheena ovat testilaitteet. Kohdeyrityksen laadunvalvontaan kuuluu alan standardien ja viranomaisvaatimusten mukaiset testaukset sekä yrityksen omien standardien mukaiset testaukset. Tutkimus rajataan koskemaan niitä yksiköitä ja testilaitteita joita käytetään nimenomaan langattoman protokollaohjelmiston testauslaboratorioissa. Testilaitteiden suunnittelun ja käytön osalta tutkimus rajataan koskemaan laitteita korkeintaan valmistajan ja mallin tarkkuudella. Testilaitteiden ohjelmistot tai muut testauksessa käytettävät apuvälineet rajataan tutkimuksen ulkopuolelle. Toiminta testauslaboratorion ulkopuolella ei kuulu tutkimuksen piiriin. Prosesseja tutkitaan esimiesten, käyttäjien ja muun henkilöstön näkökulmasta.

Tutkimuksen teoriapohja, joka perustuu kapeikkoajatteluun, testausstrategiaan ja projekti-johtamisen oppeihin, esitellään seuraavassa luvussa. Tutkimusmenetelmään liittyvät tiedot on esitelty omassa luvussaan ja niiden jälkeen on tutkimuksen kyselyyn liittyvät vastaukset. Vastausten jälkeen seuraavassa luvussa esitellään päätelmät ja yhteenveto tutkimuksesta, jotka nitovat esitellyn teorian ja tutkimuksen vastaukset tuloksiksi. Viimeiseksi löytyvät tutkimuksessa käytetyt lähteet sekä työn julkiset liitteet. Luottamuksellista tietoa sisältävät liitteet ovat ainoastaan tutkimuksen kohteena olevan yrityksen ja opinnäytetyön valvojien käytössä.

Tarve tutkimukselle on syntynyt yrityksen testauslaboratorioista vastaavalle organisaatiolle tulleesta kritiikistä, jonka mukaan yrityksen käytössä olevat testilaitteistot ovat riittämättömät. Koska kritiikki tuollaisenaan jättää monia kysymyksiä avoimeksi, on epäkohtiin puuttuminen vaikeaa. Yritys on tilannut tämän tutkimuksen, jotta se voi ymmärtää nykyisen testilaitteiston käytön suunnittelua, käyttöä ja uusien laitteiden tarpeellisuuden tunnistamiseen sekä hankintaan liittyviä prosesseja ja toimintamalleja, puuttua mahdollisiin epäkohtiin ja näin vastata annettuun kritiikkiin.

Henkilökohtainen kokemukseni testilaitteiden parissa antaa minulle tiettyjä ennakoasenteita. Käyttökokemukset yhden valmistajan yhdestä mallista saattavat leimata saman valmistajan muut mallit, hyvässä tai pahassa. Laitteiden käytettävyydessä ja stabiiliudessa on merkittäviä eroja jo eri käyttötapojen tai ohjelmistoversioiden välillä, jonka vuoksi yleistyksen johtavat yleensä harhaan. Käyttäjien osaamis- ja tietämystaso ovat mielestäni erittäin yksilöllisiä. Toiset käyttäjät ovat luontaisesti hyvällä tavalla ”laiskoja” ja pyrkivät saamaan mahdollisimman paljon aikaan vähällä vaivalla, kun samaan aikaan toiset eivät kykene pois-oppimaan jo vuosia sitten vanhentuneita työskentelytapoja. Tyypillinen työelämässä hyvien toimintamallien leviämistä estävä asenne on ns. NIH-syndrooma (yksi muutosvastarinnan muoto, engl. *Not Invented Here*), joka estää työntekijöitä tekemästä jotain, koska tapa tai malli on keksitty muussa organisaatiossa tai toisella paikkakunnalla. Pyrin tiedostamaan oman asenteellisuuteni tutkimuksen edetessä ja välttämään vaikutusta tuloksiin.

Investointi kyvykkyyteen perustuu faktaan, että toiminnallisuuden toteaminen toimivaksi vaatii kyvykkyyden testata. Ilman kyvykkyyttä ei voi testata. Investointi kapasiteettiin perustuu havaintoihin ja keskusteluihin, ei johdonmukaisiin mittareihin. Kyvykkyyden kanssa on kaksi vaihtoehtoa, sitä on tai ei ole. Kapasiteetin kanssa vaihtoehtoja on runsaammin, olemassa olevaa kapasiteettia on paljon tai vähän. Näiden lisäksi kapasiteetin käyttöä voidaan

TAULUKKO 1. Alatutkimusongelmat

1. Käytetäänkö olemassa olevia resursseja (laitteet) tehokkaasti?
2. Voidaanko laitteiden käyttöä tehostaa testauksen suunnittelua ja resursointia (ihmiset) muuttamalla?
3. Millä perusteilla päätökset uusista investoinneista tehdään?

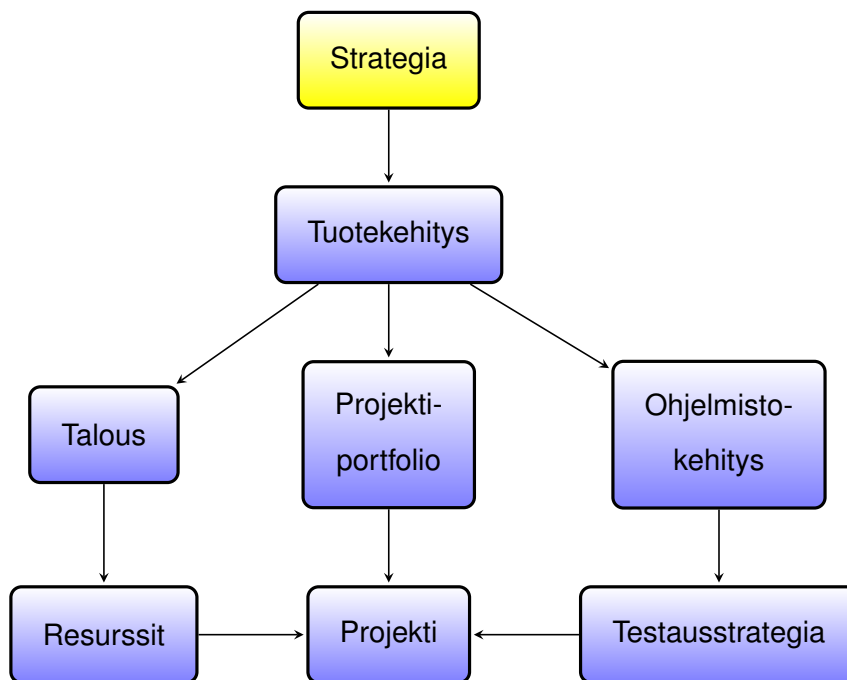
optimoida ja aikatauluttaa.

Standardien mukaan testilaitte-puhelin ja puhelin-verkko -yhdistelmien pitää toimia toistensa kanssa yhteen. Standardi kertoo toiminnallisuudet yksiselitteisesti. Toiminnallisuuden olemassaolo käytössä olevissa testilaitteissa kertoo, onko yrityksellä kyvykkyyttä testata kyseinen toiminnallisuus. Testausstrategiassa otetaan kantaa siihen mitä, miten ja missä halutaan testata. Strategisen päätöksen mukana sitoudutaan antamaan työssä tarvittavat resurssit (tässä tutkimuksessa testilaitteet). Tarvittaessa resurssien hankinta on osa operatiivista toimintaa.

Tutkimuksen päätutkimusongelmakysymys on: ovatko testilaitteet tuotekehityksen kriittinen resurssi?

2 TESTAAVA TUOTEKEHITYS

Yrityksen päämääränä on strategian toteuttaminen. Strategia linjaa talouden ja tuotekehityksen toiminnan. Tuotekehitys toteuttaa yrityksen strategiaa projektiportfolion ja ohjelmistokehitysmallin mukaisesti, annettujen taloudellisten reunaehtojen puitteissa. Projektiportfolio antaa projekteille vaatimukset kehitettäväksi. Ohjelmistokehityksen yksi osa-alue on testausstrategia, jota toteuttamalla kehitettyjen laitteiden laatu varmistetaan. Projekti käyttää saamansa työntekijä- ja laiteresurssit yritystä parhaiten hyödyttävällä tavalla, noudattaen sovitua testausstrategiaa.



KUVIO 1. Teoreettinen viitekehys

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys on esitelty kuviossa 1. Työn keskiössä ovat projektityö ja projektien johtaminen. Testausstrategia kertoo miten testaus suoritetaan projektissa ja resurssit tarvitaan itse testauksen suorittamiseen.

2.1 Strategia

2.1.1 Yrityksen päämäärä

Strategia pitää sisällään yrityksen liiketoimintaan liittyvän päätöksenteon säännöt ja suuntaviivat. Strategia takaa jatkuvuutta ja näkyvyyttä tulevaisuuteen, jonka pohjalle yrityksen kasvua voi rakentaa. Yrityksen strategia perustuu toimialaan, jossa yritys päättää toimia. Toimiala voi olla keskittyminen tietylle alueelle tai teknologiaan. Vaihtoehtona on myös monialaisuus, jolloin yritys hakee liiketoiminnalle kasvua mistä vain. (Ansoff 1987, 101.)

TAULUKKO 2. Tuote-markkina –matriisi (Jaakkola & Tunkelo 1987, 44)

		Tuotteet	
		Nykyiset	Uudet
Markkinat	Nykyiset	Nykyisen liiketoiminnan tehostaminen	Tuoteohjelman uudistaminen
	Uudet	Markkinoiden laajentaminen	Uuden liiketoiminnan hankkiminen

Yrityksen toiminta-ajatus määrittelee, miksi yritys on olemassa; ja pyrkii vastaamaan kysymykseen, mitä markkinoiden tarpeita yritys pyrkii tuotteillaan tyydyttämään. Toiminta-ajatus on yrityksen kaiken suunnittelun ja päätöksenteon – tuotestrategia mukaan lukien – perusta. Strategisella suunnittelulla johdetaan yritykselle päämäärät ja tavoitteet. Yrityksen voimavarat pyritään suuntaamaan optimaalisesti uusiin ja olemassa oleviin markkinoihin ja tuotteisiin taulukon 2 mukaisesti. Matriisin mukaiseen suunnittelutyöhön osallistuminen on työhön osallistuvien kannalta tärkeämpää kuin siitä saatava raportti, koska työhön osallistuneet saadaan tajuamaan yritystoiminnan kokonaisuus sekä näkemään uhat ja mahdollisuudet yrityksen tulevaisuudelle. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 43-44.)

2.1.2 Tuotekehitysstrategia ja projektiportfolio

Strategian kannalta oikeiden teknologioiden ja markkinoiden löytymistä varten voi hyödyntää tuote-markkina –matriisia (taulukko 2). Sopivan teknologian ja markkinan suhde antaa kuvaa minkälaisille markkinoille tuotteella tähdätään. Jokainen tuotekehitysprojekti sijoitetaan kuvaajalle, jossa vertaillaan tuotteen sijoittumista teknologioiden suhteen yritykselle tut-

tuihin, yritykselle uusiin ja kaikille uusiin teknologioihin sekä markkinoiden suhteen vastavasti yritykselle tuttuihin, yritykselle uusiin sekä kaikille uusiin markkinoihin. Mielenkiintoisimmat projektit löytyvät yrityksen hyvin tuntemalta teknologia-alueelta, jossa markkinat ovat kaikille uusia. Niissä yrityksellä on parhain mahdollisuus kiritä etumatkaa kilpailijoihin nähden. (Stevens 1997; Artto, Martinsuo & Aalto 2001.)

Jaakkola & Tunkelo (1987) esittelee seuraavat tuotekehitystoiminnan strategiavaihtoehdot:

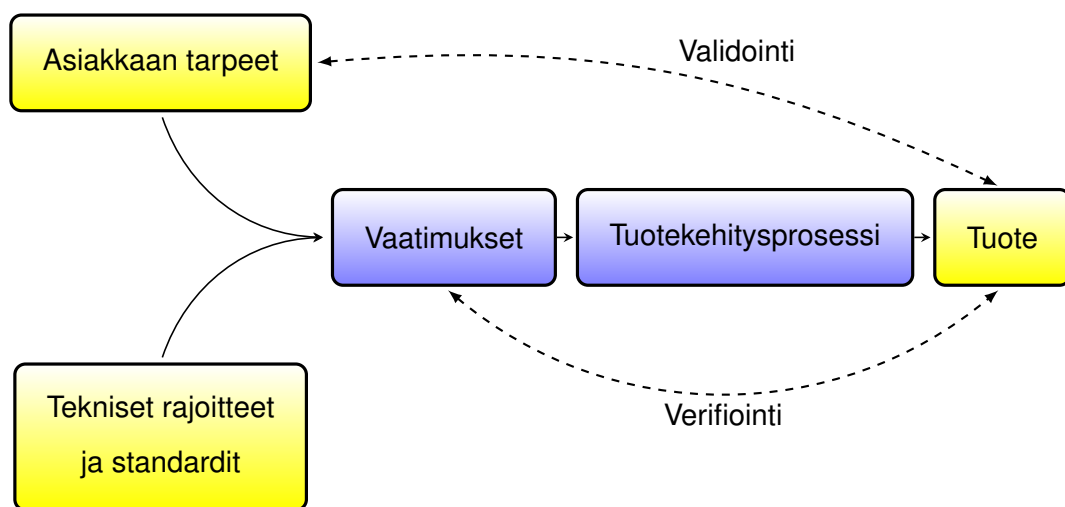
1. ensimmäisenä markkinoilla (pioneeri)
2. seurailija
3. soveltaja ja erikoistarpeiden tyydyttäjä
4. jäljittelijä

Markkinoilla ensimmäisenä olemisen strategia perustuu suureen tutkimus- ja tuotekehityspanokseen, teknilliseen edelläkävijyyteen, riskien ottamiseen ja riittäviin resursseihin. Strategian toteuttaminen vaatii yrityksen johdolta silmää markkinoille sekä pätevää ja aktiivista tuotestrategista otetta. Seurailija-strategia perustuu nopeaan reagointiin markkinoiden muuttuessa. Markkinoinnin, tuotekehityksen ja tuotannon täytyy työskennellä joustavasti, jotta reagointiviiveet pidetään mahdollisimman pieninä. Soveltaja ja erikoistarpeiden tyydyttäjä-strategia vaatii hyvää markkinatuntemusta ja tehokasta tuotesuunnittelua. Johto on yleensä tulosorientoitunut ja taloudellisuuden tarkkailu muodostuu yleensä innovatiivisuutta tärkeämmäksi. Jäljittelijä-strategia hoidetaan tehokkaalla tuotannolla ja erittäin tiukalla kustannusten seurannalla. Menestys perustuu alhaiseen hintaan ja hyvään toimituskykyyn. Tutkimus- ja tuotekehitys on vähäistä, koska painopiste on tehokkaan massatuotannon vaatimissa investoinneissa. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 62-63.)

Eri teknologia- ja markkina-alueille suunniteltuja projekteja johdetaan yksittäisinä projekteina, jolloin työntekijöitä ohjataan yhteen suuntaan, mutta yrityksen strategian kannalta projekteja pitää hallita kokonaisuutena. Kaikkien projektien johtamista kutsutaan projektiportfolion hallinnaksi (*project portfolio management*). Projektiportfolion hallinta on dynaaminen päätöksentekoprosessi. Projektiportfolion hallinnassa on huomioitava, että ei pidä arvioida projekteja yksilöinä vaan osana portfoliota. Projektin päätöksenteko tapahtuu kahdessa tasossa, projektien sisäisillä vaihe-portti-katselmuksilla ja projektien ulkopuolisilla projektiportfolion katselmuksilla. Yrityksen prosessien on toimittava tehokkaasti, jotta näiden kahden päätöksentekoprosessin välille ei tule ristiriitoja. (Artto ym. 2001, 11; Cooper, Edgett &

Kleinschmidt 1997, 16.)

Uuden tuotteen kehittämisessä tuotteen vaatimukset asetetaan asiakkaan tarpeiden, teknisten rajoitteiden ja standardien mukaan. Asiakkaan tarpeiden ja odotusten tunnistaminen sekä niiden muuttaminen tuotteen vaatimuksiksi on haaste tuotekehitykselle. Kuviossa 2 on esitetty miten asiakkaan tarpeista ja teknisistä rajoitteista sekä standardeista muodostetaan vaatimukset. Tuotekehitysprosessin avulla vaatimuksista kehitetään valmis tuote. Validoinnilla testataan tuotteen vastaavuus asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Verifiointilla testataan tuotteen vastaavuus vaatimusten mukaisesti. (Härkönen, Belt, Möttönen, Kess & Haapasalo, 2009a, 546-547.)



KUVIO 2. Tuotekehitysprosessi (Härkönen ym., 2009a, 546-547)

Lean-filosofian (karsitaan jatkuvasti tuottamatonta toimintaa) mukaisten uusien tuotteiden kehitys alkaa yleensä tehokkaiden prosessien kehittamisestä, jonka jälkeen pääpaino on kehitysaikojen nopeuttamisessa, ja sen jälkeen eri toimintojen aikatauluttamisessa. Todelliset hyödyt lean-filosofian mukaisesta uusien tuotteiden kehityksestä saadaan, kun luodaan toimintojen jatkuva virta. (Härkönen 2009, 22; Blog 2007.)

Vaatimusten muutosten ja strategian tiedottamisessa tiedon heikko kulku johtuu siitä, ettei tietoa analysoida ja muokata kohderyhmille sopiviksi visuaalisesti. Tekemättömyys voi johtua siitä, ettei sisäisiä asiakkaita tunnisteta. Lean-maailmassa ongelma on tunnistettu ja sen tärkeys ymmärretään. Ongelman ratkaisuun myös panostetaan. (Härkönen ym., 2009a, 556.)

2.2 Projektiportfolio

Projektiportfoliohallinnan kolme hyvin tunnettua päämäärää ovat: portfolion arvon maksimointi, portfolion liittäminen strategiaan ja portfolion tasapainottaminen (Cooper, Edgett & Kleinschmidt 1998). Platje, Seidel & Wadman (1994) näkee, että portfolio on yhdistelmä projekteja, joita johdetaan koordinoitusti, jotta niiden kokonaisuudesta saadaan parempi hyöty.

Portfolio on kokoelma projekteja tai ohjelmia (*program*) ja muuta työtä joka on ryhmitelty yhteen tuon työn tehokkaaksi hallitsemiseksi, ja yrityksen strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Projektit tai ohjelmat eivät välttämättä ole toisistaan riippuvaisia tai liity toisiinsa. Organisaatiot hallitsevat portfolioita erillisten tavoitteiden pohjalta. Yksi portfoliohallinnan tavoitteista on maksimoida portfolion arvo ja sulkea ajan kanssa pois projektit, jotka eivät täytä portfolion strategisia tavoitteita. Toinen tavoite on tasapainottaa portfolion sisäisiä jatkuvasti kasvavia ja taloudellisesti merkittäviä investointeja sekä resurssien käyttöä. (Bolles 2004, 16-17.)

Oltmann (2009) väittää, että projektiportfoliohallinnalla saavutetaan seuraavat kolme asiaa:

- Ohjataan toiminta strategian mukaiseksi. Jokaisella projektilla tulee olla tehtävä yrityksen strategian toteuttamiseksi.
- Maksimoidaan koko portfolion tuotto, jotta saadaan paras tuotto investoinnille. Portfolion tuotto on parempi kuin yksittäisten projektien tuoton summa.
- Tasapainotetaan portfolio. Tavoitteet eivät saa olla liikaa lyhyen tähtäimen tuloksissa tai liian riskipainotteista.

Portfolion evaluoinnin ei tule olla jatkuvaa, vaan keskittyä projektille tai projektiportfoliolle merkittävien virstanpylväiden seurantaan. Näitä virstanpylväitä nimitetään myös projektin päätöspisteiksi, joissa valitaan projektin kohtalo – *jatka* tai *lopeta*. (Cooper ym. 1997; Arto ym. 2001.)

Projektien maturiteettimallit ovat tarkoitettu yrityksille jotka tekevät saman tyyllisiä projekteja toistuvasti peräkkäin. Mallit mahdollistavat standardisoidun tavan viedä projektia eteenpäin. On olemassa useita erilaisia malleja, jotka sopivat tietyille osa-alueille, kuten ohjelmistotuotantoon, tuotekehitykseen jne. Jotkut mallit pitävät sisällään ainoastaan projektinhallintaan liittyvät osat ja jättävät suunnittelu- ja tuotannon vaiheet projektin itsensä hallittavaksi.

(Artto ym. 2001, 17.)

2.2.1 Vaihe-portti –malli

Vaihe-portti (*State-Gate*TM) on Robert Cooperin 1980-luvulla kehittämä tuotekehitysmalli. Cooper (2001) tuo esille vaihe-portti –mallin toimivuuden, joka on todistettu useilla tutkimuksilla. Mallin pohjana on systemaattinen vaiheiden ja porttien sarja. Vaiheissa tehdään tutkimusta ja kehitystyötä, jonka tulokset arvioidaan porteissa. Jokaisen portin yhteydessä arvioidaan tuotekehitysprojektin tilanne ja päätetään jatketaanko seuraavaan vaiheeseen, palataanko edelliseen vaiheeseen vai lopetetaanko projekti. Porttien arvioinnissa käytetään numeerisia mittareita sekä kysymyksiä, joihin voi vastata ”kyllä” tai ”ei”. Jokaisessa vaihe-portin vaiheessa tehtävä ”jatka” tai ”tapa” päätös on laadullinen tai taloudellinen ratkaisu. (Härkönen 2009, 23; Cooper 2001.)

Vaihe-portti –mallissa on 5 vaihetta ja vastaavasti 5 niitä seuraavaa porttia. Jokaista vaihetta ennen ja jälkeen on yrityksen tarpeita kartoittava ideavaihe (*discovery*) sekä tuotannon jälkeinen menestyksen arviointivaihe (*post-launch review*). Päävaiheet ovat järjestyksessä

1. Alustava tutkimus
2. Liiketaloudellisen suunnitelman rakennus (*business case*)
3. Kehitys
4. Testaus ja validointi
5. Julkistus

Jotta resursseja ei tarvitse seisottaa odottamassa ja projektin aikatauluja ei kohtuuttomasti tarvitse venyttää aiempien vaiheiden keskeneräisyyden vuoksi, on seuraavien vaiheiden aloittaminen mahdollista edellisen ollessa vielä hyväksymättä. Seuraavien vaiheiden aloituksesta syntyvät riskit pitää punnita aloittamatta jättämisestä syntyviä riskejä vastaan. Esimerkiksi komponenttitilausten tekeminen vs. tuotteen julkistuksen venyminen. (Cooper 2001, 148.)

Jokainen vaihe kertoo työn sen hetkisen päällimmäisen tavoitteen, lopputuotokset ja kuinka sinne päästään. Portit määrittelevät kriteerit joiden mukaan projekti onnistuu ja pääpaino on viimeisessä portissa. Tämä tarkoittaa, että projektin henkilökunta keskittyy työssään porttien kriteereihin. (Vanhatalo 2008, 21.)

Vaihe-portti –malli vaatii auktoriteetin omaavan projektipäällikön, jolla on voimaantunut tiimi alaisina. Tiimi koostuu yrityksen kaikista eri toiminnoista aina markkinoinnista valmistukseen asti. Mallia tulee soveltaa omaan ympäristöön, esimerkiksi ohjelmistokehitykseen. (Cooper 2001.)

2.2.2 Systemin kehitysmalli

Abstrakteja monimutkaisia systeemeitä voidaan ymmärtää paremmin käyttämällä systemin kehitysmalleja (*system development model*). Systemin kehitysmallit ovat myös perinteinen tapa lähestyä verifiointi- ja validointitoimintaa. Malleja voidaan käyttää apuna tuotteen määrittelydokumentaatiota luodessa ja auttaa johtamaan sekä koordinoimaan tuotteen kehitystä. (Härkönen 2009, 29.)

