

Aalto-yliopisto  
Perustieteiden korkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma

# **Ohjelmistotestauksen käytännöt ja ongelmat - katsaus kyselytutkimuksista**

**Kandidaatintyö**

**13. huhtikuuta 2014**

**Joni Väyrynen**

<b>Tekijä:</b>	Joni Väyrynen
<b>Työn nimi:</b>	Ohjelmistotestauksen käytännöt ja ongelmat - katsaus kyselytutkimuksista
<b>Päiväys:</b>	13. huhtikuuta 2014
<b>Sivumäärä:</b>	19
<b>Pääaine:</b>	Ohjelmistotuotanto ja -liiketoiminta
<b>Koodi:</b>	T3003
<b>Vastuopettaja:</b>	Ma professori Tomi Janhunen
<b>Työn ohjaaja(t):</b>	TkT Mika Mäntylä (Tietotekniikan laitos)
<p>Tämä kandidaatintyö käsittelee ohjelmistotestauksen käytäntöjä ja ongelmia. Työn tavoitteena on luoda niistä tiivis esitys. Työn tulokset perustuvat kuuteen 2000-luvulla tehtyihin kyselytutkimuksiin, joiden tuloksia on tässä työssä koottu yhteen.</p> <p>Työ käsittelee ohjelmistotestauksen nykytilaa, käytäntöjä ja ongelmia seuraavien aiheiden osalta: testauksen koulutus ja opetus, automatisoitu testaus, testauksen lopettamisen kriteerit, testausryhmien käyttö ja testauksen budjetointi.</p> <p>Ohjelmistotestauskoulutus on suurelta osin ohjelmistoyritysten vastuulla. Yliopistoissa testauskoulutusta tarjotaan liian vähän. Tutkimusten mukaan yrityksistä noin 70 prosenttia tarjoaa työntekijöilleen testauskoulutusta. Yritykset pitävät ohjelmistotestauskoulutuksen tarjoamiselle suurimpana esteenä sen hintaa. Muina esteinä pidetään testauskoulutuksen hintaa ja sopivien testauskurssien puutetta.</p> <p>Automatisoituja testejä suorittaa jossain muodossa noin 60–70 prosenttia yrityksistä. Eniten automatisoidaan yksikkö- ja regressiotestejä. Manuaalisia testejä suoritetaan kuitenkin yhä huomattavasti enemmän kuin automatisoituja testejä. Monet yritykset eivät määrittele selkeitä kriteereitä testauksen lopettamiselle. Yrityksistä 30–40 prosenttia ei käytä tähän mitään kriteereitä. Noin viides osa yrityksistä varaa testaukselle jonkun ajan, jonka jälkeen testaus lopetetaan.</p> <p>Itsenäisten testausryhmien käyttö vaihtelee paljon yritysten välillä. Ohjelmistotestaa- jia on yrityksissä usein huomattavasti vähemmän kuin ohjelmistokehittäjiä. Yritykset käyttävät keskimäärin 30 prosenttia ohjelmistoprojektiansa kokonaisbudjetista testaukseen. Vain noin viides osa yrityksistä pääsee tavoitebudjettiinsa testauksen osalta.</p>	
<b>Avainsanat:</b>	ohjelmistotestaus, käytännöt, nykytila, ongelmat, kyselytutkimus
<b>Kieli:</b>	Suomi

# Sisältö

<b>1 Johdanto</b>	<b>4</b>
<b>2 Tausta</b>	<b>5</b>
<b>3 Tutkimusmenetelmät</b>	<b>6</b>
3.1 Menetelmät . . . . .	6
3.2 Aineistona käytetyt kyselytutkimukset . . . . .	6
<b>4 Tulokset</b>	<b>8</b>
4.1 Testauksen opetus ja koulutus . . . . .	8
4.1.1 Nykytila . . . . .	8