Ohjelmistotekniikassa yksinkertaisuutensa vuoksi yksi käytetyimpiä kouluesimerkkejä systemikehitysmalleista on vesiputousmalli, joka kuitenkin kankeutensa vuoksi sopii huonosti käytännön ohjelmistotuotantoon. Vesiputousmallin pohjalta on kuitenkin kehitetty muita malleja ja näiden hahmottaminen sekä omaksuminen onnistuu paremmin, kun alkuperäinen malli on ensin sisäistetty. (Härkönen 2009, 29.) Prototyypitysmallit voidaan jakaa evoluutionaarisiiin ja tutkiviin kehitysmalleihin. Evoluutiomallit tähtäävät tuotekehitykseen käytetyn ajan vähentämiseen. Tuotekehitystä voidaan nopeuttaa esimerkiksi rakentamalla tuotteesta versio, joka voidaan nopeasti validoida eli todeta sen täyttävän asiakkaan vaatimukset.

Alusta (*platform*) on yksi keino vähentää tuotekehityksen epävarmuuden aiheuttamia ongelmia. Alusta koostuu komponenteista, moduuleista ja osista, joista voidaan nopeasti kehittää uusia versioita. Tuotteistaminen alustasta on nopeaa, koska alustan avulla kehitystyötä ei tarvitse aloittaa tyhjältä pöydältä. (Härkönen, Möttönen, Belt & Haapasalo, 2009b, 88.)

2.3 Projektityö

2.3.1 Projektityön määrittely

Projekti on kertaluonteinen, tavoitteiden kautta määritelty sekä kestoaltaan ja resurssien käytöltään rajallinen. Tuotekehitysprojekteille on myös ominaista, että niiden tavoitteita täsmennetään askelittain. (Jaakkola & Tunkelo 1987.) Projekti on tilapäinen ponnistus tuotteen, pal-

velun tai muun tuloksen aikaansaamiseksi. Tilapäinen tarkoittaa, että projektilla on selvä alku ja loppu. Loppuun on päästy, kun projektin tavoitteet ovat saavutettu, tai käy selväksi ettei tavoitteita saada tai pystytä saavuttamaan, tai projektille ei ole enää tarvetta, jolloin se lopetetaan. Tilapäisellä ei tarkoiteta ajallisesti lyhyttä projektia, projekti voi kestää jopa useita vuosia. (Bolles 2004, 5.)

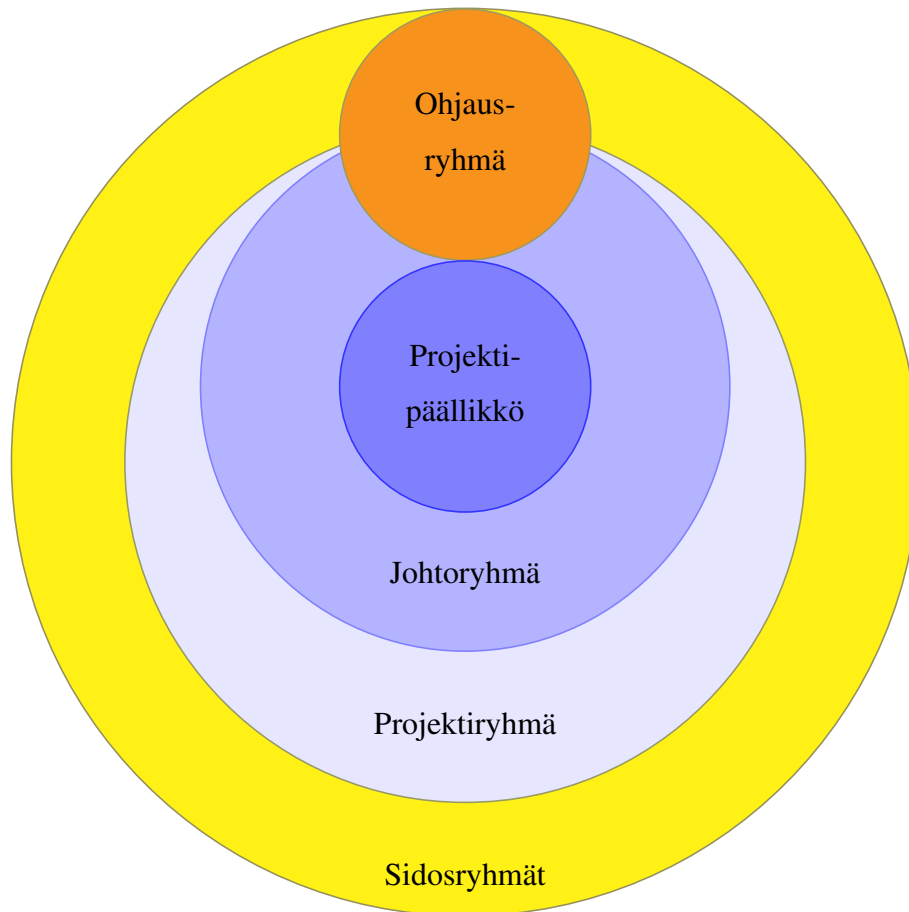
Projekti on joukko ihmisiä ja muita resursseja, joilla on käytössään kiinteä budjetti ja aikataulu, ja jotka on koottu yhteen suorittamaan tiettyä tehtävää. Projektille tyypillisiä piirteitä ovat tavoite, elinkaari (selkeä alku ja loppu), itsenäinen looginen kokonaisuus, ryhmässä työskentely, vaiheistus, ainutkertaisuus, muutos, tilaustyö, lukematon määrä työn lopputulokseen vaikuttavia muuttujia, alihankinnat sekä riskit ja epävarmuus. Terminä projekti on yleisesti käytetty, mutta sisällöltään ja lopputuloksiltaan ei ole olemassa kahta samanlaista. Lopputulokset voivat olla lyhyestä paperille tiivistetystä opinnäytetyöstä suureen ydinvoimalaitokseen tai yrityksen liiketoimintaprosessin muuttamiseen. (Ruuska 2007, 19–20.)

Projekti ja prosessi ovat eri asioita. Projekti on kertaluontoinen tehtävä, kun taas prosessilla kuvataan jatkuvaa toimintaa (toistuvia tehtäväketjuja). Prosessin luominen, käyttöönotto tai muuttaminen voi olla projekti, mutta prosessin normaali toiminta itsessään ei ole projektimuotoista toimintaa. Projektilla ei ole tarkoitus ajaa pikkuasioita jotka hoituvat työryhmissä tai osana perusorganisaation normaalia työtä. Projekti kannattaa yleensä perustaa, jos kyseessä on suhteellisen monimutkainen ja laaja työkokonaisuus, joka edellyttää osaamista yrityksen eri toiminnoista tai yksiköistä. (Ruuska 2007, 24–25.)

2.3.2 Projektioorganisaatio

Monissa projekteissa määritellään roolit ja vastuut, mutta näiden toteutus jää usein puutteelliseksi. Usein selkeä omistajuus projektiin vaikuttaville tehtäville puuttuu, mikä johtaa päällekkäisyyksiin ja ristiriitaisiin näkemyksiin projektin kannalta merkityksellisistä tehtävistä. Ilman selkeästi määriteltyjä vastuualueita ja –rajoja, päätöksiä ei tehdä alimmalla mahdollisella tasolla. (Oppenheimer 2002.)

Projektioorganisaatio on tarkoitettu kertakäyttöiseksi. Perusorganisaatio delegoi projektille tietyn tehtävän ja sen suorittamiseen tarvittavat valtuudet. Kun tehtävä on suoritettu, puretaan projektioorganisaatio ja projekti päättyy. (Ruuska 2007, 21.)



KUVIO 3. Projektioorganisaatio (Bolles 2004, 25)

Projektin asettaja valvoo projektin edistymistä poikkeamaperiaatteella puuttuen tilanteeseen vain, jos aikaisemmin hyväksytyyn suunnitelmaan tehdään olennaisia muutoksia. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 187.)

Projektin ohjausryhmä (*project sponsor*) on projektin asettaja ja taho, joka määrittelee projektin tavoitteet. Ohjausryhmä nimittää projektipäällikön ja tarjoaa puitteet (resurssit ja rahoituksen) projektin toteuttamiseksi. Ohjausryhmä työskentelee projektin johtoryhmän kanssa, tyypillisesti auttaen projektin rahoituksessa, tavoitteen kirkastamisessa sekä vaikuttamaan muihin projektia hyödyttävällä tavalla. (Bolles 2004, 25,199.) Ohjausryhmä keskittää ohjaustoiminnan mahdollisimman pitkälle projektin suunnitelman mukaisten ohjauspisteiden yhteyteen. Ohjauspisteessä hyväksyminen perustuu projektipäällikön laatimaan kirjalliseen edistymisraporttiin. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 187.) Ohjausryhmän tehtävä on varmistaa projektin eteneminen annettujen tavoitteiden ja suuntaviivojen mukaisesti. Projektin edessä ilmaantuvat haasteet, jotka ylittävät projektipäällikön valtuudet, ovat sellaisia joihin oh-

jausryhmän täytyy ottaa kantaa. Erityisesti lisäresursseihin sekä budjetin tai aikataulun ylittämiseen liittyvät kysymykset täytyy saattaa ohjausryhmän päätettäväksi. (Lanning, Roiha & Salminen 1998, 37.)

Projektipäällikkö (*project manager*) on projektin toteuttamisesta vastuussa oleva henkilö. Projektipäällikkö koordinoi käytettävissä olevat resurssit projektisuunnitelman toteuttamiseksi. (Bolles 2004, 25.) Projektin vetäjä tai vastuuhenkilö on nimensä mukaisesti vastuussa projektin edistymisestä. Edistymisen seuranta tapahtuu pääasiassa yhteistyössä osatehtävistä vastaavien henkilöiden kanssa. Yleensä päätöstilanteisiin liittyvien vapaamuotoisten tapoimisten lisäksi tarvitaan määrämuotoisia ja –aikaisia edistymispalavereita. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 187.) Lanning ym. (1998, 79) vertaa projektipäällikköä laivan kapteeniin. Varustamon ja kapteenin roolit tulee erottaa selkeästi: kapteeni vastaa päätöksistä laivansa sisällä sekä laivan tilannekohtaisista reittivalinnoista. Varustamoyhtiö vastaa merimatkaa edeltävistä päätöksistä eli siitä, mihin mennään ja miksi.

Projektityössä projektipäällikkö harvoin osallistuu toteutusprosessiin. Projektipäällikön tehtävä on jatkuvaa suunnittelua, toimeenpanoa ja valvontaa eli ohjausprosessin tehtävien hoitamista. Toteutusprosessin tehtävät projektipäällikkö delegoi alaisilleen. Alaisille osoitetaan vastuualueet ja he hoitavat tehtävät itsenäisesti. (Ruuska 2007, 137.)

Projektin johtoryhmä (*project management team*) on osa projektiryhmää oleva joukko asiantuntijoita jotka avustavat projektipäällikköä projektin johtamisessa. Yleensä aliprojektien vastuuhenkilöt kuuluvat johtoryhmään. Pienemmissä projekteissa johtoryhmää ei välttämättä nimitetä, vaan tehtävät jaetaan projektiryhmän jäsenille ja projektipäällikkö on hallinnollisesti vastuussa kaikista johtoryhmän tehtävistä. (Bolles 2004, 25,199.)

Osatehtävän vastuuhenkilö vastaa sovitun osatehtävän tai -tehtävien valvonnasta hyvin pitkälle samalla tavalla kuin projektin vetäjä koko projektista. Vastuuhenkilön ja projektin toteuttavien henkilöiden välinen kommunikointi näyttelee merkittävää osaa projektin onnistumiselle. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 187.) Projektiryhmä (*project team*) suorittaa projektiin liittyvät työt. Ryhmä koostuu henkilöistä joille on annettu rooli ja vastuut projektin loppuun saattamiseksi. Vaikka yleisesti puhutaan rooleista ja vastuista, tulee projektiryhmän jäsenten olla mukana myös projektin suunnittelussa ja päätöksenteossa. Projektiryhmän jäsenten määrä voi vaihdella projektin etenemisen ja vaiheiden mukaan. (Bolles 2004, 25,199.)

Projektin tukiryhmä toimii projektille tai projektipäällikölle neuvoa antavana elimenä, joka ei yleensä ole vastuussa projektin aikatauluista, resursseista tai kustannuksista. Tukiryhmän tehtävät vaihtelevat ajallisesti ja määrällisesti sen mukaan, miten projekti ja projektipäällikkö kokevat niille tarvetta. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 187.) Hyvistä käytännöistä tai ohjeista huolimatta projektipäällikkö ja projektin johtoryhmä ovat aina vastuussa, kun päätetään mikä on projektille hyväksi (Bolles 2004, 3).

Projektin sidosryhmät (*project stakeholders*) ovat henkilöitä tai organisaatioita, jotka ovat aktiivisesti mukana projektissa, tai joiden intresseihin projektin eteneminen tai valmistuminen vaikuttaa. Sidosryhmille voi olla hyötyjä tai haittoja projektin etenemisestä ja valmistumisesta. Projektista hyötyvät sidosryhmät ovat pääsääntöisesti tukemassa ja kannattamassa projektia. Haittavaikutuksista kärsivät sidosryhmät voivat vastustaa voimakkaasti projektin etenemistä tai he saattavat jopa yrittää estää projektin etenemisen, mikä vaikeuttaa projektipäällikön ja koko projektin työskentelyä. Projektin johtoryhmän tulee tunnistaa eri sidosryhmät, selvittää heidän odotukset ja vaatimukset sekä johtaa sidosryhmiä projektin onnistumiseksi. Sidosryhmien yli- tai aliarvioimisella voi olla merkittäviä vaikutuksia projektin onnistumisen aikatauluihin, resursseihin ja kustannuksiin. (Bolles 2004, 24–25.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että projektin toteuttaminen onnistuneesti vaatii toimivan projektiorganisaation. Kuviossa 3 on esitetty yksinkertaistettu malli projektiorganisaatiosta. Ohjausryhmä asettaa projektin. Projektipäällikkö vastaa projektin toteuttamisesta ja hän raportoi ohjausryhmälle. Projektin johtoryhmä työskentelee projektipäällikön apuna ja he raportivat suoraan projektipäällikölle. Projektiryhmä työskentelee projektipäällikön tai johtoryhmän jäsenten alaisuudessa, sillä he ovat projektin toteuttajat. Sidosryhmät toimivat kaikkien edellä mainittujen ryhmien kanssa enemmän tai vähemmän yhteistyössä projektin toteuttamiseksi. (Bolles 2004, 25.)

2.3.3 Projektin johtaminen

Tuotekehitysprojektit ovat strateginen osa yrityksen toimintaa. Projektin asettaminen on osa yrityksen tai tulosyksikön johtoryhmän tehtäviä. Näin projektiluontoinen kehitystoiminta saadaan niveltymään saumattomasti yrityksen muuhun toimintaan. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 184.) Projektin hallinnan avulla määritellään tietyn tehtävän suorittamiseen tarvittavat tavoitteet. Seuraavaksi määritellään toimenpiteet jotka vaaditaan tavoitteiden täyttämi-

seksi ja organisoidaan resurssit toteuttamaan työ. Projektin hallinnassa on mitä suurimmassa määrin kysymys ihmisten johtamisesta. (Ruuska 2007, 31.)

Projektin johtaminen jakautuu projektin asettajalle ja projektin päällikölle. Asettajan tehtävänä on antaa rajat projektille tavoitteiden, vastuiden ja resurssien suhteen. Projektin edistymisen seuranta tapahtuu pääasiassa tavoitteiden ja resurssien käytön kannalta. Projektipäällikkö valjastaa käytettävissä olevat resurssit parhaaksi katsomallaan tavalla ja seuraa projektin sisällöllistä etenemistä. Projektipäällikkö raportoi projektin asettajalle. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 181–182.)

Projektin ohjauksen tavoitteena on projektin toteuttaminen mahdollisimman tehokkaasti sille annetuissa puitteissa. Systemaattisen ohjausmenettelyn avulla voidaan merkittävästi vähentää projektin kustannuksia ja läpimenoaika tinkimättä laadusta. Painopisteen tulee olla ennaltaehkäisevässä valvonnassa, seuraten toteutumista kriittisesti esimerkiksi suunnittelukatselmuksia pitämällä. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 186–187.) Onnistunut kehitysprojektin johtaminen edellyttää muutoksen- ja projektinhallinnan osaamista, henkilökohtaista sitoutumista tehtävään ja uskoa työn välttämättömyydestä, taitoa saada muut vakuuttumaan samalla tavalla oman esimerkin innoittamana, ja toteuttamisessa vaadittavien metodien sekä resurssien tuntemusta. (Lanning ym. 1998, 81.)

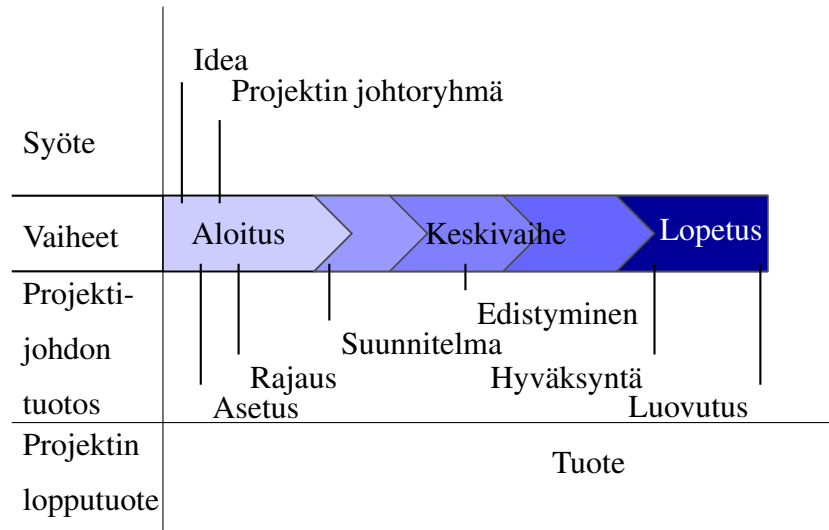
Kaikkiin projektin hallintaan liittyviin määritelmiin liittyy yhtenä tekijänä valvonta. Projekti kuluttaa sponsorin rahoja, joten on ymmärrettävää miksi sponsori haluaa tietää, mitä projektissa tapahtuu. (Ruuska 2007, 30–31.) Aikataulujen, resurssien ja kustannusten hallinta tuovat kuria ja järjestystä, joilla varmistetaan, että kehitysprojektille asetetut tavoitteet saavutetaan (Lanning ym. 1998, 22).

Muutos- ja projektijohtamisen menetelmät yhtyvät kehitysprojekteissa. Muutosjohtamisen perusteet pitää olla hallussa, samoin projektijohtamisen. Näiden lisäksi on hallittava kehitettävän kohteen erityispiirteet: testauksen kehittämisessä tarvitaan testauksen asiantuntemusta. (Lanning ym. 1998, 6.)

2.3.4 Projektin vaiheet

Toteutuksen kannalta projekti kannattaa jakaa vaiheisiin. Vaiheiden avulla pyritään jakamaan projektin osat ja tehtävät siten, että jokaisessa projektin vaiheessa on käytössä sopivat re-

surssit ja resurssien käytössä ei esiinny kohtuuttomia kuormitushuippuja. Jaakkola & Tunke-
lo (1987, 184) jakaa tuotekehitysprojektin neljään vaiheeseen: periaatesuunnittelu, tekninen
suunnittelu, toteutus ja testaus. Kahden suunnitteluvaiheen aikana syntyvät sekä projektin
aikataulu että resurssisuunnitelma. Resurssisuunnitelmasta voidaan arvioida projektin kus-
tannukset. Projektin osituksen tehtävänä on varmistaa, että kaikki työtehtävät on otettu huo-
mioon aikatauluissa, resursoinnissa ja budjetissa.



KUVIO 4. Tyypillinen projektin vaiheistus (mukaiillen Bolles 2004, 22–23)

Kuviossa 4 on kuvattu tyypilliset projektin vaiheet. Aloitusvaiheessa idean pohjalta tehdään projektin alustus ja rajataan projektin laajuus. Projektin käynnistyttyä luodaan suunnitelma projektille, jonka mukaisesti projektia viedään eteenpäin. Projektin valmistuttua tuote hyväksytään. Lopetusvaiheen viimeinen osa on projektista syntyneen tuotteen luovutus eteenpäin, esimerkiksi tuotantoon. (Bolles 2004, 22–23.)

Projektipäälliköt tai organisaatio voivat jakaa projektin vaiheisiin tarjotakseen paremman kontrollin toimintoihin työn tekevässä organisaatiossa. Yleisesti nämä vaiheet tunnetaan projektin elämänkaarena (*project life cycle*). Moni organisaatio määrittelee tietyn sarjan vaiheita kaikkien projektien kanssa käytettäväksi. Projektin elämänkaari käsittää vaiheet, jotka yhdistävät projektin alun projektin loppuun. Siirtymä yhdestä vaiheesta toiseen pitää yleensä sisällään teknisen vastuiden siirron tai ns. viestikapulan vaihdon. Edellisen vaiheen toteutus katselmoidaan ja hyväksytään ennen seuraavan vaiheen aloittamista. Mikäli riskit ovat pienet, seuraavan vaiheen työt voidaan aloittaa edellisen vaiheen ollessa vielä keskeneräinen. Projektin osat, jotka toimitetaan valmistumisen jälkeen toimitusketjussa eteenpäin, määrit-

televät projektin vaiheet. Yleensä vaihe loppuu, kun projektin aikaansaannos on toimitettu eteenpäin ja hyväksytty. Toimitus voi tarkoittaa mitä tahansa mitattavissa tai todettavissa olevaa työn tulosta, kuten spesifikaatiota, soveltuvuusarvion raporttia, suunnitteludokumenttia tai toimivaa prototyyppiä. Prosessin osa, lopputuote tai lopputuotteen osa voivat myös olla projektin vaiheen tulos. (Bolles 2004, 19–20.)

Tuotekehitysprojektin saavuttaessa tavoitteensa, pitää tehdä päätös projektin päättämisestä. Tässä vaiheessa voidaan viimeistään vapauttaa projektille varatut resurssit ja käyttää vapautuneet resurssit uusiin hankkeisiin. Tässä vaiheessa tulee merkitä ylös lopputuloksen lisäksi projektin sivuvaikutukset, kuten myös itse tuotekehitystoiminnan kehittämisen kannalta merkitykselliset havainnot. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 151.)

2.3.5 Projektisuunnitelma

Projektin toteutus perustuu projektisuunnitelmaan, joka pohjautuu esitutkimukseen. Projektin asettaja rajaa tehtäväalueen ja määrittelee tavoitteet projektin laadulle, aikataululle ja kustannuksille. Näiden perusteella laaditaan toteutus- eli projektisuunnitelma. Projektisuunnitelma määrittelee projektin tavoitteet ja tehtävät mahdollisimman selkeästi. Projektisuunnitelman tulee vastata kysymyksiin ”Miksi projekti perustetaan?” ja ”Mitä projektin avulla halutaan saada aikaan?”. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 181,184.)

Projektin ohjausryhmä asettaa projektin ja luo projektin peruskirjan (*project charter*) eli asetusdokumentin. Peruskirjan pohjalta projektipäälliköllä on valtuutus hankkia resurssit perusorganisaatiosta projektiinsa. Projektipäällikkö pitää valita mahdollisimman varhaisessa vaiheessa projektia. Valinta tulee tehdä viimeistään ennen projektin suunnittelun aloittamista, mutta mieluiten jo asetusdokumenttia luotaessa. Asetusdokumentin tulee ottaa kantaa projektin odotuksiin, vaatimuksiin, tarkoitukseen, aikatauluun, resursseihin, budjettiin jne. (Bolles 2004, 81–82.)

Projektipäällikkö aloittaa projektin suunnittelun projektiryhmän kanssa. Lähtökohta suunnittelutyölle on projektin peruskirja sekä projektiin vaikuttavat sopimukset ja muut dokumentit. Sopimus voi olla esimerkiksi asiakkaan tilaus. Muut dokumentit voivat olla standardeja tai lakeja. Projektin suunnittelussa valmistellaan projektin laajuuden kertova tiedonanto (*project scope statement*) ja projektisuunnitelma (*project management plan*). Tiedonanto kertoo

projektilta vaaditut työt ja odotetut tuotteet. Projektisuunnitelma kertoo miten työ tullaan suorittamaan. Projektisuunnitelma koostuu useista projektin johtamiseen liittyvistä suunnitelmista, jotka käsittävät projektin aikataulun, kustannusten, laadun, resurssien, viestinnän ja riskien hallinnan sekä ostotoiminnan. (Bolles 2004, 74–76.)

Termien aikataulutus (*scheduling*) ja allokointi (*allocation*) merkitykset sekoittuvat herkästi. Tutkimuksessa aikataulutuksella tarkoitetaan lyhyellä tähtäimellä tapahtuvaa ajankäyttöä, esimerkiksi, miten kaksi henkilöä jakavat yhden testilaitteen päivän aikana (Merriam–Webster, 2013b). Allokoinnilla vastaavasti tarkoitetaan testilaitteen käytön suunnittelua pidemmällä aikavälillä, esimerkiksi projektien tai tiimien välisestä sopimuksesta, kuinka paljon kukin voi saada käyttöaikaa sovitun ajanjakson sisällä (Merriam–Webster, 2013a).

2.3.6 Kommunikointi

Projekteissa käytetään myös aikaa sisäiseen kommunikointiin verkkosivujen, sähköpostien, tietokantojen ja erilaisten muutostenhallintajärjestelmien kautta. Tietoa tuotetaan, mutta tiedon tuottamisen heikko johtaminen saa aikaan pirstaloitunutta tietoa. Helposti saatavilla olevan ja riittävän korkean tason kuvan antavan tiedon puuttuminen vaikeuttaa työntekijöitä ymmärtämään strategioita, prioriteetteja, tärkeimpiä päätöksiä, kriittisiä riskejä ja miten oma työ vaikuttaa muiden töihin. (Oppenheimer 2002.)

Projektipäällikkö hallitsee usein projektin kokonaisuuden parhaiten. Muut toimivat omalla alueellaan ja usein projekti on vain osa heidän päivittäisistä työtehtävistä, ja tämä vaikuttaa heidän näkemyksiinsä projektin kulusta ja tavoitteista. Projektipäällikön tulee jatkuvasti pitää huoli, että projektissa työskentelevät ja muut tahot tietävät, mitä ja miksi projektissa tapahtuu. Saavutuksia tulee korostaa antamalla työn tekijöille palautetta, ja samalla muistuttaa johtoa projektin tärkeydestä. Samaan hengenvetoon projektipäällikön tulee tuoda esille projektin tulevien tavoitteiden merkitys. (Lanning ym. 1998, 82–83.)

Projektin viestinnällä hallitaan prosesseja, joilla luodaan, kerätään, jaetaan, varastoidaan, haetaan ja saatetaan projektin tieto oikeaan paikkaan. Prosesseihin kuuluvat viestinnän suunnittelu, tiedon jakaminen, tehokkuuden raportointi ja sidosryhmien johtaminen. Viestinnän suunnittelussa määritellään periaatteet tiedon jakamiseksi ja kommunikoimiseksi. Tiedon jakamisprosessi pitää huolen siitä, että projektin sidosryhmillä on tieto käytettävissään oikealla

hetkellä. Tehokkuuden raportointiprosessi kerää tietoa projektin tehokkuudesta ja jakaa tiedon oikeille tahoille. Raportointi pitää sisällään tilannekatsaukset, edistymisen seurannan ja ennustukset tulevasta. Sidosryhmien johtamisprosessissa hallitaan viestintää, jotta se täyttää sidosryhmien vaatimukset. (Bolles 2004, 221.)

2.4 Ohjelmistotuotanto

Ohjelmistotuotanto määrittelee prosessin, teknologiat ja laadullisen näkökulman, joilla ohjelmisto tuotetaan. Ohjelmistoprosessi on tärkein ohjelmistotuotannon osa, joka määrittelee lähestymistavan ohjelmiston tuottamiseen. Tärkeimmät prosessin osa-alueet muodostavat pohjan ohjelmistoprojektien hallitsemiseksi ja muodostavat kontekstin, jossa metodeja sovelletaan, työn tulokset (mallit, dokumentit, tieto, raportit, lomakkeet, . . .) tuotetaan, virsantäpylväät saavutetaan, laatu varmistetaan ja muutos hallitaan asianmukaisesti. Teknologiat pitävät sisällään metodit ja työkalut, joilla ohjelmisto voidaan toteuttaa ohjelmistoprosessin mukaisesti. Metodit tarjoavat tekniset ohjeet ohjelmiston tuottamiseksi. Metodit käsittävät joukon tehtäviä, kuten vaatimusten analysointi, suunnittelu, ohjelman rakenne, testaus ja tuki. Työkalut tarjoavat automaattisia tai puoliautomaattisia toimintoja prosessien ja metodien tueksi. Työkalujen avulla yhdessä paikassa luotu tieto voidaan hyväksikäyttää seuraavassa työkalussa eli prosessin myöhemmissä vaiheissa. Prosessi ja teknologiat vaativat taustalla olevalta organisaatiolta sekä organisaation johdolta sitoutumisen laadukkaan ohjelmiston kehittämiseen. (Pressman & Ince 2000, 18–19.)

2.4.1 Ohjelmiston laatu

Ohjelmiston tulee suorittaa sille annetut tehtävät. Järjestelmät, joissa ohjelmistot toimivat, muuttuvat koko ajan monimutkaisemmiksi (kts. kappale 2.5.2). Kaikkien mahdollisten kombinaatioiden testaus vaatii resursseja ja aikaa niin paljon, että se on käytännössä mahdoton tehtävä. Ohjelmiston laadunvarmistus on kattava valikoima toimenpiteitä, joita hyödynnetään koko ohjelmistoprosessin ajan. Laadunvarmistus käsittää 1. lähestymisen laadun johtamiseen, 2. tehokkaat ohjelmistotuotannon teknologiat, 3. muodolliset tekniset katselmoinnit koko ohjelmistoprosessin ajan, 4. moniportaisen testausstrategian, 5. kontrollin ohjelmiston dokumentaatioon ja siihen tehtäviin muutoksiin, 6. menettelytavan ohjelmistokehityksen standardien mukaisuuden varmistamiseksi ja 7. mittaus- ja raportointimekanismit. (Pressman

& Ince 2000, 192–193.)

Vaihtelu on laadunvarmistuksen ydin. Valmistaja haluaa minimoida vaihtelun tuotettujen tuotteiden välillä. Jokaisella projektilla, projektista toiseen, ennusteen ja toteuman välisen vaihtelun resurssien käytössä halutaan olevan mahdollisimman pieni. Testiohjelman voidaan haluta kattavan tietyn prosenttiosuuden ohjelmiston koodista, julkaisusta toiseen. Laatu kuvaa tuotteen ominaisuuksia. Tuotteen fyysiset ominaisuudet ovat helposti hahmotettavissa, mutta immateriaalisten ominaisuuksien kuvaaminen on haasteellisempaa. (Pressman & Ince 2000, 193–194.)

Laadun kontrolli on sarja tarkistuksia, katselmoiteja ja testejä koko ohjelmistoprosessin aikana, joilla varmistetaan lopputuotteen toiminta vaatimusten mukaisesti. Kontrolli pitää sisällään takaisinkytkennän prosessiin, joka loi tuotteen. Mittausten ja takaisinkytkennän yhdistelmä mahdollistaa prosessin parantamisen, jos lopputuotteet eivät täytä niille asetettuja määrittelyjä. Kontrollin toimimiseksi jokaisella tuotteella tulee olla mittari, jota vastaan sitä mitataan. (Pressman & Ince 2000, 195.)

Laadun varmistus koostuu johdon tarkastus- ja raportointitoiminnoista. Tarkoituksena on tarjota johdolle riittävät tiedot, jotta he ymmärtävät tuotteen laadun. Ymmärryksen kautta johto saa varmuutta siitä, että tuote täyttää sille asetetut tavoitteet. Mikäli laadussa havaitaan ongelmia, johdon tehtävä on puuttua asiaan ja tarjota riittävät resurssit ongelman ratkaisemiseksi. (Pressman & Ince 2000, 195.)

Laadun kustannus pitää sisällään kaikki kustannukset, jotka aiheutuvat laadun tavoittelusta tai laatuun liittyvissä toiminnoissa. Laadukustannukset voidaan jakaa estämiseen, arvioimiseen ja vikatilanteeseen. Estämisen kulut pitävät sisällään laadun suunnittelun, muodolliset tekniset katselmoinnit, testilaitteistot ja koulutuksen. Arvioiminen käsittää toimenpiteet, joilla saadaan ymmärrystä tuotteen tilasta. Arvioiminen kattaa prosessien sisäiset ja prosessien väliset katselmoinnit, laitteiden kalibroinnin ja huollon sekä testauksen. Vikatilanteilla tarkoitetaan kuluja, jotka katoaisivat, jos vikoja ei ilmestyisi tuotteeseen ennen toimitusta asiakkaalle. Vikatilanteet voidaan vielä jakaa sisäisiin ja ulkoisiin. Sisäisten laiminlyöntien kustannukset syntyvät vioista, jotka havaitaan sisäisesti ennen toimitusta asiakkaalle, käsittäen uudelleen tehtävät työt, korjaukset ja vikatilanteen analysoinnin. Ulkoisten laiminlyöntien kustannukset syntyvät vioista, jotka havaitaan asiakkaalle toimituksen jälkeen, esimerkiksi vian selvitystyön sisäisesti ja asiakkaalle, tuotteiden palautukset ja vaihtamiset, asiakastuki-

TAULUKKO 3. Esimerkkejä testausstrategiasta (Graham ym. 2006, 1.16)

Testaus	testausmalli organisatoriset asiat aloitus/lopetus–kriteerit
Testiympäristö	vastuu päivitykset, varmuuskopiot ja palautukset
Testiautomaatio	vastuu ylläpito nimeämiskäytännöt standardit 1– ja 3–vuotissuunnitelmat

palvelut ja takuutyöt. Suhteellinen kustannus löytää ja korjata vikoja nousee merkittävästi siirryttäessä estämisestä arvioimiseen, arvioimisesta sisäiseen vikaan ja lopulta ulkoiseen vikaan. (Pressman & Ince 2000, 195; Bolles 2004, 186.)

2.4.2 Testausstrategia

Kuten ohjelmiston kehittämisessä, myös testaamisessa on erilaisia lähestymistapoja ja filosofioita. Näitä lähestymistapoja ja filosofioita nimitämme testausstrategiaksi. (Pressman & Ince 2000, 465–466.) Testausstrategian tavoitteiden määrittelemistä ennen tulee tuntea yrityksen tavoitteet. Sun Tzun Sodankäynnin taitoa mukaillen testausstrategia määrittelee ajan, paikan ja olosuhteet testaukselle. Organisaation testauksen toimintaperiaatteen ja testausstrategian avulla pienennetään riskejä. Tyypillisiä riskejä ovat tehoton ja riittämätön testaus, liiallinen luottamus testien ajamiseen sekä oppimattomuus tehdyistä virheistä. Liikaa tai liian vähän testejä tai päällekkäisyydet testauksessa ovat tehottomia. Testauksen suorittaminen liian myöhään sekä testien määrän painotus testien sisällön sijaan ovat tyypillisiä, kun testaukseen luotetaan liikaa. Vanhoista virheistä ei opita, jos prosessin kehittämiseksi ei kerätä metriikkaa. Taulukossa 3 on listattu joitakin esimerkkejä todellisista testausstrategioista. (Graham, Fewster, Roden & Bates 2006, 1.13–1.16.)

Testauksen toimintaperiaate (*policy*) on organisaation filosofia testausta kohtaan. Toimintaperiaate pitää sisällään ohjeituksen yrityksen tai organisaation tavoitteisiin ja määränpää-

hän, organisaatiolle hyväksi olevat käytännöt, mahdollistaa päätösten tekemisen delegoimalla vastuuta ja voi kertoa saatavilla olevan tuen (työkalut, koulutus, organisatoriset toimintatavat, mallit ja muut ohjeet). Filosofia on luonteeltaan muuttumaton. Yleinen lähestymistapa testaukseen on ajatella strategia ylemmän tason määrittelynä testauksesta, joka projektien on pääsääntöisesti suoritettava. Strategia ottaa huomioon riskit ja esittää prosessin näiden riskien minimoimiseksi linjassa testauksen toimintaperiaatteen kanssa. Strategia siis panee käytäntöön toimintaperiaatteessa esitetyt ajatukset testausvaiheittain esitettynä. Testausstrategia pitää tyypillisesti sisällään kaksi osaa 1) riskit jotka halutaan kattaa ohjelmiston testauksella ja 2) yksityiskohtaiset testit, joita käytetään kattamaan tunnistetut riskit. Yrityksellä voi olla kaikki organisaatiot kattava testausstrategia tai jokaiselle osastolle ja projektille voi olla omansa. Eri sovellusalueilla voi olla omat testausstrategiat, jotka palvelevat näiden alueiden erikoistarpeita. (Graham ym. 2006, 1.10–1.11.)

Testaus on ryhmä toimintoja, jotka voidaan suunnitella etukäteen ja suorittaa systemaattisesti. Pääsääntöisesti testausstrategiat pitävät sisällään samat perusperiaatteet: testaus aloitetaan komponenttitasolta ja jatkuu ulospäin kattamaan koko integroidun systeemin; eri testaustekniikat soveltuvat eri testausvaiheisiin; testauksen suorittaa kehittäjä itse ja isommissa projekteissa itsenäinen testausryhmä; ja vaikka testaus ja virheiden etsintä (*debugging*) ovat eri asioita, tulee virheiden etsintä ottaa huomioon testausstrategiassa. Strategian tulee kattaa testaus aina alimman tason testauksesta kokonaisten järjestelmien välisten toimintojen testaukseen asiakkaan vaatimusten validoimiseksi. Alimman tason testaus on tärkeää, jotta jokainen lähdekoodin osa on testattu kattavasti. Integraatioasteen kasvaessa järjestelmien monimutkaisuus kasvaa, jonka vuoksi jokaisen integraatiovaiheen testaus tulee myös suorittaa kattavasti. Strategian pitää olla selvä testaajalle tarjoten riittävän ohjeistuksen, ja riittävän kattava testauksen tiiminvetäjälle antaen selkeät mittarit testaustoiminnan johtamiseksi. (Pressman & Ince 2000, 466.)

Ohjelmistokehityksen ja ohjelmistokehityksen voi ajatella olevan kuin sipuli. Ylimmällä tasolla on systeemitaso kehitystyö. Alemmalla tasolla ovat vaatimukset. Lähemmäksi sipulin keskiosaa mentäessä tulee suunnittelutyö ja keskellä sipulia on varsinainen koodaus. Testaus lähtee liikkeelle sipulin keskeltä eli itse koodista. Sitä seuraava taso on eri ohjelmistokomponenttien integrointitestausta. Vaatimuksia vastaavalla tasolla tapahtuu validointitestausta ja uloimmalla tasolla systeemitestausta. (Pressman & Ince 2000, 469.)

Kuten mikä tahansa hyvin hallittu toiminta, myös testaus vaatii hyvän strategian onnistuakseen ja ollakseen tehokasta. Testausstrategia määrittelee tavoitteet, aikarajat ja lähestymistavan testauksen suorittamiseen. Testaustoimintojen, roolien ja vastuiden tulee olla selkeät ja edellä mainitut pitää kommunikoida niin asianomaisille tahoille kuin asiakkaille. (Rajani 2008.) Testausstrategia pitää suunnitella erilaisten testausmetodien ja niiden soveltamiseen koko ohjelmistorakenteessa. Testaajan tulee ymmärtää asiakkaan ympäristö ja alusta, jolle ohjelmisto toteutetaan. Testausstrategia voi onnistua vain, jos kehittäväällä organisaatiolla on olemassa oleva kulttuuri laadun varmistamiseksi ja jatkuvasti oppiva organisaatio, joka täydentää tietokantaa laadunvarmistuksesta. (Jawadkar 2008, 370.)

Ohjelmistotestauksella on syvälinen vaikutus tuotteen suunnitteluun ja rakenteelliseen testaukseen. Testaus voidaan nähdä jaettuna tehtävänä, liittäen tehtävät eri liiketoimintayksiköistä yhdeksi toiminnoksi. Tämän vuoksi organisaatioihin liittyvät haasteet pitää ottaa huomioon myös testauksen kontekstissa. Riittävä kommunikointi ja tiedon johtaminen eri organisaatiotasolla ovat avaintekijöitä, jotta testauksen osaoptimoinnista päästään eroon. (Härkönen 2009, 29,35–36; Määttä, Härkönen, Jokinen, Möttönen, Belt, Muhos & Haapasalo 2009.)

Testauksen elinkaarimalli (*testing lifecycle model*) mahdollistaa testauspanosten koordinoimisen eri testausstasojen välillä. Ryhmä tai sarja testausaktiviteetteja ohjataan ja suoritetaan yhtenäisesti. Testauksen elinkaarimallilla määritellään testausaktiviteetit kaikille testaustasolle, ja se pyrkii vastaamaan kysymyksiin mitä testataan ja miten testataan. Testauksen elinkaarimalli on yleensä osa tuotteen kehitysvaihetta sen sijaan, että elinkaarimalli otettaisiin osaksi koko tuotteen kehityskaarta. Mikäli elinkaarimalli kattaisi tuotteen koko kehityskaaren, mallin avulla voitaisiin estää yksittäisten prosessien osaoptimointi. Kaikenkattavan elinkaarimallin puute voidaan nähdä syyksi testitoimintojen puutteelliselle johtamiselle organisaatiotasolla. (Määttä ym. 2009, 80.)

Testauksen hallinnan nykytila ei ole halutulla tasolla ja tutkimus osoittaa, että testauksen maturiteetti ei ole riittävällä tasolla. Nykyiset testausaktiviteetit ovat tehottomia ja osaoptimoituja, joka johtaa päällekkäisyyksiin ja resurssien hukkaamiseen. Testauksen kehittäminen vaatii valtavia ponnisteluja ja vaadittujen muutosten tekeminen on erittäin haasteellista. Haasteellista siksi, että yritykset tekevät taloudellisessa mielessä koko ajan tulosta, ja sen vuoksi antavat näin väärän viestin siitä, että tuotteet olisivat riittävän hyviä markkinoille ny-

kyisellä testauksella. (Määttä ym. 2009, 93.)

Organisaatioiden tulee sopia kunkin organisaation vastuut; mitkä ovat tavoitteet, mitä testataan tai jätetään testaamatta, milloin testataan ja missä testaus suoritetaan. Tavoitteet ovat osa rajausta, jossa sovitaan testauksen lopputulos. Testattavat asiat pitävät sisällään viranomaisten tai muiden säännöstelevien organisaatioiden asettamia, asiakkaan asettamia, alalla yleisesti tunnettuja mittareita ja yrityksen sisäisiä vaatimuksia. Vaiheistetut ja useassa tiimissä tehtävä kehitys- ja testaustyö täytyy aikatauluttaa, myös vastuiden siirto tiimiltä toiselle on sovittava aikataulullisesti. Testauspaikka on sovittava, koska kyvykyys testaamiseen voi olla rajattu laitteiden tai työntekijöiden osaamisen mukaan.

2.4.3 Testauksen suunnittelu

Testauksen suunnittelu koostuu kahdesta osasta, tavanomaiseen työjohtoon liittyvästä resurssien käytön suunnittelusta sekä itse testauksen toteutuksesta. Resurssien käytön suunnittelulla halutaan ymmärtää kuinka paljon testauksen toteutus tulee kustantamaan ihmisten ja testilaitteiden suhteen sekä aikataulu, jossa tuote on valmis julkaistavaksi. Tarvittavien resurssien ja ajan arvioimiseen on useita erilaisia kaavoja tai toimintamalleja. Tärkeintä on kuitenkin muistaa hyödyntää aiemmin oppimaansa, joka vaatii aikatauluarvioiden ja –toteutumien jatkuvaa seuraamista. Testauksen laajuuden määrittely auttaa testaajia hahmottamaan, mitä pitää testata ja samalla se tuo esille oletukset testattavasta ohjelmistosta, testiympäristöstä jne. Julkaisujen tai käännosten välillä muutoksien määrä voi vaihdella. Testaussuunnitelman tulee ottaa kantaa, kuinka usein testataan ja missä laajuudessa. Testisuunnitelman tulee kattaa kaikki tarvittavat työvälineet ja vaiheet määriteltyine vastuineen testauksen suorittamiseksi. Lopetuskriteerit kertovat, millä ehdoilla testauksen voidaan todeta olevan hyväksytysti suoritettu ja nämä kerrotaan yleensä projektin, työvaiheen, ominaisuuksien tai jonkin muun määritelmän mukaisesti ryhmiteltyinä, jotta kokonaisuuden raportointi ja ymmärtäminen on havainnollisempaa. (Graham ym. 2006, 3.2–3.35.)

Testauksen suunnittelu pitää tehdä jokaiselle ohjelmistovaiheelle. Jokaisen vaiheen testauksessa pitää käyttää kyseiselle vaiheelle parhaiten soveltuvia testausmetodeja. Yksikkötestaus varmistaa moduulitasolla, että moduulin rajapinnat toimivat ja tietorakenne toimii kaikissa tilanteissa. Integroititestauksessa yksikkötestattujen moduulien uudet toiminnallisuudet testataan kokonaisuutena. Integroitavat moduulit voidaan lisätä yksitellen, jolloin vian aiheut-

tanut moduuli on nopeammin tunnistettavissa. Haittapuolena on, että pahimmassa tapauksessa integrointitestausta on toistettava kaikille erikseen integroitaville käännöksille. Regressiotestauksella varmistetaan, että integroinnin yhteydessä ei rikota olemassa olevaa toiminnallisuutta. Regressiotesteiksi valitaan osa aiemmista integrointitesteistä, näin kerran kehitetyt testit voidaan hyödyntää uudelleen. Kun ohjelmiston toiminnallisuus on vaatimusten tasolla, aloitetaan validointitestausta. Validointitestauksella varmistetaan, että ohjelmisto täyttää asiakkaan vaatimukset. Mikäli ohjelmiston pitää toimia yhdessä muiden järjestelmien tai ohjelmistojen kanssa, aloitetaan viimeiseksi systeemitason testaus. Systeemitason testauksessa ohjelmisto testataan samanlaisissa olosuhteissa, missä loppukäyttäjä tulee käyttämään ohjelmistoa. (Pressman & Ince 2000, 473–485.)

2.5 Liiketoiminnan edellytykset

2.5.1 Standardisoidun tekniikan tuotekehitys

Standardisointi on toimintaa, joka antaa soveltuvat ratkaisut erityisesti tieteen, tekniikan ja talouden toistuviin ongelmiin, ja jolla pyritään kussakin tapauksessa parhaaseen mahdolliseen tulokseen. Standardisoinnilla tarkoitetaan vaiheita, joita ovat standardien laadinta, julkaiseminen ja hyödyntäminen. Yleisesti standardisoinnilla tavoitellaan yhdenmukaista ratkaisua yhtenäistämällä moninaiset tuotteet, toiminnot ja käsitteet. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 209.)

Langattoman tietoliikenteen ratkaisut ovat pitkälle standardisoituja, koska kansainvälisten standardien avulla kaikille yrityksille on samat pelisäännöt, jos ne haluavat toimia globaaleilla markkinoilla. Yhteiset standardit tuovat suuruuden ekonomian myötä edullisemmat tuotanto- ja laitteistokustannukset, mikä tarkoittaa matalampia kustannuksia loppukäyttäjälle. Laitteiden yhteensopivuus voidaan taata paremmin, koska laitteet voidaan suunnitella ja testata samojen periaatteiden mukaisesti. Koska radiotaajuuksien käyttö on kansallisesti rajoitettua, ilman kansainvälisiä standardeja laitteet suunniteltaisiin pienemmille markkina-alueille, eikä niiden toimivuudesta muissa maissa olisi varmuutta. (International Telecommunication Union 2013.)

Kolmannen ja neljännen matkapuhelinsukupolven kehitys- ja standardisointityön taustalla ovat mm. seuraavat tekijät: siirtonopeuden lisääminen, käytettävissä olevien taajuuksien te-

hokkaampi käyttö, häiriöiden vähentäminen ja useampien käyttäjien yhtäaikainen liikennöinti. Kaikki edellä mainitut tähtäävät operaattorin parempaan kykyyn palvella asiakkaita, ja sitä kautta parantaa operaattorin omaa tulosta. (Dahlman, Parkvall, Sköld & Beming 2007.)

Neljännän sukupolven matkapuhelinjärjestelmien kehitystyö on aloitettu jo 2000-luvun puolivälissä ja standardin ensimmäinen versio (Release 8) julkaistiin vuonna 2008. Laitteiden myynti alkaa olla merkittävää vasta nyt, joten tuotekehitystyön tulokset nähdään vasta useiden vuosien päästä. Panostaminen standardisointiin ja tuotekehitykseen varhaisessa vaiheessa antaa yritykselle paremmat mahdollisuudet saada teknologiasta lisensointituloja immateriaalioikeuksien avulla. (Hytönen, Jarimo, Salo & Yli-Juuti 2012.)

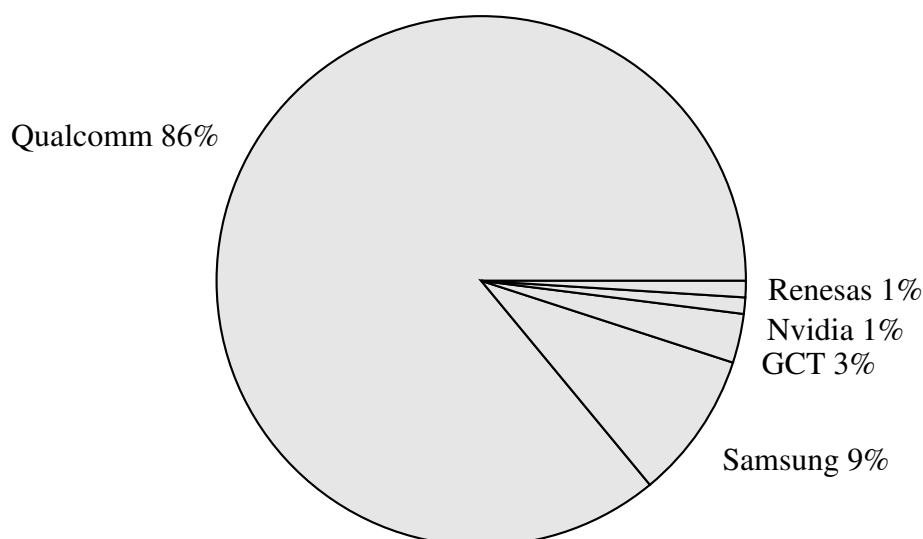
Yritykset pyrkivät vaikuttamaan standardeihin vähentääkseen valittavien teknologisten ratkaisujen tuoman epävarmuuden haittavaikutuksia. Samalla yritykset rakentavat merkittävää osaamistaan teknologioista jotka todennäköisesti tulevat olemaan hallitsevia. (Härkönen ym., 2009b, 93.)

Yritysstandardisoinnissa pyritään valitsemaan sellaiset vaihtoehdot tarjolla olevista standardeista, jotka ovat yritykselle sopivimmat tai tarvittaessa kehitetään omat standardit. Standardisoinnilla saavutetaan etuja vähentämällä teknisesti ja kaupallisesti merkityksettömiä erilaisuuksia tuotteista, suunnittelun tuottavuuden parantuessa ja tasaisempina tuotteiden laatuna. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 210–211.)

Miltei jokaisella standardoimisjärjestöllä on oma tuotteiden standardinmukaisuusmerkintänsä, jolla voidaan merkitä tuotteet, jotka täyttävät ominaisuuksiensa puolesta standardit. Useat merkintäjärjestelmät perustuvat puolueettomaan tarkastustoimintaan, jossa tutkimuslaitos testaa tuotteen standardinmukaisuuden standardisoiduin menetelmin. Hyväksytyillä tuotteilla on oikeus käyttää standardinmukaisuusmerkintää. Merkittyjen tuotteiden laatua tarkkaillaan jatkuvasti, esimerkiksi pistokokein. Jatkuvan laadun varmistamiseksi laadun tarkastustoimintaan liittyy usein valmistajan oma laadunvalvonta, jonka tulee huolehtia tuotteiden riittävästä laadusta. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 214.)

2.5.2 Investoinnit ja strategia

Kilpailu langattoman tiedonsiirron saralla käydään tiedonsiirron nopeudesta, pienemmästä virrankulutuksesta ja pienemmästä piirin koosta. Pärjääminen tässä kilpailussa vaatii valtavia investointeja tuotekehitykseen. Ericsson ja STMicroelectronics perustivat yhteisyrityksen vuonna 2009. Kevääseen 2013 mennessä yhteisyritys on ehtinyt tehdä 1,5 miljardin euron tappiot. Intel osti Infineonilta langattoman modeemin liiketoiminnan ja on vielä kahden vuoden päästä siitä vasta aloittelemassa neljännen sukupolven modeemin tuotantoa. Intelin 10 miljardin kassa ja vuotuinen 10–15 prosentin tuotekehityskustannus antaa hyvät mahdollisuudet pärjätä kilpailussa. LTE-teknologian osuus yli 1,5 miljardista myydyistä modeemista on vain kolmisen prosenttia ja siitä markkinaosuudet jakautuvat edelleen kuvion 5 mukaisesti. (Lunden 2013; Patterson 2013; Dano 2013.)



KUVIO 5. LTE-modeemien markkinaosuudet 2012 (Dano 2013)

Jos yrityksen projektiportfolion päätökset tehdään vain sijoitetun pääoman tuoton (*return on investment*) mukaan, kehitetään toimintaa aikaisemman liiketoiminnan pohjalta. Jos käytetään strategiaa pohjana, voi yritys hyödyntää omaa osaamisaluettaan paremmin ja kehittyä strategian mukaisesti. Aiemmistä tekemisistä kannattaa ottaa opiksi, mutta menneisyyttä ei kannata tuijottaa liiaksi mietittäessä tulevaisuuden tuotekehitystä. (Stevens 1997; Artto ym. 2001.) Sijoitetun pääoman tuotto on yksinkertainen taloudellinen arvo, joka mittaa voitettua tai hävittyä investointia suhteessa investoituun määrään. Näin ollen sijoitetun pääoman tuoton mittaaminen ei linkity mitenkään yrityksen strategiaan. (Stevens 1997; Korpiaho 2007.)

Kilpailu laitevalmistajien kesken mobiiliteknologioissa on kovaa, tämä johtaa myyntihin-
tojen ja –katteiden alenemiseen. Menestyminen alalla vaatii enemmän, uudempia, laaduk-
kaampia ja innovatiivisempia tuotteita kuin kilpailijoilla. Yrityksen täytyy nopeuttaa tuotteiden
kehityskaarta onnistuakseen kilpailussa, jossa tuotteiden ominaisuudet kasvavat ja lait-
teiden fyysinen koko pienentyy. Testaamisen työmäärä kasvaa jatkuvasti, koska tuotteet ha-
lutaan nopeammin valmiiksi ja markkinoille. Telekommunikaatiotuotteen kokonaiskustan-
nuksista testaustoimintojen arvioidaan vievän 40 – 80 %, siispä testaamisesta on tullut kriit-
tinen tekijä menestykselle. (Perttula 2004; Dulaney, Wood & Hafner 2005; Jokinen 2006;
Härkönen 2009.)

2.5.3 Tiekartta

Liiketoiminnassa on ollut muutamia vuosikymmeniä käytössä tiekartta (*roadmap*), jonka
pää tarkoitus on kuvata teknologian kehitys pitkällä tähtäimellä. Konseptia on käytetty pie-
nentämään uusien tuotteiden kehitysaikaa sekä nopeuttamaan uusien tuotteiden tuomista
markkinoille. Teknologiakarttaa on käytetty yhdessä yrityksen strategian kanssa, ja siitä on
kehittynyt työkalu yritysten visioiden hallintaan. (Georghiou, Harper, Keenan, Miles & Pop-
per 2008, 163.)

Yritykset voivat käyttää tiekarttaa apuna johtamaan liiketoiminnan visioita, kuvaamaan link-
kejä tai yhteyksiä erilaisten kokonaisuuksien sekä tapahtumien välillä. Näiden lisäksi tiekart-
ta voi kertoa, mitä toimenpiteitä halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi vaaditaan. Ihminen
pystyy tiekartalla visioimaan tulevaisuuden paremmin (tai visualisoimaan paremman tule-
vaisuuden), jonka jälkeen sellaisen tulevaisuuden toteuttaminen on vaivattomampi aloittaa.
Tiekartan tarkoituksena on varmistaa, että tarvittavat kyvykkyydet ovat olemassa oikeaan ai-
kaan. Teknologiatiekartta koordinoi ja synkronoi eri toimintoja. (Härkönen ym., 2009b, 89.)

2.6 Resurssien käyttö

2.6.1 Tuotekehityksen pullonkaulat

Cox & Goldratt (2012) esittelee kapeikkoajattelun (*theory of constraints*) tuotantoympäris-
töön sovellettuna. Samaa aihetta on käsitelty myös projektimaailmassa (Goldratt 1997). Ka-
peikko määritellään seuraavasti

”Kaikki mikä rajoittaa systeemiä saavuttamasta tavoitettaan on systeemin kannalta kapeikko, tai rajoite.” (Goldratt 1990, 4)

Meredith & Shafer (2002, 207) tiivistää kapeikkoajattelun ydinajatuksen kymmeneen ohje-nuoraan. Seuraavassa tiivistettynä niistä tuotekehitysympäristöön soveliaimmat.

- Resurssien, jotka eivät ole pullonkauloja, käyttöasteen määrittelevät muut resurssit, kuten pullonkaulat. Järjestelmän kannalta ne eivät siis määritä maksimaalista tuotantoa, vaan nämä resurssit pitää ohjata tukemaan pullonkaularesurssien tuotantoa.
- Resurssit, jotka tuottavat enemmän kuin muun järjestelmän kannalta on tarpeellista, eivät ole muun järjestelmän kannalta hyödyllisiä eikä näin ollen ylimääräistä käyttöä tule laskea hyödylliseksi työksi.
- Jokainen pullonkaularesurssin häviämä tunti on häviö yritykselle. Menetetyn työtunnin tuottavat yritykselle välittömät tappiot, koska niitä ei voi saada takaisin.
- Säästetyt tunnit muissa kuin pullonkaularesursseissa ovat harhaa. Optimointi tällaisten resurssien kanssa ei edistä koko järjestelmän tuottavuutta, joten optimointi niissä resursseissa ei auta yritystä. Kaikki optimointi tulee keskittää pullonkauloihin.
- Järjestelmä aikataulutetaan tutkimalla kaikkia rajoitteita samalla kertaa. Perinteisesti aikataulut määritellään vaiheittain. Kapeikkoajattelun mukaan aikataulut määritellään ottaen huomioon kaikkien vaiheiden ja osatekijöiden rajoitteet sekä kapasiteetit.

Kuten Dettmer (2000) muistuttaa, rajoitteet eivät välttämättä ole fyysisiä kuten aika ja resurssit. Rajoitteet ovat usein menettelytapoja tai politiikkaa. Seuraava lausahdus ei ole fyysinen rajoite, mutta saattaa silti rajoittaa järjestelmän toimivuutta: ”niin meillä on aina ennenkin tehty”.

”Kriittinen polku on se toisiinsa kytkeytyvien työvaiheiden sarja, jossa jokin työvaihe viivästyessään hidastuttaa koko työn suorittamista.” (Ruuska 2007, 89; Oksa 1979.)

2.6.2 Resurssien allokointi ja aikataulutus

Perinteisessä projektiajattelussa (vrt. esim. ketterä ohjelmistokehitys) projektisuunnitelman yksi tehtävistä on kertoa, mitä projektissa pitää saada aikaiseksi ja miten se tehdään. Työn suorittaminen vaatii resursseja. Ohjelmiston kehittämisen tapauksessa resurssit tarkoittavat

työntekijöitä, jotka ohjelmoivat ja testaavat sekä laiteresursseja ohjelmointi- ja testaustyön avuksi. Projektisuunnitelman pohjalta laaditaan projektin aikataulu ja resurssien käyttösuunnitelma, joista selviää, mitä tehdään, milloin tehdään ja kuka tekee. (Ruuska 2007.)

Niukat resurssit rajoittavat usein kriittisesti uusien tuotteiden tuotekehitystä. Yleisen käytännön mukaisesti yrityksissä ajetaan useita projekteja rinnakkain laajemman tuotevalikoiman ja korkeamman markkinaosuuden saavuttamiseksi. Yrityksissä, joissa on useita samanaikaisia projekteja, resurssien allokoinnista tulee kriittinen tekijä menestykselle. Resurssien vähäisyys voi pitää sisällään tuotekehitysbudjetin, testilaitteiden saatavuuden tai työntekijät, joilla on erikoisosaamista. Useissa yhteyksissä projektit joutuvat ”jonottamaan” saadakseen nämä harvat resurssit käyttöönsä. (Loch & Kavadias 2008; Adler 1995.)

Projektin sisällä projektipäälliköiden tai projektin ulkopuolella projektiportfolion hallinnasta vastaavien henkilöiden tehtävänä on pitää projektin aikataulut ajan tasalla ja saattaa oikeaan projektin vaiheeseen tai oikeaan projektiin riittävä määrä resursseja. Vaikka monenlaisia työkaluja ja teorioita on kehitetty, on ylemmän johdon ja projektipäälliköiden tehtävä päätökset resurssien allokoinnista pääasiassa intuition tai heurististen sääntöjen pohjalta. (Loch & Kavadias 2008.)

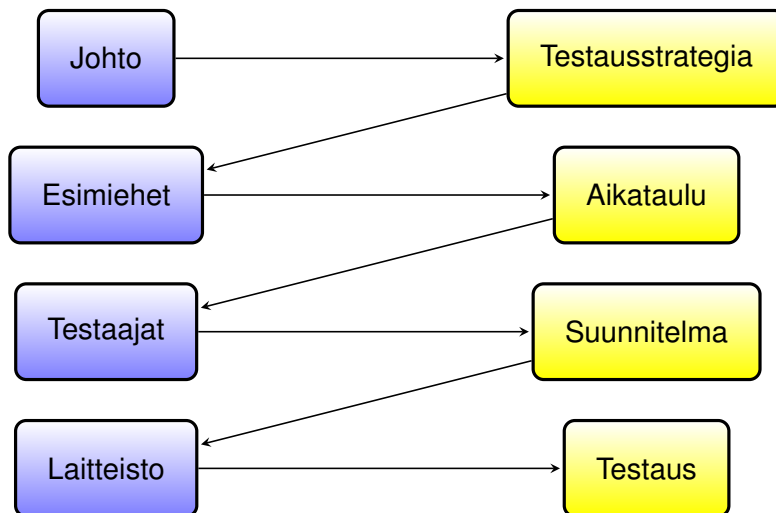
Usean projektin hallinnassa tyypillinen ongelma ovat resurssit, joita pitää siirtää tai jakaa muiden projektien kanssa. Tämä johtaa projektin jatkuvaan ”tulipalojen sammuttamiseen”, käyttäytymiseen reagoimalla (vastakohtaan ollessa ennakoiva) ja lyhyen aikavälin ongelmien ratkomiseen. (Engwall & Jerbrant 2003, 407.) Elonen & Artto (2003) tuo tutkimuksessaan esille riittämättömät resurssit projekteissa ja epäselvät roolit projektitiimin, projektijohdon ja projektin ohjausryhmän välillä.

Projektiportfoliohallinnalla etsitään sarja projekteja, jotka tukevat toistensa vahvuuksia ja paikkaavat vastaavasti heikkouksia. Ideaalimaailmassa resursseja olisi käytössä rajattomasti ja projektiportfolion valitseminen olisi helppoa, koska resurssien käyttö ei olisi rajoitteena. Reaalimaailmassa projektit joutuvat taistelemaan vähistä resursseista, koska ainoastaan elinkelpoisimmat voivat jatkaa. (Korpiaho 2007.)

3 TOIMINNALLINEN VIITEKEHYS

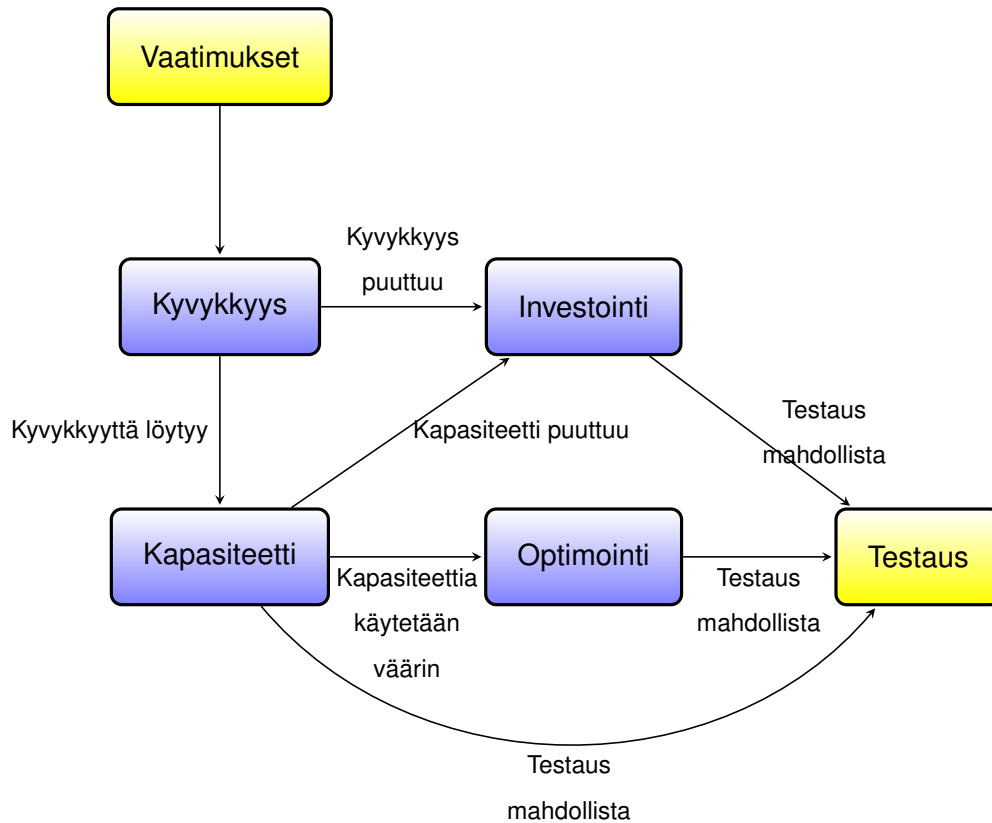
Tutkimuksen kohteena on tutkimus- ja tuotekehityspainoiteinen, sulautettuja laitteistoja toimittava, langattoman tietoliikenteen ratkaisuja kehittävä yritys. Yritys toimi vielä kolme vuotta sitten merkittävän laitevalmistajan omana langattomien ratkaisujen tuotekehitysyksikkönä, kunnes yritys siirtyi yrityskaupan myötä osaksi suurta elektroniikkakomponenttien valmistajaa.

Laitteistolle tehtävä testaus tulee vaativammaksi koko ajan, koska virrankulutusvaatimukset ovat tiukemmat, koko pienenee jatkuvasti ja integraatioaste kasvaa. Testaus vaatii enemmän resursseja, kun toiminnallisuudet monimutkaistuvat. (Härkönen 2009, 28.) Standardien vaatimukset ovat sisällöllisesti niin monimutkaisia ja aikataulullisesti niin tiukkoja, että telekommunikaatioalalla on mahdotonta tehdä virheettömiä tuotteita. Alalla työskentelevien yritysten on hyväksyttävä virheiden olemassaolo siitä huolimatta, että tietyt virheet voivat vaikuttaa merkittävästi yrityksen tulokseen. (Määttä ym. 2009, 75.)



KUVIO 6. Yksinkertaistettu kaavio testausstrategian jalkauttamisesta testaamiseksi

Tutkimuksen toiminnallinen viitekehys on esitelty kuviossa 6. Tekevät resurssit on kuvattu sinisellä värillä. Toiminta tai prosessi on kuvattu keltaisella värillä. Yrityksen johto ja keski-johto määrittelee testausstrategian periaatteet. Esimiehet toteuttavat testistrategiaa ja aikatauluttavat työt strategian mahdollistamiseksi. Testaajat suunnittelevat työnsä annettujen raamien mukaisesti ja suorittavat testauksen käytettävissä olevilla testilaitteilla.



KUVIO 7. Yksinkertaistettu prosessikaavio testauksesta

Kuviossa 7 näkyy yksinkertaistettuna, mitä vaaditaan, että vaatimus saadaan testattua. Mikäli kyvykkyyttä tai kapasiteettia puuttuu, niitä hankitaan investoimalla tai optimoimalla olemassa olevien laitteiden käyttöä. Kuva ei ota huomioon mahdollisuutta, että vaatimus halutaan testata, mutta vaadittavaan kyvykkyyteen ei olla valmiita investoimaan.

4 MENETELMÄT

Tutkimuksella voi olla neljä tarkoitusta. 1. kuvaaminen, 2. selittäminen, 3. ennustaminen ja 4. kontrolli. Luonnonilmiön tapauksessa voidaan käyttää tutkimista ilmiön kuvaamiseen sekä piirteiden ja sisäisten vaikutussuhteiden selittämiseen. Mikäli luonnonlaki on taustalla, samanlaisen ärsykkeen seurauksena ilmiö toistuu, jolloin voidaan ennustaa toimintaa. Kun jokin ilmiö tai kokonaisuus saadaan toimimaan ennustettavasti, voidaan kontrolloida toimintaa. (Järvinen & Järvinen 2004, 8.) Laadullinen tutkimus pyrkii ymmärtämään ilmiötä, selvittäen tarkoitusta ja merkittävyyttä (*significance*) (Härkönen 2009, 18).

Analysoinnissa suoritetaan kaksi eri tehtävää, havaintojen pelkistäminen ja arvoituksen ratkaiseminen. Erottelun voi tehdä vain analyttisesti. Nämä kaksi tehtävää nivoutuvat käytännössä kuitenkin yhteen. (Alasuutari 1995, 39.) Havaintojen pelkistäminen koostuu kahdesta osasta. Aluksi aineistosta erotellaan yksittäisiä raakahavaintoja. Kun raakahavaintoja on riittävä määrä, voidaan niitä alkaa edelleen karsimaan yhdistelemällä raakahavaintoja yhdeksi tai vähintään harvemmaksi havaintojen joukoksi. (Alasuutari 1995, 40.)

Arvoituksen ratkaiseminen tehdään yhdistämällä pelkistetyt havainnot teoreettiseen viitekehukseen, aiempiin tutkimustuloksiin ja aiheen ympärille rakennettuihin selitysmalleihin. Laadullinen tutkimus pyrkii tulkitsemaan ilmiöitä tai toimintaa käsillä olevien johtolankojen ja vihjeiden avulla. (Alasuutari 1995, 44.) Yksittäisiin havaintoihin perustuen muotoillaan sääntöjä, joiden täytyy laadullisessa tutkimuksessa päteä poikkeuksetta koko aineistoon. Tämä vaatimus voi johtaa esitystavallisiin ongelmiin, kun aineistoon poikkeuksetta pätevä havainto perustuu raakahavaintojen yhdistämiseen. (Alasuutari 1995, 191.)

4.1 Menetelmät ja aineisto

Kysely tarkoittaa sähköisellä tai paperilomakkeella suoritettavaa tietojen hankintaa. Lomakkeelle on kirjoitettu joukko kysymyksiä, joihin vastaajien toivotaan vastaavan. Kysely voi olla suunnattu koko tutkittavalle joukolle tai vain osalle joukkoa. Jälkimmäisessä tapauksessa kysely osoitetaan otokselle, joka on osa tutkittavaa joukkoa. (Järvinen & Järvinen 2004, 147.)

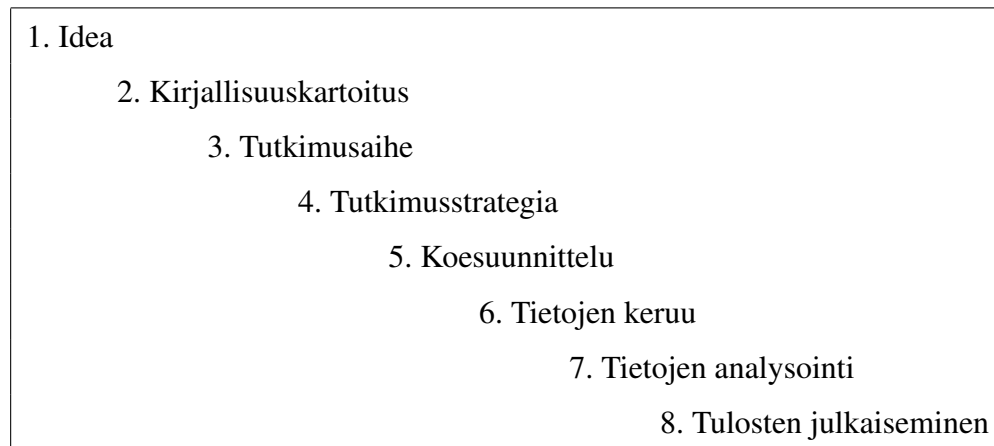
Tilanteissa, joissa tiedusteltavia asioita on vähän ja vastaajia on suhteellisen paljon, kysely on sopiva tapa kerätä vastaukset. Kyselyn etuja ovat vastaajalle parhain mahdollinen ajankohta, koska he voivat itse päättää milloin vastaavat kyselyyn. Haittapuolena kyselytutkimuksessa on, että haastattelija ei pysty varmistumaan, onko vastaaja täysin ymmärtänyt kysymyksen. (Järvinen & Järvinen 2004, 147.) Tutkimuksessa voi esiintyä harha, kun joku muuttuja vaikuttaa mittausprosessiin, eikä sitä ole huomattu tai voitu mitata. Harha vaikuttaa pääasiassa kysymyksen validiteettiin. Vaikutus voi syntyä tilanteessa, jossa kahdesta ryhmästä olevat vastaajat ovat toisiinsa nähden eri tasoilla asian ymmärtämisen suhteen. Tällöin tulosten validiteetti ryhmässä on erilainen. (Järvinen & Järvinen 2004, 149.)

Postikyselyssä haastattelijan vaikutus eliminoituu, joten vastaaja voi vastata helpommin arkaluontoisiin kysymyksiin kuin esimerkiksi haastattelussa. Kysymykset ovat yhdenmukaisia kaikille vastaajille. Postikyselyssä vastaamattomuus on yleensä suurempi kuin haastattelussa. Koska vastaamattomuus ei ole satunnaista, ovat tulokset tutkimuksen kannalta selektiivisiä, mikä aiheuttaa harhaa perusjoukkoon nähden. (Jyrinki 1976, 25–27.) Jyringin teksti on 70-luvulta, jolloin sähköpostilla ei ollut samanlaista asemaa kuin tänä päivänä. Tutkimuksessa otetaan vapaus soveltaa postikyselyä sähköpostin kautta lähetettävään kyselyyn, joka suoritetaan internet-selaimella.

Kyselytutkimuksella pystytään kattamaan nopeasti kattava joukko vastaajia laajalta maantieteelliseltä alueelta. Kysymykset voivat olla suljettuja tai avoimia. Sähköinen kysely mahdollistaa jatkokysymykset aiempien vastausten pohjalta. Lisäksi sähköisellä kyselyllä vältetään litteroinnissa mahdollisesti syntyvät virheet, kun vastaukset ovat suoraan kirjallisessa muodossa.

Tutkimusprosessi jakaantuu kahdeksaan peräkkäiseen vaiheeseen (taulukko 4). Tutkimus käynnistyy mieltä askarruttavista asioista, joiden pohjalta tutkija saa idean mihin ongelmaan tai kysymykseen halutaan vastaus. Idean selvittyä voidaan kartoittaa aiheesta aiemmin tehtyjä tutkimuksia tai kirjallisuudesta yleisesti löytyvää aineistoa aiheesta. Olemassa olevan kirjallisuuden pohjalta voi saada paremman käsityksen siitä, mikä ongelma alkuperäisen idean ympärillä kaipaa vastausta. Tutkimusaiheen valinnassa muodostetaan jo käsitys ongelmas- ta ja aletaan käsitteellistää tutkimusongelmaa. Aiheen valinnan jälkeen tutkija suunnittelee strategian, jolla tutkittavaa aihetta aletaan käsitellä. Koesuunnittelussa koe tehdään pienem- mälle joukolle, joten tutkimuksen teknisessä toteutuksessa olevia virheitä voidaan vielä kor-

TAULUKKO 4. Tutkimusprosessin kahdeksan vaihetta (Järvinen & Järvinen 2004, 3; Jenkins 1985)



jata ennen varsinaista tietojen keruuvaihetta. Kun tiedot on kerätty, tutkija analysoi tulokset ja julkaisee ne. (Järvinen & Järvinen 2004, 3; Jenkins 1985.)

Tutkimuksessa on oletettu, että jokaisella organisaatiolla on yhteinen ja oma testausstrategia, joka määrittää, mitä testataan, miten testataan ja missä testataan. Oletuksen yhteydessä *yhteinen* tarkoittaa organisaatioiden kesken yhteisesti tekemää työnjakoa testauksesta ja *oma* tarkoittaa organisaation sisäistä työnjakoa.

4.2 Tutkimuksen laadun varmistaminen

Taulukossa 5 on esitetty neljä testiä, joilla voidaan varmistua empiirisen sosiaalisen tutkimuksen laadusta. Tutkijan tulee varmistaa kaksi vaihetta tutkimuksen rakenteellisen validiteetin vaatimusten täyttämiseksi, 1) valita tietyn tyyppiset aiheet joita voidaan tutkia ja 2) osoittaa, että valitut mittarit tutkittavista asioista oikeasti heijastavat valittuja aiheita. (Härkönen 2009, 52; Yin 2003, 52.)

Tutkimuksen aihe ja tutkittavat asiat ovat nousseet tutkittavasta yrityksestä itsestään. Kyselyyn on kutsuttu osallistujia niistä yrityksen organisaatioista, paikkakunnilta ja rooleista, jotka ovat vaikuttaneet tutkimuksen tarpeeseen ja syntymiseen. Tutkimuksessa on käytetty vastauksia kyselytutkimuksista ja julkisista lähteistä. Tutkimuksella on ollut valvoja ja työelämäohjaaja, jotka ovat voineet omalla palautteellaan vaikuttaa tutkimuksen toteuttamiseen ja johtopäätöksiin, joita tutkimuksesta on saatu. Kyselytutkimukseen on vastannut ainoas-

TAULUKKO 5. Testit empiirisen sosiaalisen tutkimuksen laadun varmistamiseksi (Härkönen 2009, 52; Yin 2003, 52)

- | |
|-------------------------|
| 1. rakenteen valideetti |
| 2. sisäinen valideetti |
| 3. ulkoinen valideetti |
| 4. luotettavuus |

taan yhden yrityksen työntekijöitä, joten tulokset voivat poiketa muissa samalla alalla toimivissa yrityksissä. Yrityksen toimiala on maailmanlaajuisesti erityinen, joten tuloksia ei voi yleistää suoraan muilla aloilla työskenteleviin yrityksiin. Mikäli kyselyyn olisi vastannut eri ihmiset, samoin kyselyn erilainen tema tai toteutustapa olisi voinut johtaa hiukan erilaisiin tuloksiin. Riippuen siitä miten yritys toteuttaa tutkimuksen johtopäätöksissä suositellut toimenpiteet, voivat ne vaikuttaa tutkimuksen toistettavuuteen. Voidaan kuitenkin todeta, että tulokset olisivat olleet vastaavia, jos tutkimuksen olisi suorittanut toinen tutkija.

Jos tutkija osoittaa tapahtuman X johtavan tapahtumaan Y, yrittäen osoittaa näiden välillä olevan kausaalisen yhteyden, mutta ymmärtämättä tapahtumaa Z, joka on voinut aiheuttaa tapahtuman Y, tutkija on epäonnistunut varmistamaan sisäisen valideetin. (Härkönen 2009, 52-53; Yin 2003, 52.) Tutkimuksella olleet valvoja ja työelämäohjaaja ovat voineet vaikuttaa palautteellaan tutkimuksen toteuttamiseen, lisäksi tutkimuksella on ollut substanssiohjaaja, joka on katselmoinut tutkimuksen ja voinut palautteellaan vaikuttaa tutkimuksen lopputulokseen. Kyselytutkimuksen vastaukset on käyty läpi myös henkilön kanssa, joka on tuttu tutkimuksen aiheen kanssa, jolla on pyritty varmistamaan, että vastaukset on tulkittu yhteneväällä tavalla ja poissulkemaan tutkijan vaikutus. Ohjaajien ja valvojien ollessa toiset, heidän palautteensa olisi voinut ohjata tutkimusta toiseen suuntaan ja näin vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin. Tutkijan läheisellä roolilla tutkittavaan aiheeseen ja omalla ymmärryksellä tutkitavasta aiheesta on voinut olla vaikutuksensa tuloksiin. Tutkimuksessa on kuitenkin pyritty välttämään tutkijan vaikutus tuloksiin.

Ongelmaa, voiko tutkimustuloksia yleistää tutkimuksen välittömän kontekstin ulkopuolelle, nimitetään ulkoiseksi valideetiksi (Härkönen 2009, 52-53; Yin 2003, 52). Alasuutari (1995, 251) toteaa, että laadullisen tutkimuksen yhteydessä tulisi mieluummin käyttää käsitettä suhteuttaminen kuin yleistäminen. Tällä tarkoitetaan sitä, että tutkijan tulisi osata kertoa mitä

analyysi kertoo muusta kuin aineistostaan. Kyselyyn vastasi henkilöitä yhdestä yrityksestä, henkilöt toimivat eri tehtävissä ja eri paikkakunnilla. Vastaajien työurien pituus vaihteli vasta-aloittaneista jopa 20 tai liki 30 vuotta työskennelleisiin. Tutkitun yrityksen juuret ovat syvällä omalla toimialueellaan ja yritys on erittäin teknologia- ja tuotekehityspainotteinen. Yrityksen toimiala on erittäin kapea, kohdeorganisaatiot kehittävät ohjelmistoja sulautettuihin järjestelmiin. Näiden tekijöiden valossa ei voida varmasti sanoa, että tutkimustulokset ovat täysin yleistettävissä muihin yrityksiin tai muille toimialoille.

Luotettavuudella tavoitellaan laadukasta tutkimusta. Muiden tutkijoiden pitää pystyä toistamaan tutkimus ja saavuttaa samanlaiset tulokset noudattamalla kuvattuja toimintatapoja. Liiallinen luottamus tutkijan havaintoihin voi johtaa väärin johtopäätöksiin. Tutkijan on tärkeää tunnistaa omat ennakoasenteet ja arvot, jotka voivat vaikuttaa tutkimustuloksiin. Laadullinen tutkimus pyrkii keskittymään ainoastaan muutamaan tapaukseen ja niiden syvälliseen analysointiin. (Härkönen 2009, 54; Yin 2003, 52.) Tämä tutkimus on suoritettu määrätynä aikana ja yksittäisten henkilöiden toimesta, joka tekee siitä jossain määrin yksilöllisen. Käytetyn kyselytutkimuksen kysymykset ovat tutkimuksen liitteenä ja vastausten purkaminen ja analysointi on kerrottu tutkimuksessa, näiden tietojen pohjalta tutkimus on toistettavissa. Tutkimuksen toimintatavat on kuvattu tarkasti ja vastaukset on kerätty mahdollisimman varhaisessa vaiheessa sähköisessä muodossa, jolla pyritään välttämään ongelmat litteroinnissa, jotta tutkimus kestää kriittisenkin tarkastelun.

5 TULOKSET

Tässä luvussa käsitellään kyselytutkimuksen ja haastatteluiden vastauksia. Luvun jaottelu noudattaa kyselyssä käytettyä jaottelua, mutta nimeäminen on muutettu vastaamaan paremmin kysymysten sisältöä. Vastaukset ovat avattu ja tulkittu edellisessä luvussa kerrotun mukaisesti, päätelmien tekeminen vastauksista on jätetty seuraavaan lukuun.

5.1 Yleistä

Enemmistö yrityksen työntekijöistä työskentelee tuotekehityksen parissa. Tuotekehitysyksikkö jakaantuu järjestelmäpiirejä, ohjelmistoja ja laitealustoja kehittäviin osastoihin. Näiden lisäksi tuotekehitysyksikköön kuuluu osasto, joka hoitaa tuotteistuksen muiden tuotekehitysosastojen tuotteille. Tutkimus käsittelee ohjelmistotestauksessa käytettäviä testilaitteita ja kysely lähetettiin kaikille työntekijöille, jotka kuuluvat ohjelmiston tuotekehitystä tai tuotteistusta tekeviin osastoihin. Kysely suoritettiin kokonaistutkimuksena perusjoukon pienuuden vuoksi. Vastajat edustavat tuotekehitysyksikön kaikkia osastoja (LIITE 2).

TAULUKKO 6. Saatujen vastausten jakaantuminen paikkakunnittain

Paikkakunta	Vastaukset	Osuus
P_A	56	41%
P_B	3	2%
P_C	14	10%
P_D	9	7%
P_E	25	18%
P_F	0	0%
P_G	20	15%
P_{Other}	9	7%

Kysely oli avoinna yhden viikon. Ensimmäinen kutsu lähetettiin kyselyn avauduttua ja toinen kutsu (muistutus) lähetettiin kaksi päivää ennen kyselyn sulkeutumista. Kyselyyn tuli 192 vastausta, joista 64 suoritti kyselyn loppuun asti, 56 kirjautui sisälle vastaamatta edes perustietoihin, 59 vastasi ainoastaan perustietoihin. Taulukossa 6 olevat vastaukset on huo-

mioitu ainoastaan niiltä vastaajilta, jotka ovat kertoneet paikkakuntansa. Paikkakunta kysyttiin pakollisena kysymyksenä, joten siihen vastaamatta jättäneet eivät ole voineet suorittaa kyselyä perustietoja (organisaatio, paikkakunta, työrooli, työuran pituus) pidemmälle. Osuus kertoo paikkakunnan prosentuaalisen osuuden kaikista vastauksista. Otos on suurin pienillä paikkakunnilla, poislukien P_F , jossa kyselykutsun saaneita on vain muutamia (LIITE 2).

Käytetty kyselylomake havaittiin toimivan vajavaisesti Microsoft Internet Explorer –selaimella ennen kyselyn aloittamista. Ongelma liittyy kyselyn toteutuksessa käytettyyn ohjelmistoon. Suositus käytettävästä selaimesta (Mozilla Firefox) laitettiin näkyville kyselyn aloitussivulle ja toiseen kutsuun.

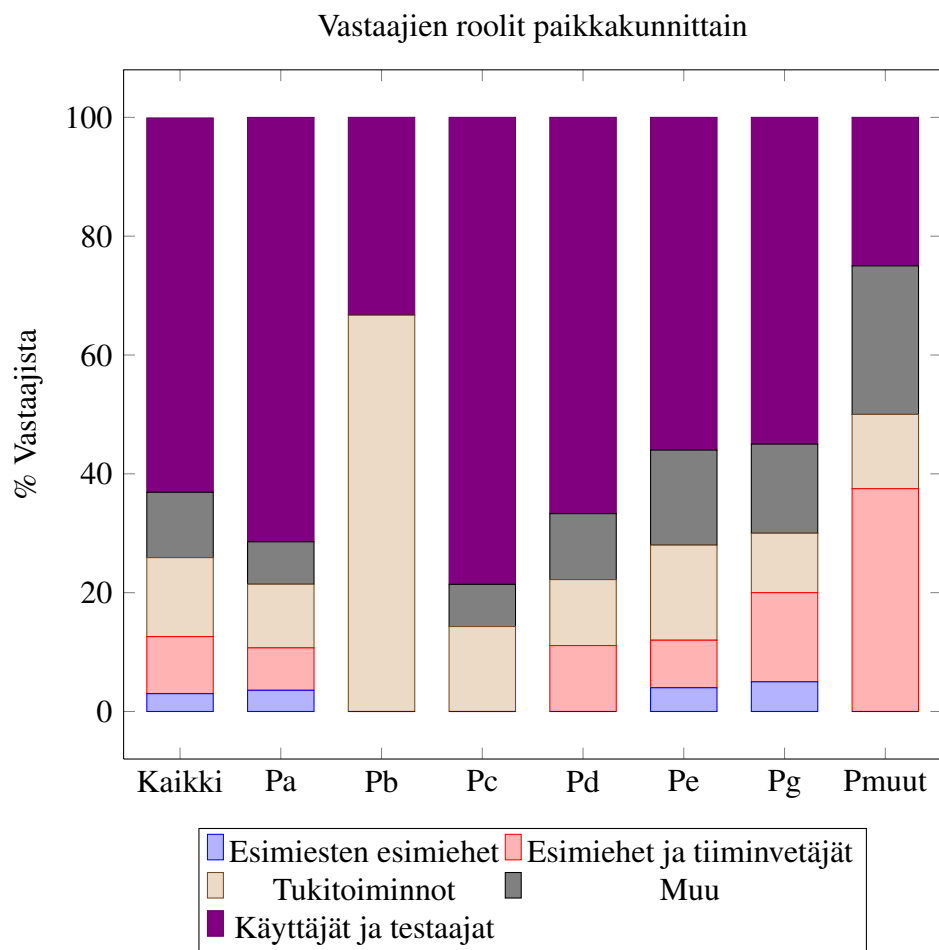
5.2 Vastaajien taustatiedot

Kysely lähetettiin kahdelle osastolle. Osasto S ja osasto P. Niistä vastauksista, joissa vastaajat ilmoittivat taustatiedot, 85% edustaa osastoa S ja 6% osastoa P. Kyselyn tulokset voidaan todeta kattaviksi osaston S osalta. Vastauksia tuli myös kolmelta muulta osastolta, vaikka kutsua osallistua kyselyyn ei oltu toimitettu heille. Kyselyn vastaajia ei ole mitenkään rajoitettu, joten kuka tahansa kutsun saanut on voinut osallistua kyselyyn. Muiden osastojen osalta vastauksista ei voi tehdä yleistyksiä.

Vastauksia tuli niiltä paikkakunnilta, joissa osastoilla on toimintaa. Kaikki roolit ovat myös edustettuina: tukitoiminnot, käyttäjät, tiiminvetäjät, keskijohto sekä muut, joihin kuuluu erilaisissa tuotekehitystehtävissä toimivia henkilöitä. Vastaajien roolit paikkakunnittain on esitetty kuviossa 8, paikkakuntien lyhenteet ovat samat kuin taulukossa 6.

Vastauksien mukaan noin 15 % vastaajista on esimiestehtävissä, pitäen sisällään esimiehet sekä esimiesten esimiehet eli johtajat. Liki 20% vastaajista laskee itsensä tukitoimintoihin. Riippuu miten tukitoiminnot määritellään, mutta kysymyksen asettelussa selitetyllä tavalla laskettuna tukitoimintojen osuus on ylikorostunut vastaajissa muihin rooleihin nähden. Liki kaksi kolmasosaa vastaajista työskentelee testilaitteiden parissa. Koska kyselyn otsikko viittasi testilaitteiden käyttöön, testilaitteiden käyttäjien runsas osanotto on ymmärrettävää. Osa ohjelmoijista oli laskenut itsensä ryhmään ”muu”, vaikka käyttää testilaitteita. Raja käyttäjän ja ohjelmoijan välillä ei ole täysin selvä.

Useassa vastauksessa nykyisessä roolissa toimiminen oli kestänyt pidempään kuin työura,



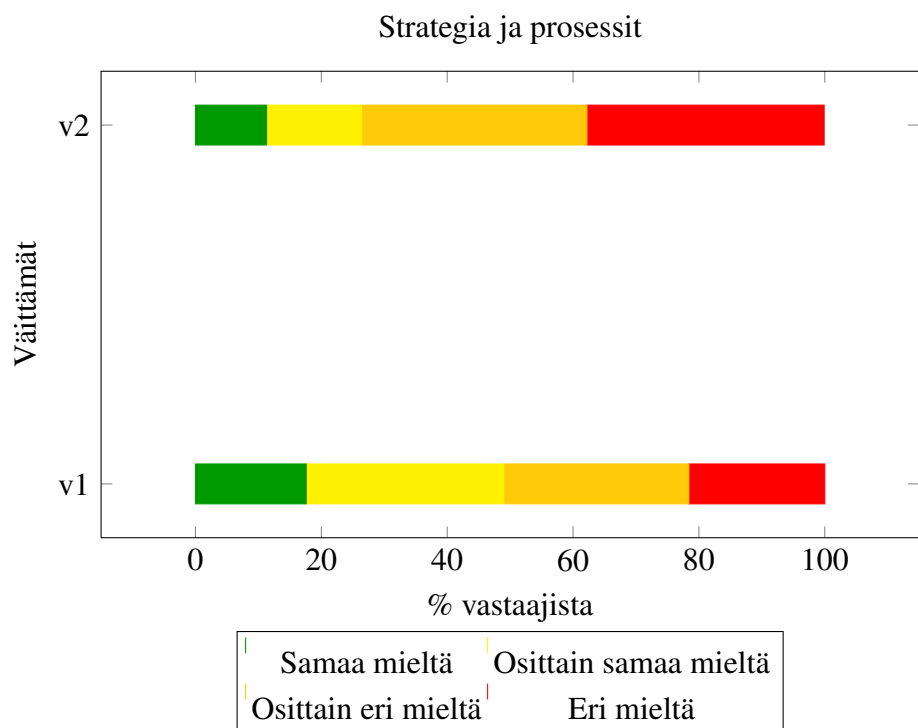
KUVIO 8. Vastaajien roolit paikkakunnittain

joka voi selittyä liikkeenluovutuksella muutama vuosi sitten, vaikka työntekijät siirtyivät nykyiseen yritykseen vanhoina työntekijöinä. Vastaajien työurien pituudet on esitelty liitteessä (LIITE 2).

5.3 Testauksen johtaminen

Strategia ohjaa toiminnan suuntaa ja ilman strategiaa johtaminen on vaikeaa, koska yhteistä suuntaa ei ole. Testausprosessit ohjaavat päivittäisiä toimintoja, mutta muun maailman kehittyessä myös prosesseja täytyy kehittää. Näillä kysymyksillä haluttiin saada suuntaa siitä, kuinka hyvin testausstrategia on kommunikoitu ja testausprosessi kehittyy. Kuviossa 9 on esitetty vastaajien mielipiteiden prosentuaalinen jakautuminen testilaitteiden strategiaan ja prosesseihin liittyviin väittämiin. Keltaisella alueella on ”osittain samaa mieltä” ja ”osittain eri mieltä” -vastaukset. Ääripäihin on otettu ”täysin samaa/eri mieltä” sekä ”samaa/eri

mieltä” -vastaukset.



KUVIO 9. Kuvaaja testausprosessiin ja strategiaan liittyvistä väittämistä

Väittämät strategiasta ja prosesseista:

v1 - Testausprosessi kehittyy jatkuvasti organisaatiossamme.

v2 - Testausstrategia on kommunikoitu hyvin organisaatiossamme.

Kuten kuvio 9 voidaan havaita, vastaajat eivät pidä testausstrategian nykyistä kommunikointia onnistuneena. Vastaukset testausprosessin jatkuvasta kehittymisestä kertovat, että tässä tapauksessa kuppi on puoliksi tyhjä – puolet vastaajista kokevat ettei testausprosessi kehity jatkuvasti. Edellinen tuntuu olevan ristiriidassa sen kanssa, että testilaitteita ei ole käytettävissä, koska työmäärän ja resurssien jatkuva sovittelu vaatii väkisin muutoksia myös testausprosessissa.

5.3.1 Testausstrategia

Testausstrategiasta vastaajia pyydettiin vastaamaan kysymyksiin testausstrategian kommunikoinnin epäonnistumisesta ja testausstrategian kehittämistarpeista. Vastauksia ei pystynyt tulkitsemaan ja suhteuttamaan eri roolien näkökulmasta. Testistrategia on kokonaisuutena

vaikea hahmotettava, joten vastaukset kattavat mm. resursointia, prosesseja ja investointeja.

Suuri osa vastaajista ei kokenut, että testistrategiaa tai prosesseja olisi edes olemassa. Jos testistrategia on olemassa, ei siitä kerrota työntekijöille. Johdon syyksi laitettiin kommunikoinnin puute organisaatioiden ja paikkakuntien välillä. Kritiikkiä esitettiin myös, että johto ei ymmärrä mitä testilaitteita käytetään testauksessa. Kommunikoinnin ongelmat ovat samoja, joita Oppenheimer (2002) havaitsi tiedon hallinnassa.

Testauksen määrä koettiin joidenkin vastaajien osalta liian suureksi käytettävissä olevaan aikaan nähden. Testaajille tulee pyyntöjä ajaa ”kaikki” testit, tämän pohjalta kritisoihin tiiminvetäjien ja projektipäälliköiden yhteistyötä sekä mahdollista näkemyksen puutetta, mitä pitäisi testata. Resursoinnin vähyys tuotiin esille muutamissa vastauksissa. Henkilökuntaa tai aikaa kaivattiin lisää. Vastauksiin oli päässyt myös perinteinen ”testausta ei arvosteta”-kommentti. Pohdittiin voiko testistrategia toimia, koska testiympäristöt eivät ole kunnossa.

Kysymys oli valmiiksi ladattu, koska siinä kysyttiin syitä nimenomaan testausstrategian kommunikoinnin epäonnistumiseen. Tiedon kulkuun liittyvät vastaukset eivät suurella määrälläan siis yllättäneet. Kommunikointiongelmat paikkakuntien ja organisaatioiden välillä sekä organisaatiomuutosten jälkeen ovat tyypillisiä, jos roolit ja vastuut ovat jääneet määrittelemättä riittävän tarkasti (kts. kappaleet 3 ja 2.3.2).

Testausstrategian voi ilman tarkkaa määrittelyä tulkita monella tavalla ja tämä näkyy vastauksista. Kehittämistarpeissa vastaajien näkemyksissä oli hajontaa, ideoita tuotiin esille testausfilosofiasta testauksessa tarvittavien apuvälineiden hankintaan asti. Vastaukset ryhmittäivät roolijakoon, testausautomaatioon, testautapoihin, määrään ja aikatauluihin, resursseihin, laitteistoihin, testauksen suunnitteluun ja muihin vastauksiin.

Automaatiotestaukselle vaadittiin lisää kapasiteettia. Automaatiojärjestelmien kehittämiseen ja tukeen kaivattiin myös muutoksia. Testausautomaation kehittämistarve nousi selkeästi esille ja ainoat kriittiset vastaukset testausautomaatiota kohtaan olivat kehitysideoita.

”Resurssien (ihmiset) määrä asettaa rajat laadulle. Jos laatu ei ole tällä hetkellä hyvä, olisiko ongelmat voitu löytää käyttämällä testilaitteita?”

Resursseja käsitteleviin vastauksiin on otettu kaikki aiheeseen liittyvät vastaukset. Testaamiseen kaivattiin lisää henkilöitä, arvostusta, kuuntelua, osaamista ja prioriteettia. Testaajien

arvostus nykyisellään haastettiin. Osaavassa ja itseään arvostavassa organisaatiossa ihmiset haluavat tehdä työnsä hyvin ja varmistaa yrityksen menestyksen. Sydänmaalakka (2006, 100) kuvaa sitä ”älykkääksi organisaatioksi”. Henkilökohtaisella tasolla intohimoinen kiinnostus teknologiaa ja lopputuotteen täydellisyyttä etsivä toiminta muistuttaa ”hakkerin etiikkaa” (Himanen 2010).

Käytettävät testilaitteet apuvälineineen ovat varsinkin testaajilla merkittävä osa oman työn suorittamista. Tämä heijastuu läpi organisaation, koska resurssit ovat tyhjäkäynnillä ilman kyvykästä laitteistoa. Prototyypit nousivat esille, mutta niiden käyttöön liittyvät ongelmat jäivät osittain epäselväksi. Prototyyppien laatua haluttiin paremmaksi. Testilaitteille esitettiin standardikokoonpanoa, jolloin samanlaisia laitteita olisi enemmän saatavilla ja testit eivät olisi niin sidonnaisia yksittäisiin laitteisiin.

Päällekkäiselle testaukselle on tarvetta ainoastaan, jos on syytä epäillä tulosten pätevyyttä. Muussa tapauksessa päällekkäinen testaus on pääsääntöisesti resurssien haaskaamista. Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että testauksen suunnittelussatiöee ottaa huomioon, kuinka usein testaus pitää toistaa. Joidenkin julkaisujen tai käännösten välillä muutoksia voi olla vähän, suhteessa testauksen määrään. Ehdotukset varata enemmän aikaa tai rajoittaa tehtävän testauksen määrää jäivät vaille perusteluita. Tarvittavan ajan ja määrän mittaamiseen tulee olla yksiselitteisemmät mittarit. Aikataulut aiheuttavat paineita testaajille, jos testausaikataulun pitää pysyä ennallaan, vaikka testattavat julkaisut ovat myöhässä.

Testauksen suunnittelu kaipaa enemmän aikaa ja suunnittelu pitäisi suorittaa paremmin ennen testilaitteelle menoa. Satunnaisuutta koettiin puuttuvan nykyisestä testauksesta. Suunnitteluun kuuluvat myös paikkakuntien ja organisaatioiden välinen työnjako. Ainoat ristiriitaiset vastaukset kuuluivat suunnittelun alle. Kaikki aktiviteetit haluttiin jakaa kaikkien paikkakuntien kesken ja joidenkin vastaajien mielestä sopia selkeämmin, mitä testausta tehdään missäkin.

Automaation kehittämisen tarve, ihmisten ja laitteiden resursointi sekä organisaatioiden välinen yhteistyö nousivat merkittävimmin esille strategiaan liittyvissä kysymyksissä. Kuvion 9 mukaisesti yli kolmasosa oli eri mieltä tai täysin eri mieltä väittämän ”testausstrategia on kommunikoitu hyvin organisaatiossamme” kanssa. lisäksi toinen kolmasosa oli väittämän kanssa osittain eri mieltä. Tämä antaa aihetta pohtia tarkemmin testausstrategian kehittämistä koko yrityksessä.

5.3.2 Testausprosessit

Testausprosesseista kysyttiin, mikä on ollut viimeisin muutos prosesseissa ja mitä muutoksia prosesseihin kaivattaisiin. Menneitä kyseltiin, josko sieltä nousisi esille muissa organisaatioissa hyväksi havaittuja muutoksia, joita pystytään kopioimaan muihin organisaatioihin. Muistelu ei kuitenkaan ollut tuottoisaa, koska vastauksia tuli vain kymmenkunta.

Osa kommenteista oli yleisiä, kehuun testauksen ja prosessien jatkuvaa muutosta. Konkreettisemmat vastaukset olivat tehtävien- ja tulostenhallintajärjestelmien käyttöönotto, yksittäisten testilaitteiden päivitykset ja merkittävimpänä vastausten määrän osalta testausautomaatio.

Muutoksia testausprosesseihin kaivattiin testaustarpeiden tunnistamisessa. Pällekkäisyydet halutaan karsia ja pienentää testaussarjoja (*test set*) samalle ohjelmistohaaralle, jota julkaistaan useita kertoja viikossa. Kriittisillä laitteilla oleva testaus, joka voidaan tehdä muilla testilaitteilla, tulee siirtää. Nykyisen tekemisen koettiin olevan virallisissa (hyväksyntätestaus) testauksissa ja sisäinen testaus ei saa painoarvoa.

Uusien testilaitteiden koettiin parantavan myös prosesseja, koska uusia testilaitteita kaivattiin lisää. Nykyisistäkin resursseista koettiin saatavan enemmän irti, kunhan niitä käytettäisiin paremmin. Koulutuksella, tuella ja dokumentaatiolla oli oma kannattajajoukkonsa. Osaavat käyttäjät on vaatimus, jos laitteiden käyttö halutaan tehokkaammaksi.

5.3.3 Muutokset investointiprosessiin

Käytettävien testilaitteiden kyvykkyyden tai kapasiteetin parannus kulkee aina investointiprosessin kautta. Se siis on osa jokaisen testilaitteen historiaa. Investointiprosessin toimivuus on merkityksellinen siksi, että yrityksen päätös käytettävistä teknologioista konkretisoituu investointivaiheessa. Investointiprosessin puutteiden ymmärtäminen on elintärkeää yritykselle. Kysymyksellä ”mitä muutoksia investointiprosessiin ehdotetaan tehtäväksi?” oli tarkoitus nostaa esille näitä puutteita ja epäkohtia.

Vastauksesta riippuen kommunikointi nousi suorasti tai epäsuorasti esille. Turhautuminen investointiprosessin venyessä käy selvästi ilmi suuressa osassa vastauksia. Tämä aiheuttaa epätietoisuutta ja vastausten perusteella vaikuttaa myös organisaatioiden välisiin suhteisiin.

Toisaalta turhautuminen näkyy vastauksissa myös organisaatioita itseään vastaan, koska vastaajilla ei ole käsitystä siitä, mitä investointeja organisaatiot pyrkivät viemään eteenpäin.

Johtajatasen vastaukset olivat jälleen pääasiassa tyhjiä, mikä voidaan tulkita muutamalla eri tavalla. Investointiprosessin kanssa enemmän tekemisissä olevilla johtajilla oletetaan olevan parempi käsitys investointiprosessista ja yksittäisten investointien kulloisesta tilasta, koska raportointi testilaitteinvestoinneista tulee johtajatasolle asti. Peilaten muiden ryhmien vastauksiin, johtajat ovat voineet jättää muutosehdotukset kertomatta, koska näkevät etteivät ongelmat ole itse prosessissa. Toisaalta vastaamattomuuden taustalla voi olla haluttomuus puuttua toisten omistamiin prosesseihin.

Suuria yhteisiä linjoja on hankala löytää vastauksista. Kritiikkiä ja odotuksia prosessille nostettiin esille, kuten lisää rahaa ja lisää testilaitteita, joka kertonee enemmän siitä, ettei itse prosessiin pystytä antamaan konkreettisia muutosehdotuksia. Osa vastaajista oli joutunut kokemaan turhauttavan investointiprosessin ja avautuivat prosessin liiasta monimutkaisuudesta tai hitaudesta. Vastauksia tarkemmin analysoitaessa liittyi kritiikki enemmän edullisempiin ja päivittäisiin hankintoihin, kuten liittimiin ja SIM-kortteihin. Hyväksynnän ja vastausten kesto sekä prosessin monimutkaisuus nousi kuitenkin ainoana merkittävänä ryhmänä esiin, joten niiden arvoa ei sovi vähätellä.

Pienempiä linjoja edusti vaatimusprosessin alkupäähän kaivattu keskittyminen varmistamalla oman ja testilaittevalmistajien tiekartan (*road map*) yhteneväisyys sekä näkyvyys.

Konkreettisia prosessin muutosehdotuksia tuli vain muutamia kaikkien vastausten joukosta. Investointeja harkittaessa tulisi käydä ensin läpi 1) oman paikkakunnan ja 2) muiden paikkakuntien kyvykkyys sekä kapasiteetti. Paikkakuntien välisellä yhteistyöllä uskottiin saatavan synergiaetuja. Yksi toisinajattelija väitti ettei uusia investointeja tarvitse tehdä, jos nykyisten testijärjestelmien ja testitapausten käyttöä järjeistetään.

5.4 Resurssien käytön ja testaustoiminnan suunnittelu

Tämän kysymysryhmän tarkoituksena on ymmärtää testaustoiminnan suunnitteluvaiheen toteutusta ja prosesseissa olevia ongelmia. Resursseilla tarkoitetaan sekä työntekijöitä että testilaitteita, koska testilaitteiden manuaalinen käyttö vaatii molempien fyysisen läsnäolon samanaikaisesti. Pisimmälle viedyllä automaattisella käytöllä käyttäjän ei tarvitse olla fyysi-

sesti läsnä testilaitteen suorittaessa testejä, ja testien ajan käyttäjä on vapaa tekemään muita töitä.

5.4.1 Testilaitteiden aikataulutus

Käyttäjää pyydettiin sijoittamaan erilaiset testilaitteiden aikataulutusjärjestelmät arvoasteikolle sekä kertomaan mitä aikataulutusjärjestelmiä he käyttävät. Lisäksi niiltä, jotka ilmoittivat etteivät käytä mitään järjestelmää, pyydettiin perusteluita. Taustalla on yrityksen työntekijöiltä noussut kritiikki testauslaitteiden vähäisestä määrästä, kapasiteetista. Kysymyksillä haluttiin ymmärtää, miten vastaajat kokevat erilaisten aikataulutusjärjestelmien toimivuuden omassa työssään, jotta toimivat järjestelmät voidaan ottaa laajemmin käyttöön.

Kaikista vastaajista noin puolet ilmoittaa käyttävänsä jotain testilaitteiden aikataulutusjärjestelmää. Puolet perusteluista käyttämättömyyteen liittyi järjestelmän tarpeettomuuteen tai omaan rooliin, jossa aikataulutusjärjestelmää ei tarvita. Kokemuksensa olemassa olevista tai olleista järjestelmistä kertoi neljäsosa vastaajista. Perustelut liittyivät järjestelmien toimimattomuuteen tai käyttäjien/tiiminvetäjien suullisen aikataulutuksen paremmuuteen. Vastauksista ei käynyt ilmi, kuinka pitkään järjestelmiä on yritetty käyttää tai onko järjestelmissä olevia puutteita yritetty korjata. Yhdessä vastauksessa ongelmat tiivistyivät varausten teossa tarvittavien yhteisten pelisääntöjen puutteeseen sekä valvontaan l. varauksen pystyi tekemään tehtävän prioriteettiin nähden kohtuuttoman pitkäksi ajaksi.

”Integroititestaukseen on parempi käyttää joitain muuta priorisointia kuin testausallokatiojärjestelmät”

Yllä olevassa vapaasti käännettyssä vastauksessa ehdotetaan priorisointia tehtäväksi muulla tavoin kuin allokointijärjestelmällä. Vastauksessa ei anneta vinkkiä, mitkä vaihtoehdot hän näkee parempana.

”Organisaatiossamme testilaitteet on jaettu henkilökohtaisesti ja meillä on ennestään vähän testaushenkilökuntaa, joten allokatio on tarpeetonta.”

Vain yhdessä vastauksessa tuotiin esille tarpeettomuus aikatauluttaa testilaitteita. Saman vastaajan vastauksista käy ilmi, että tarve lisätä resursseja nähtiin henkilöstöpuolella kuin testilaitteissa. Henkilökohtaisessa allokoinnissa on riski, että laiteresurssit eivät tule täysin käy-

tetyksi. Samaan aikaan toinen organisaatio tai projekti voi kärsiä kyseisten testilaitteiden puutteesta.

Parhaina aikataulusjärjestelminä nähtiin käyttäjien ja tiiminvetäjien priorisointi. Vastaajat olivat laittaneet niitä eniten, ja molempia yhtä paljon, kyselyssä ensimmäiselle ja toiselle sijalle. Seuraavaksi eniten ensimmäisiä ja toisia sijoja saivat testausautomaatio ja varauskalenteri. Vähiten kiinnostusta oli kiinteisiin vuoroihin ja varauskalenterin käyttöön, vaikka yksi vastaaja ehdotti jopa näiden kahden yhdistelmää, jossa puolet päivästä on varattu kiinteästi eri käyttäjille tai ryhmille ja toinen puoli hoituu varauskalenterin kautta.

5.4.2 Hyödyttömän ja hyödyntämättömän testauksen karsinta

Kapeikkoajattelussa kriittisiä resursseja pitää suojella kahdella tavalla. Ensinnäkin kriittisiä resursseja pitää suojella hyödyttömältä toiminnalta, jolloin resurssin aikaa käytetään tekemiseen, joka ei auta yritystä pääsemään tavoitteeseen. Hyödyttöä työtä voi olla esimerkiksi redundantti työ, joka tehdään kahdessa paikassa samaan aikaan juuri samanlaisena tai työvaihe joka vaaditaan puutteellisten ohjeiden vuoksi tehtäväksi kaikilla testilaitteilla, vaikka se olisi tarpeen ainoastaan osalla testilaitteita. Toisekseen resursseilla jo tehtyä työtä pitää suojella ettei resurssin tekemä työ jää hyödyntämättä. Hyödyntämätön työ joudutaan pahimmassa tapauksessa, esimerkiksi tulosten kadotessa, tehdä vielä uudestaan samaisella kriittisellä resurssilla. Hyödyntämätöntä työtä voi olla myös työ, joka tehtiin kiireessä, ylitöinä ja puutteellisella suunnittelulla, ja joka voidaan hyödyntää vasta myöhemmin muiden osa-alueiden valmistuessa. (Goldratt 1990.)

Kysymyksillä hyödyttömän ja hyödyntämättömän testauksen karsimisella pyritään ymmärtämään, ymmärtävätkö vastaajat ongelmaa sekä miten heidän organisaatioissaan karsiminen tehdään.

Kysymykseen, miten nykyinen prosessi huolehtii, että hyödyttöä testausta ei tehdä kriittisillä resursseilla, vastaajat antoivat pääasiassa kolmenlaisia vastauksia. Kaksi vastausta viidestä antoi jonkinlaisen ratkaisun, miten prosessin tulisi toimia tai oletti prosessin toimivan tietyllä tavalla. Oletukset, että käyttäjät tai esimiehet huolehtivat hyödyttömän testauksen karsimisesta, joko maalaisjärjellä (tai ilman), näkyivät vastauksissa eniten. Muutamassa vastauksessa tuotiin esille runsas työkuorma, joka huolehtii ongelman pois päiväjärjestyksestä. Mikäli

tämä on tilanne, ylimääräinen työ pitää priorisoida, ja silloin se on käyttäjien tai esimiesten harteilla. Kolme vastaajaa antoi tarkimman vastauksen, *miten* prosessin tulisi toimia, mutta niiden osalta jäi epäselväksi, onko tämä sovittu prosessi vai vastaajan oma näkemys.

Liki puolet vastaajista ei tiennyt miten hyödytöntä testaamista vältetään tai oli sitä mieltä ettei sellaista prosessia ollut. Muutamassa vastauksessa ongelma kiellettiin omalta kohdalta tai todettiin ettei hyödyttömän testauksen välttämistä yleisesti nähdä ongelmana. Loput vastaukset olivat liian epäselviä tulkittavaksi tai eivät vastanneet annettuun kysymykseen. Niissä saatettiin kyllä antaa ratkaisuehdotuksia muunlaisiin ongelmiin.

Prosessi, jolla suojellaan jo tehtyä työtä, oli neljäsosalle vastaajista aihe, johon ei ollut vastausta. Viisi vastaajaa neljästäkymmenestä pystyi heti kertomaan, ettei heidän prosessinsa varmistanut mitenkään, että tehty työ ei mene hukkaan. Muutama vastaaja antoi vinkkejä itse työn tekemiseen, kuten ”ota lokit” tai ”tulokset lähetetään sähköpostilla suurelle joukolle”. Liki kolmasosa luotti tulosten tallentamiseen automaattisesti tai manuaalisesti joko tulostietokantaan tai verkkolevyille. Kymmenen prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että testaajan tulee huolehtia asiasta.

Saadut vastaukset jakaantuvat tasaisesti vastaajien roolin ja paikkakunnan mukaan eikä niissä ole nähtävissä merkittäviä eroja. Vastausten valossa voidaan todeta, että prosessit eivät näiltä osin ole kovin selvät. Vastauksiin voi vaikuttaa myös huono kysymyksenasettelu. Selvästi usealla vastaajalla oli ymmärrys, mitä hyödyntämättömyydellä tarkoitettiin, mutta vastaukset jäivät tulosten tallentamisen tasolle. Avoimeksi jäi, varmistaako kukaan ettei tehty työ mennyt hukkaan tai jäikö tulokset hyödyntämättä.

5.4.3 Pidemmän aikavälin testilaitteiden allokointi

Olemassa olevien laitteiden käytön sopimiseen liittyvän prosessin toimimista kysyttiin, jotta ymmärretään, miten allokointi käytännössä tapahtuu. Kysymyksen toinen tavoite oli saada käsitys, kuinka hyvin vastaajat ymmärtävät allokointiprosessin toiminnan.

Tiiminvetäjien ja johtajien anti allokointiin liittyen oli verrattain pieni, alle 18 prosenttia (3 vastausta), kun vastaavasti käyttäjillä 34 prosentilta tuli vastaus, ja tuki- sekä muiden henkilöiden osalta 24 prosentilta. Vastaamattomuuden syitä ei vastauksista löydy, mutta kuten ongelman asettelussa (kappale 1) tuotiin esille, yksi liikkeelle paneva voima kyselyn järjes-

tämiseksi on yrityksen työntekijöiden usein esille tuoma ongelma testilaitteiden riittämättömyydestä. Tätä taustaa vasten esimiesportaan vähäinen ulosanti antaa aihetta tarkastella ongelmaa ja ongelman asettelua kokonaisuudessaan kriittisesti.

Johtajien kommentit olivat hyvin tiiviitä. Ainoa itse allokointiin liittyvä kommentti toi esille testilaitteiden jakamisen kaikkien kanssa, mutta siinä ei pureuduttu sen tarkemmin siihen, miten jako tapahtuu. Toinen johtaja toi esille, ettei heillä ole laitteita ollenkaan. Kuten tuloksista myöhemmin tulee ilmi, käyttäjät antavat priorisoinnin ja ristiriitojen ratkaisun mielellään esimiesten tehtäväksi. Ironista, että vastaukset ovat jo tässä vaiheessa johtajatasolla ristiriidassa.

Tuki- ja muiden henkilöiden kommentteista ei ollut havaittavissa laajempaa eroavaisuutta käyttäjien vastausten kanssa. Muutama yksittäinen kommentti sieltä kuitenkin nousi esille, kuten testilaitteiden yöajan hyödyntämättä jättäminen ja konkreettisemmat esimerkit (kts. alla).

Käyttäjien kommentit jakaantuivat, mutta niistä oli kuitenkin löydettävissä muutamia samansuuntaisiakin allokointitapoja. Alla yhteenveto vastausmäärien mukaisessa järjestyksessä:

- Priorisointi
 - tehtävien mukaan
 - tehtävien mukaan rajattuna ajankohtana
esim. julkaisutestaus (*release testing*) on etusijalla tiettyinä viikonpäivinä
 - tiimien mukaan
 - ominaisuuksien mukaan
- Aikataulutus
 - Ajanvarausjärjestelmä
muutamassa vastauksessa annettu esimerkki, suurin osa vastauksista ilman järjestelmän nimeä
 - Keskustelu muiden käyttäjien kanssa, korkeamman prioriteetin tehtävät menevät edelle.
- Keskustelu
 - Sovitaan sisäisesti

- Joku päättää, yleensä tiiminvetäjä
- Tiimipalaveri

Ajanvarausjärjestelmistä nousi myös sellainen huomio, että käyttäjät eivät pystyneet varata haluamiaan testilaitteita niiden ollessa kokonaan varattuja. Lisäksi automaattiset testausjärjestelmät, joissa järjestelmä hoitaa töiden aikataulutuksen ja priorisoinnin, koettiin muutamissa vastauksissa liian kuormitetuiksi. Vastaajat eivät tarkentaneet, mitä haittaa näistä on, mutta huomioista nousi esille käyttäjien turhautuneisuus.

Kysymykseen liittymätöntä kritiikkiä ilmeni testilaitteiden tai apuvälineiden puutteesta ja yleisestä käytettävyydestä. Allokoinnin puute nousi muutamassa kommentissa esille.

Yhteenvedossa priorisointi, aikataulutus ja keskustelu ovat nostettu esille vastauksista tiivistettynä. Tapa miten ensimmäinen allokointi tehdään voi vaihdella. Viime kädessä tehtävien priorisointi on edessä aina, kun kysyntä ylittää olemassa olevan kapasiteetin (konfliktitilanteissa). Vastaukset ovat siis päällekkäisiä toistensa kanssa.

Konkreettisia esimerkkejä itse allokoinnista tarjottiin vähän. Ensimmäinen liittyi vastuiden jakamiseen tiimeille ja sen jälkeen tiimille osoitettiin työssä tarvittavat resurssit. Tulkitsen tämän tehtävien mukaiseksi priorisoinniksi. Toinen tapa oli jakaa testilaitteet kahteen ryhmään, käyttäjä- tai tiimikohtaisiksi laitteiksi sekä tehtäväkohtaisiksi tai yleiskäyttöisiksi laitteiksi.

5.4.4 Testilaitteiden lisäkapasiteetin tarpeen tunnistaminen

Yrityksen toimintamalli resurssien hyödyntämisessä perustuu vaatimusten syöttämiseen tuotekehitysosastolle siihen pisteeseen, että niistä alkaa syntyä konflikteja, jotka toimivat merkeinä kapasiteetin loppumisesta. Malli voidaan nähdä eräänlaisena sovelluksena kapeikkoajattelusta. Ellei konfliktia synny, järjestelmän rajoitteet ovat muualla kuin itse tuotekehityksessä. (Höynälä 2013.)

Testilaitteiden kapasiteetista syntyy rajoite tuotekehitykselle, kun uusia vaatimuksia ei pystytä enää täyttämään. Tutkimuksessa halutaan selvittää, miten organisaatiot tunnistavat olemassa olevan kapasiteetin riittämättömyyden ja tarpeen investoida uusiin järjestelmiin.

Vastausten jakauma roolien mukaan noudattaa samaa kaavaa kuin testilaitteiden allokointiin liittyvissä kysymyksissä. Johtajat ovat vastanneet hyvin niukasti. Ryhmän 'Muut' vastaukset

ovat jokseenkin yhteneviä johtajien vastausten kanssa. Tukihenkilöstön vastaukset korostivat asian tärkeyttä. Ne muutamat vastaukset, joissa tukihenkilöstö otti kantaa tarpeiden tunnistamiseen, olivat saman suuntaisia kuin käyttäjillä.

Käyttäjien vastauksista suurimpana yhtenäisenä ryhmänä tuli esille komentoketjun mukainen raportointi. Käyttäjät ilmoittavat esimiehille puutteet testilaitteissa ja asia etenee sitä kautta. Monissa vastauksissa korostettiin asian tärkeyttä, ja joissakin esitettiin arvioita miksi uusia laitehankintoja ei tehdä.

Kaikista vastauksista noin kymmenesosassa tuotiin esille, että tarve testauslaitteiden hankkimiseksi perustuu vaatimukseen. Vain muutamassa vastauksessa avattiin tunnistamisprosessia tarkemmin. Tuloksiin avattuna ne siis ylikorostuvat muihin vastauksiin verrattuna, mutta samalla ne myös ainoana vastauksina tuovat esille tason, johon vastauksista päästään. Parhaiten kysymykseen vastaava vastaus vapaasti suomennettuna:

”Saavuttaessamme pisteen, jossa tarvitsemme testilaitetta ja tajutessamme ettei meillä ole sellaista, pyydämme demolaitetta. Mikäli olemme demolaitteeseen tyytyväisiä, lisäämme sen budjettiin.”

Muissa tunnistamisprosessia kuvaavissa vastauksissa tuotiin esille vaatimusten ja testilaitteiden ristiin kartoittaminen joko tiiminvetäjän tai organisaatiossa olevan specialistin toimesta. Varhaisimmillaan tunnistaminen tapahtuu, kun vaatimuksia ollaan hyväksymässä toteutettaviksi eli hyvin varhaisessa vaiheessa ohjelmiston kehityskaarta.

5.5 Testilaitteiden käyttäminen

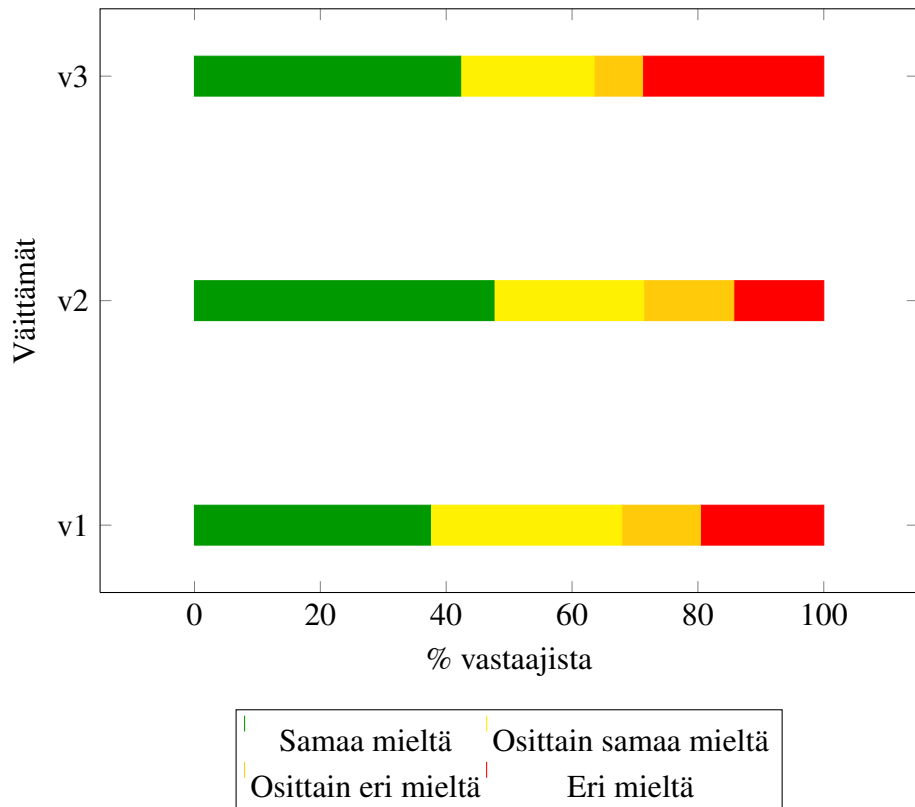
Kyselyn osio testilaitteista ja niiden käyttämisestä selvittää vastaajien näkemyksiä testauksen aikana sekä välittömästi ennen ja jälkeen testausta suoritettavista työvaiheista. Vastaajia pyydetään myös vastaamaan testilaitteisiin liittyviin väittämiin, jotka on muodostettu kyselyn suunnitteluvaiheessa eikä niihin ole olemassa oikeita tai väärä vastauksia. Käyttäjillä on omien kokemuksensa perusteella mielipiteitä, joiden pohjalta voidaan mahdollisesti tehdä johtopäätöksiä miten testilaitteiden käyttöastetta voidaan parantaa.

Kuviossa 10 on esitetty vastaajien mielipiteiden prosentuaalinen jakautuminen testilaitteiden käyttöön liittyviin väittämiin. Keltaisella alueella on ”osittain samaa mieltä” ja ”osittain eri

mieltä” -vastaukset. Ääripäihin on otettu ”täysin samaa/eri mieltä” sekä ”samaa/eri mieltä” -vastaukset.

Väittämät testilaitteiden käytöstä:

- v1 - Toimistoaikaan testilaitteiden pitäisi olla ainoastaan manuaalikäytössä.
- v2 - Samoja testejä ajetaan ainoastaan tarvittaville julkaisuille ja käännöksille (*build*).
- v3 - Testaus suoritetaan parhaiten tehtävään sopivilla prototyypeillä.



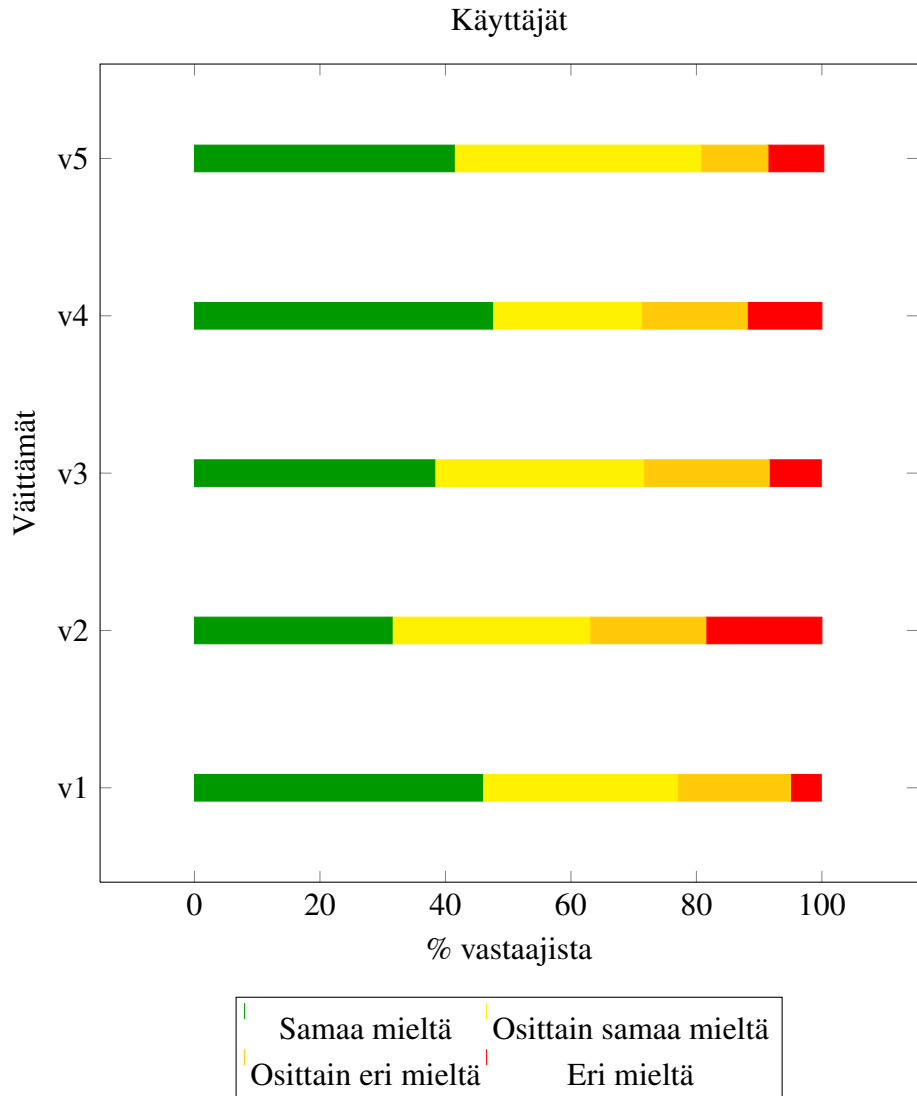
KUVIO 10. Kuvaaja testilaitteiden käyttöön liittyvistä väittämistä

Lähes puolet vastaajista valjastaisi instrumentit toimistoaikaan ainoastaan manuaalikäyttöön. Tulkitsen tämän määrän isoksi ja ottaen huomioon muut vastaukset automaatioon liittyen, tässä vastauksessa tulee ilmi käyttäjien turhautuminen testilaitteiden määrän vähyyteen.

Kolmannes vastaajista kokee, että käytettävät prototyypit voisivat olla parempia. Kyselyn vastauksista ei käy ilmi, vaikuttaako soveltumattomien protojen käyttö testauksen luotettavuuteen.

Toisen väittämän kanssa eri mieltä olevien vastaukset tulkitsen siten, että testejä ajetaan myös

tarpeettomille julkaisuille tai käännöksille. Laitteiden käytön suunnittelu ei selvästikään ole optimaalisinta, jos turhaa testausta edelleen tehdään. Toisaalta, ovatko vastaukset objektiivisiä ellei vastaaja tiedä perusteluja kaikelle testaukselle.



KUVIO 11. Kuvaaja testilaitteiden käyttäjiin liittyvistä väittämistä

Väittämät testilaitteiden käyttäjistä:

- v1 - Käyttäjillä on riittävät taidot testilaitteiden tehokkaaseen käyttöön.
- v2 - Käyttäjillä on tarvittava dokumentaatio testilaitteiden tehokkaaseen käyttöön.
- v3 - Käyttäjillä on riittävä tuki saatavilla testilaitteiden tehokkaaseen käyttöön.
- v4 - Käyttäjät voivat keskittyä testaamiseen käyttäessään testilaitteita.
- v5 - Käyttäjät suorittavat ainoastaan tarpeellisia tehtäviä käyttäessään testilaitteita.

Kuviossa 11 on esitetty vastaajien mielipiteiden prosentuaalinen jakautuminen käyttäjiä koskeviin väittämiin. Ääripäihin on otettu "täysin samaa/eri mieltä" sekä "samaa/eri mieltä"-vastaukset. Keltaiset alueet ovat "osittain samaa mieltä" ja "osittain eri mieltä"-vastaukset.

Vahva enemmistö vastaajista kokee olevansa samaa mieltä väittämien kanssa siitä, että käyttäjien taidot, käyttäjätuki ja keskittyminen on tasolla, jolla työt voidaan tehdä tehokkaasti. Vastaajat eivät koe, että dokumentaatio olisi riittävällä tasolla laitteiden tehokkaaseen käyttöön. Yli 80% vastaajista kokee, että testaajat tekevät ainoastaan tarpeellisia tehtäviä. Näin korkea vastausprosentti osoittaa, että ylimääräiset työvaiheet on saatu jo karsittua testilaitteilta pois.

5.5.1 Ehdotukset käytön tehostamiseksi

Erittäin selkeä ryhmä vastaajista, kolmasosa kaikista kysymykseen vastanneista, toi esille tarpeen hyödyntää ja panostaa enemmän testiautomaatioon. Päiväsaikaan testilaitteita voidaan ajaa automaattisesti ja näin hyödyntää manuaalitestauksen jättämiä aukkoja sekä hyödyntää yöaika täysin.

Muiden vastausten osalta näin selvää ryhmää ei ole muodostettavissa. Olemassa oleviin testilaitteisiin kaivattiin enemmän kyvykkyyttä eli optioita. Muutama vastaaja piti uusien laitteiden lisäämistä parhaana tapana tehostaa testilaitteiden käyttöastetta. Yrityksen entisen omistajan painolasti tuotiin myös esille ja sen karsimista suositeltiin testaussuunnitelmien sekä testien tiukalla katselmoimisella. Jokunen vastaus ehdotettiin myös vuorotyöhön siirtymisen puolesta. Optimointi nähtiin mahdolliseksi myös ottamalla käyttöön testilaitteiden käyttöajan seurantajärjestelmä, jolla nähdään, kuka laitteita käyttää ja miten. Saadun tiedon pohjalta päätöksiä on helpompi tehdä. Lähestymistapana faktatieto on parempi kuin arviot, mutta historiatieto ei ole suositeltava ainoaksi tavaksi suunnitella tulevaa.

Yhteenvetona vastauksista voi nostaa ylitse muiden ainoastaan automaation hyödyntämisen. Kolmasosa vastauksista ei saanut niin merkittävää vastausmäärää, että niitä olisi edes yksittäisinä vastauksina nostettu tuloksiin, koska ne eivät edusta suuremman joukon mielipidettä. Niitä ei tuoda tutkimukseen, mutta niiden potentiaali arvioidaan yrityksen sisällä.

Kuviossa 12 on esitetty vastaajien mielipiteiden prosentuaalinen jakautuminen testilaitteiden kyvykkyyteen ja kapasiteettiin liittyviin väittämiin. Keltaisella alueella on "osittain samaa

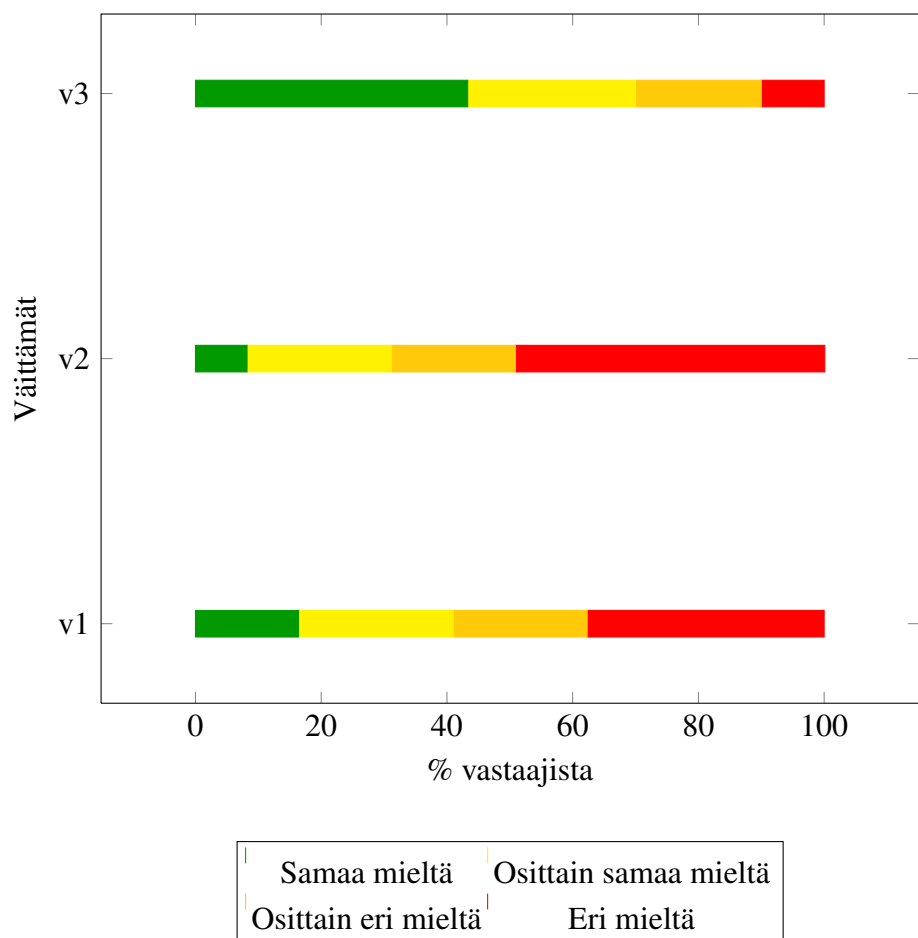
mieltä” ja ”osittain eri mieltä” -vastaukset. Ääripäihin on otettu ”täysin samaa/eri mieltä” sekä ”samaa/eri mieltä” -vastaukset.

Väittämät testilaitteiden kyvykkyydestä ja kapasiteetista:

v1 - Meillä on riittävästi kyvykkyyttä testilaitteissamme vaatimusten täyttämiseksi.

v2 - Meillä on riittävästi kapasiteettia testilaitteissamme vaatimusten täyttämiseksi toimisto-
aikaan (08:00 – 16:00).

v3 - Meillä on riittävästi kapasiteettia testilaitteissamme vaatimusten täyttämiseksi toimis-
toajan ulkopuolella (16:00 – 08:00).



KUVIO 12. Kuvaaja testilaitteiden kyvykkyyteen ja kapasiteettiin liittyvistä väittämistä

Kolmasosa vastaajista pitää testilaitteiden nykyistä kyvykkyyttä riittämättömänä, osittain samaa mieltä olevien kanssa kyvykkyyttä pitää riittämättömänä kolme vastaajaa viidestä. Puolet vastaajista on tyytymätön toimisto-aikaan saatavilla olevaan testilaittekapasiteettiin ja vain kymmenesosa pitää ilta- ja yöaikaan saatavilla olevaa testilaittekapasiteettia riittämättömänä.

TAULUKKO 7. Rajoittaako jokin testijärjestelmiä saavuttamasta parempaa tehokkuutta?

	Vastaukset	Osuus
Ei	3	4.7%
Kyllä	19	29.7%
Ei vastausta	42	65.6%

Edelliset vastaukset ovat linjassa kyselyn muiden osien kanssa, erityisesti toimistoajan ulkopuolisen kapasiteetin osalta. Tämän kapasiteetin hyödyntäminen onnistuu vain testausautomaation avulla (ilta- ja yötyötä ei oteta huomioon alalle epäortodoksisena). Käyttäjien vastaukset joissa vaadittiin yleisesti lisää testilaitteita, erittelemättä tarkemmin, tarkoitetaanko sillä kyvykkyyttä vai lisäkapasiteettia, voidaan kuvion 12 mukaan tulkita tarkoittavan ensisijaisesti kapasiteettia ja toissijaisesti kyvykkyyttä.

5.5.2 Rajoitteet paremman tehokkuuden saavuttamiseksi

Tekijät jotka estävät järjestelmää saavuttamasta tavoitettaan ovat rajoitteita tai kapeikkoja (Goldratt 1990). Jotta ymmärretään, onko yrityksen testijärjestelmissä kapeikkoja, annettiin kyselyssä vastaajille mahdollisuus tuoda nämä rajoitteet esiin.

Rajoittavat tekijät ovat ensimmäisen kolmanneksen (taulukon 7 kyllä-vastaajista) mielestä testausautomaation puute, toisen kolmanneksen mielestä sopivan laitteiston (laitteet, optiot ja niitä ohjaavat järjestelmät) puute ja viimeisen kolmanneksen vastaukset jakautuivat ylläpidon puutteeseen ja muutamiin yksittäisiin vastauksiin.

Testausautomaation puute ja sopivien testilaitteiden puute on linjassa kyselystä saatujen muiden vastausten osalta. Niitä on korostettu lähes kaikissa kysymysryhmissä. Testilaitteiden osalta on tullut toistakin mielipidettä, että nykyisen laitekapasiteetin käyttö ei ole tehokkainta mahdollista. Ylläpidon puute on myös noussut esille, mutta vain osassa vastauksia.

5.6 Yhteenveto

Määttä ym. (2009, 93) totesi omassa tutkimuksessaan, että nykyiset testausaktiviteetit ovat osaoptimoituja, joka aiheuttaa päällekkäisyyksiä, ovat tehottomia ja hukkaavat resursseja.

Tämän tutkimuksen tulokset toivat esille samat ongelmat, laitteita ja testausaktiviteetteja ei johdeta tehokkaasti, ja resursseja hukataan.

Ensimmäisen alatutkimusongelman ”Käytetäänkö olemassa olevia resursseja (laitteet) tehokkaasti?” (taulukko 1) osalta voidaan todeta, että testilaitteiden allokointi ja aikataulutus ovat puutteellisia; ja automaattiset testijärjestelmät ovat vaikeakäyttöisiä ja tehtävien priorisointi ei tue kapasiteetin tehokasta käyttöä. Laitteiden kyvykkyyden ja kapasiteetin erottaminen avoimien kysymysten vastauksista oli pääsääntöisesti vaikeaa, joten rajoittavan tekijän tunnistaminen näiden kahden väliltä perustuu väittämistä saatuihin vastauksiin.

Toisen alatutkimusongelman ”Voidaanko laitteiden käyttöä tehostaa testauksen suunnittelua ja resursointia (ihmiset) muuttamalla?” tiimoilta kyselyn vastaajien mielestä on liikaa testattavaa ja liian vähän aikaa; käytössä on vanhentuneita työtapoja; organisaatiomuutosten jäljiltä on päällekkäisiä toimintoja; ja testausstrategia, työnjako organisaatioiden ja paikkakuntien välillä mukaan lukien, on puutteellinen tai huonosti kommunikoitu.

Kolmannen alatutkimusongelman ”Millä perusteilla päätökset uusista investoinneista tehdään?” tiimoilta kyselyn vastauksissa tuli ilmi ongelmat vaatimusprosessissa, jonka mukaan kyvykkyys testata varmistetaan ennen vaatimuksen hyväksymistä, mutta prosessia ei näiltä osin noudateta; koska ilta- ja yökäyttöä ei saada toimimaan manuaalisesti tai automaattisesti, ratkaisua haetaan uusista investoinneista; ja tällä hetkellä tarpeet uusille investoinneille nousevat testaajilta komentoketjua pitkin ylöspäin, tapa tunnistaa tarve ei selviä vastauksista.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tuloksena on kolme asiaa: 1) Testausautomaatiojärjestelmien käytettävyyden ja saavutettavuuden kehittäminen, 2) Testausstrategian tarkentaminen ja kommunikointi ja 3) testilaitteiden käyttöasteen tarkempi seuranta.

Testausautomaatiojärjestelmän käytettävyydessä ilmeni heikkouksia, joita täytyy parantaa, jotta uudet käyttäjät saadaan vakuuttumaan järjestelmän toimivuudesta. Saavutettavuuteen on kiinnitettävä huomiota priorisointien osalta, jotta käyttäjien työpyynnöt tulevat kohtuullisessa ajassa testattua (automaation on oltava vaivattomampi ja nopeampi kuin manuaalisen testauksen). Järjestelmän kyvykkyyden ja kapasiteetin on oltava riittäviä, jotta tavoitteet saavutettavuuden ja käytettävyyden osalta saavutetaan.

Testausstrategian sisältö pitää katselmoida, tarkentaa ja kommunikoida. Erityisesti eri paikakuntien ja organisaatioiden kesken tehtävä testaustoiminta kaipaa roolien ja vastuiden selkeyttämistä. Testausstrategian jalkauttaminen jokaiseen projektiin ja tuotekehitystiimiin täytyy viedä ohjatusti läpi, jotta päällekkäisyyksiltä vältytään. Vastauksista kävi ilmi myös, etteivät osa ohjelmistokehittäjistä tiedä mitään testausstrategiasta, vaikka testaus on osa heidän päivittäisiä työtehtäviään.

Testausjärjestelmien tarkempaa tutkimista varten on kerättävä tilastollista tietoa järjestelmien käyttöasteesta ja ongelmista. Testilaitteiden yleinen käytettävyys vaatii toimenpiteitä. Nykyisen ylläpidon resursointi ja prioriteetit eivät ole käyttäjien tiedossa. Voidaan siis olettaa, että käyttäjät eivät ole päässeet vaikuttamaan ylläpidon tasoon.

Päätutkimusongelmakysymys oli, ovatko testilaitteet tuotekehityksen kriittinen resurssi. Tutkimuksen pohjalta voidaan todeta testilaitteiden olevan tuotekehitykselle kriittinen resurssi. Testilaitteiden kyvykkyydellä ja kapasiteetilla on välittömät vaikutukset tuotekehityksen sisältöön, laatuun ja aikatauluun. Nykyinen tapa käyttää testilaitteita ei ole tehokkain mahdollinen, joten rajoittava tekijä ei ole itsessään laitteiston olemassaolo tai kyvykkyys. Testilaitteisto on merkittävä investointi ja laitteiston tehoton käyttö vaikuttaa suoraan yhtiön toimintaan (tulokseen).

Kappaleessa 4.2 tuotiin esille menetelmät joilla tutkimuksen laatu pidetään korkealla. Laatu

noudattavista menetelmistä huolimatta tutkimuksen laatuun voivat vaikuttaa tekniset heikkoudet tutkimuksen suorittamisessa, puutteet prosessin noudattamisessa ja muut tekijät. Ne vaiheet, joiden heikkous on tunnistettu tutkimuksen aikana ovat lueteltu taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Tunnistetut heikkoudet tutkimuksessa

Heikkous	Mahdollinen seuraus
Tutkimuksen suorittaminen ei ollut mahdollista kaikilla internet-selaimilla.	Selaimesta riippuvat ongelmat voivat olla syy suureen määrään keskeneräisiä vastauksia.
Kyselyn kutsussa käytettyjen sähköpostilistojen puutteellisuus.	Vastauksia useammasta organisaatiosta kuin mitä oli alkuperäisessä otoksessa.
Kyselyn nimeämisessä käytettiin nimeä, joka viittasi kyselyn järjestäneeseen organisaatioon.	Kyselyn järjestänyt taho näkyy ylliedustettuna tuloksissa muihin organisaatioihin nähden.
Kyselylomakkeessa kysyttiin esimerkiksi ”miten allokointiprosessi toimii?”.	Edellä mainitulla tyylillä muotoillut kysymykset tuottivat epämääräisiä vastauksia useammassa kysymyksissä.
Osa kysymyksistä palveli tutkimuksen ulkopuolista tehtävää ja ne olivat tutkimuksen rajauksen ulkopuolella jo alusta asti.	Kyselyn runsas määrä kysymyksiä saattoi turhauttaa vastaajia, jolloin he eivät vastanneet kyselyn loppua kohti kaikkiin kysymyksiin.

Tutkimus suoritettiin kyselytutkimuksena, jolloin tulokset perustuvat kyselyyn osallistuneiden näkemyksiin. Metriikat laitteiden käytöstä ja varauskalentereiden käyttöasteesta olisivat tuoneet ainakin jonkinlaisen vertailukohdan, jota vastaan vastaajien näkemyksiä olisi voinut arvioida. Aiheen rajauksen laajuus kävi ilmi tutkimuksen myötä ja rajauksen vuoksi tutkimus mittasi testilaitteiden kriittisyyttä useammalta kantilta. Tarkemman rajauksen avulla aiheeseen olisi päästy pureutumaan kapeammalta alueelta, mutta syvemmälle. Tutkimuksen laadusta voidaan todeta, että tutkimuksella mitattiin niitä asioita, joihin tutkimusongelma rajattiin. Tutkimusongelma rajattiin kiinnostaviin aiheisiin, mutta testausstrategiasta, testausautomaatiosta ja testilaitteiden käytöstä olisi voinut kustakin tehdä oman tutkimuksen. Omilla tutkimuksilla jokaiseen aiheeseen olisi voinut pureutua tarkemmin.

Puutteet testausstrategiassa ja testausstrategian kommunikoinnissa eivät ole ongelma pelkästään testilaitteiden tehottoman käytön vuoksi. Ongelmat näkyvät kaikkien osastojen toiminnassa ja haittaavat näin koko yrityksen toimintaa. Testilaitteiden käyttöastetta voidaan nostaa merkittävästi testausautomaatiolla, jos vertailukohtana on ainoastaan toimistoaikana tapahtuva manuaalinen testaus. Minun näkemykseni mukaan kaikkien tuotekehityksessä työskentelevien tulee ymmärtää testausstrategia, koska oikein johdettuna testaaminen tehostaa koko yrityksen tuotekehityksen toimintaa. Testausautomaation hyödyntäminen kaikessa testaustoiminnassa täytyy olla testausstrategian yksi päälähtökohdista eikä vanhojen testilaitteiden loppusijoituspaikka. Kapeikkoajattelun mukaan kriittiset resurssit sanelevat tahdin koko toimitusketjulle. Kunnollisella testausstrategialla on mahdollista antaa muille kunnia toimia tahdittajina tuotekehitykselle.

Testilaitteiden allokointi- ja aikataulusjärjestelmistä olevat vastaukset perustuvat mielipiteisiin ja niiden osalta ei voinut tehdä yleistyksiä. Tämä tutkimus ei anna tarkkaa tietoa parhaiten toimivasta järjestelmästä. Jatkotutkimuksen voi tehdä aiheista ”Miksi käyttäjät eivät pidä allokointi- ja aikataulusjärjestelmiä toimivina?” ja ”Millä aikataulusjärjestelmällä laitteiden käyttöaste on paras?”

Vastauksissa tuotiin esille, että testaus pitää siirtää kuormitetuimmilta testausjärjestelmiltä sellaisille, jotka ovat vähemmän kuormitettuja. Olemassa olevien käyttämättömien testilaitteiden markkinointi on tällä hetkellä lähes olematonta. Miten näiden laitteiden kierto saadaan toimimaan paremmin varastosta laboratorioon? Kierron toimiminen vaatisi prosessin myös käyttämättömien laitteiden palauttamiseksi laboratoriosta varastoon.

Osa vastaajista toi esille vaatimusprosessissa olevan kohdan, jossa varmistetaan, onko vaatimusta mahdollista testata ennen kuin vaatimus hyväksytään toteutettavaksi. Miten tämä prosessi oikeasti toimii? Onko tarkistus osana prosessia muodollisuus, joka ohitetaan piittaamatta seurauksista?

Testausautomaatiojärjestelmien osuus kaikissa vastauksissa oli erittäin merkittävä. Testaus-työn helpottamisen ja laitteiden käyttöasteen parantamisen kannalta automaatiolla on valtava potentiaali. Näistä näkökohdista käyttäjien tyytyväisyys testausautomaatiojärjestelmiin ja niissä ilmenevät ongelmat ovat hyvä aihe jatkotutkimukselle.

Testausstrategian osuus kirjallisuudessa keskittyy suhteellisen pieniin projekteihin. Useam-

malla paikkakunnalla tehtävästä testauksesta ja erittäin monimutkaisten ohjelmistoprojektien testaustategiasta löytyy niukasti tutkimustietoa. Testausstrategian onnistumisella on suuri merkitys yrityksen toiminnalle, sen vuoksi aiheen tarkempi tutkiminen eri yrityksissä, varsinkin useammalla paikkakunnalla tapahtuvan testauksen osalta, olisi hyvä tutkimuskohde.

LÄHTEET

- Adler, P. S. 1995. Interdepartmental interdependence and coordination: the case of the design/manufacturing interface. *Organization Science* 6 (2): 147–167.
- Alasuutari, P. 1995. *Laadullinen tutkimus*. 3. painos. Vastapaino. ISBN: 951-768-055-4.
- Ansoff, I. 1987. *Corporate strategy*. Penguin Books. ISBN: 0-14-009112-2.
- Arto, K. A., Martinsuo, M. & Aalto, T. 2001. *Project portfolio management: strategic management through projects*. Project Management Association Finland. ISBN: 951-22-5594-4.
- Blog, I. 2007. Rethinking lean npd: a distorted view of lean product development. *Strategic Direction* 23 (10): 32–34.
- Bolles, S., Dennis;Fahrenkrog, toim. 2004. *A guide to the project management body of knowledge*. 3. painos. Project Management Institute. ISBN: 1-930699-45-X.
- Cooper, R. G. 2001. *Winning at new products; accelerating the process from idea to launch*. Perseus Publishing. ISBN: 0-7382-0463-3.
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. 1998. *Portfolio management for new products*. Perseus Books.
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. 1997. *Portfolio management in new product development: lessons from the leaders ii*. Research Technology Management.
- Cox, J. & Goldratt, E. M. 2012. *The goal: a process of ongoing improvement*. 3. painos. North River Press. ISBN: 9780884271956.
- Dahlman, E., Parkvall, S., Sköld, J. & Beming, P. 2007. *3G evolution: HSPA and LTE for mobile broadband*. Elsevier. ISBN: 978-0-12-372533-2.
- Dano, M. 2013. *Broadcom challenges Qualcomm, Samsung in LTE modem market*. <http://www.fiercewireless.com/story/broadcom-challenges-qualcomm-samsung-lte-modem-market/2013-02-12> (viitattu 12. helmikuuta 2013).
- Dettmer, H. W. 2000. *Constraint management*.

- Dulaney, K., Wood, B. & Hafner, B. 2005. *Predicts 2006: mobile terminals to become more complex, more competitive*. Gartner Research.
- Elonen, S. & Arto, K. A. 2003. Problems in managing internal development projects in multi-project environments. *International Journal of Project Management* 21 (6): 395–402. [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00097-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00097-2) (viitattu 14. toukokuuta 2013).
- Engwall, M. & Jerbrant, A. 2003. The resource allocation syndrome: the prime challenge of multi-project management? *International Journal of Project Management* 21 (6): 403–409. [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00113-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00113-8) (viitattu 14. toukokuuta 2013).
- Georghiou, L., Harper, J. C., Keenan, M., Miles, I. & Popper, R. 2008. *The handbook of technology foresight: concepts and practise*. Edward Elgar Publishing.
- Goldratt, E. M. 1990. *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?* North River Press. ISBN: 0884271668.
- Goldratt, E. M. 1997. *Critical chain*. Gower Publishing Ltd. ISBN: 0884271536.
- Graham, D., Fewster, M., Roden, L. & Bates, C. 2006. *Effective test management*. Luentomateriaali. Grove Consultants.
- Himanen, P. 2010. *The hacker ethic*. Random House.
- Hytönen, H., Jarimo, T., Salo, A. & Yli-Juuti, E. 2012. Markets for standardized technologies: patent licensing with principle of proportionality. *Technovation* 32 (9-10): 523–535. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2011.08.002> (viitattu 13. toukokuuta 2013).
- Härkönen, J. 2009. *Improving product development process through verification and validation*. Vol. C 327. Oulu University. ISBN: 978-951-42-9165-4.
- Härkönen, J., Belt, P., Möttönen, M., Kess, P. & Haapasalo, H. 2009a. Analyzing telecom companies using the Toyota NPD model. *International Journal of Mobile Communications* 7 (5).

Härkönen, J., Möttönen, M., Belt, P. & Haapasalo, H. 2009b. Parallel product alternatives and verification & validation activities. *International Journal of Management and Enterprise Development* 7 (1): 86–97.

Höynälä, M. 2013. *Haastattelu 17.4.2013*.

International Telecommunication Union. 2013. *Standards Q&A*. <http://groups.itu.int/itu-t/StandardsQA/tabid/1750/aff/311/aft/615/afv/topic/Default.aspx> (viitattu 25. huhtikuuta 2013).

Jaakkola, J. & Tunkelo, E. 1987. *Tuotekehitys: ideoista markkinoille*. Weilin+Göös. ISBN: 951-35-4166-8.

Jawadekar, W. S. 2008. *Software engineering*. Tata McGraw-Hill. ISBN: 9780070667631.

Jenkins, A. M. 1985. *Research methodologies and mis research*.

Jokinen, T. 2006. *Challenges of managing testing in wireless communications*. GIGA.

Jyrinki, E. 1976. *Kysely ja haastattelu tutkimuksessa*. 2. painos. Gaudeamus. ISBN: 951-662-186-4.

Järvinen, P. & Järvinen, A. 2004. *Tutkimustyön metodeista*. Opinpajan kirja. ISBN: 952-99233-2-5.

Korpiaho, K. 2007. Project portfolio management in a R&D organization. Tutkielma, Helsinki University of Technology. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.76.7857&rep=rep1&type=pdf> (viitattu 13. toukokuuta 2013).

Lanning, H., Roiha, M. & Salminen, A. 1998. *Keskellä kehitystä - opas muutoksen tehokkaaseen johtamiseen*.

Loch, C. H. & Kavadias, S. 2008. *Handbook of new product development management*. 1. Elsevier. ISBN: 978-0-7506-8552-8.

Lunden, I. 2013. *With no buyer for the ST-Ericsson JV, chipmaker cuts 1,600 workers and prepares for divorce*. <http://techcrunch.com/2013/03/18/with-no-buyer-for-the-st-ericsson-jv-chipmaker-cuts-1600-workers-and-prepares-for-divorce/> (viitattu 18. maaliskuuta 2013).

- Meredith, J. R. & Shafer, S. M. 2002. *Operations management for mbas*. 2. painos. John Wiley & Sons. ISBN: 0-471-00060-4.
- Merriam–Webster. 2013a. *Definition of allocation*. <http://www.merriam-webster.com/dictionary/allocation> (viitattu 11. kesäkuuta 2013).
- Merriam–Webster. 2013b. *Definition of schedule*. <http://www.merriam-webster.com/dictionary/schedule> (viitattu 11. kesäkuuta 2013).
- Määttä, J., Härkönen, J., Jokinen, T., Möttönen, M., Belt, P., Muhos, M. & Haapasalo, H. 2009. Managing testing activities in telecommunications: a case study. *Journal of Engineering and Technology Management* 26 (1-2): 73–96.
- Oksa, A. 1979. *Kriittisen polun viestinnälliset toiminnot*. Helsingin kauppakorkeakoulu.
- Oltmann, J. 2009. Project portfolio management - the art of saying no. *PM World Today* 11, nro 4 (): 1–4. http://www.spspro.com/brochures/PMWT_0904_PPM_Overview_1_of_6.pdf (viitattu 13. toukokuuta 2013).
- Oppenheimer, H. L. 2002. Project management issues in globally distributed development. *International Workshop on Global Software Development*:47–50.
- Patterson, S. 2013. *Intel, Qualcomm hit CES: as mobile chip battle heats up, tech giants will collide*. <http://techcrunch.com/2013/01/07/intel-qualcomm-hit-ces-as-mobile-chip-battle-heats-up-tech-giants-will-collide/> (viitattu 7. tammikuuta 2013).
- Perttula, A. 2004. *New approaches to improve verification & validation methods to fulfill the needs of fast and high volume consumer mobile terminal development*. Proceedings of the NordDesign 2004.
- Platje, A., Seidel, H. & Wadman, S. 1994. Project and portfolio planning cycle—project based management for multiproject challenge. *International Journal of Project Management* 12 (2): 100–106.
- Pressman, R. S. & Ince, D. 2000. *Software engineering a practitioner's approach european adaptation*. McGraw-Hill. ISBN: 0 07 709677 0.
- Rajani, R. 2008. *Software testing: effective methods, tools and techniques*. Tata McGraw-Hill. ISBN: 0-07-058352-8.

Ruuska, K. 2007. *Pidä projekti hallinnassa suunnittelu, menetelmät, vuorovaikutus*. Talentum. ISBN: 978-952-14-1230-1.

Stevens, T. 1997. Balancing act. *Industry Week* 246.

Sydänmaalakka, P. 2006. *Älykäs johtajuus*. Talentum. ISBN: 952-14-0714-X.

Vanhatalo, M. 2008. Multivariate modeling in improving product creation processes. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2008/urn011836.pdf> (viitattu 13. toukokuuta 2013).

Yin, R. K. 2003. *Case study research - design methods*. 3. painos. Sage Publications.

Kyselylomakkeen kysymykset

TAULUKKO 1. Taustakysymykset

Background

What is your current organization?

9 options

What is your site?

7 options

What is your current role?

User / Test Engineer

Solid Line Manager / Team Leader

Manager of Managers

Support role

Other

How many years you have worked for *company*?

How many years you have worked in current role?

 TAULUKKO 2. Suunnittelukysymykset

 Planning

Please rank these tester scheduling systems. Higher is better.

User prioritization	Fixed slots
Reservation calendar	Automation
Team leader prioritization	

Are you currently using tester scheduling system?

Which tester scheduling system you are using?

User prioritization	Fixed slots
Reservation calendar	Automation
Team leader prioritization	Other

Why tester allocation systems are not used?

Please rank your preference when selecting test equipment for testing.

Age of equipment	Personal working hours
Tester Capability (options)	Tester Capacity (availability)
Tester Stability (reliability)	Tester Usability (e.g. User Interface)

Tester Control (e.g. accurate timing, complex sequences, out of specs messages)

How process ensures futile testing is not done on critical resources (test equipment)?

How process ensures that test results from critical resources (test equipment) are not ignored or obliterated?

How existing test capacity (equipment) is allocated in your organization?

How need for additional test capacity (equipment) is identified in your organization?

What concrete changes you would make to current investment process?

TAULUKKO 3. Laitekysymykset

Equipment

Please answer to following statements.

(1:Totally agree – 6:Totally disagree)

We have enough capabilities in our test equipment to fulfill testing needs.

We have enough test capacity to fulfill testing needs - during office hours (08:00-16:00).

We have enough test capacity to fulfill testing needs - outside office hours (16:00-08:00).

Which protocol test systems you are using?

23 options

For each System Please answer to statements about testing with *System n*.

(1:Totally agree – 6:Totally disagree)

Test development is easy (e.g. fast test case creation, reusable test code, intuitive user interface).

Test execution is straightforward (e.g. easy to create campaign and fast to execute).

Test result analysis is simple (e.g. tester log files are descriptive and detailed enough, filtering capabilities support analysis work).

Tester stability is at good level (e.g. long uptime, no random HW failures, reliable results).

Vendor response time and technical support is at good level.

What concrete actions you would introduce to improve test equipment efficiency?

What concrete actions you would introduce to improve usability and stability of test equipment?

Is there anything that limits any of our test systems from achieving higher performance than currently?

What is preventing us from achieving better performance?

TAULUKKO 4. Käyttäjäkysymykset

Users and organization

Please answer to following statements.

(1:Totally agree – 6:Totally disagree)

Users have needed skills to operate test equipment efficiently.

Users have necessary documentation available to operate test equipment efficiently.

Users have needed support available to operate test equipment efficiently.

Users can concentrate on testing while at tester.

Users perform only necessary tasks while at tester.

Our organizations testing process is improving constantly.

Our organizations testing strategy is communicated well.

During office hours test equipment should be allocated to manual testing only.

Same test cases are executed only for necessary releases and builds.

Testing is performed with protos which are best for the task.

What is latest deployed testing process improvement you remember?

What testing process improvements are needed?

How would you improve your testing strategy?

Why do you think testing strategy is not communicated well?

Do you have any general feedback about users of test equipment?

Liite on poistettu yrityksen liikesalaisuuteen vedoten.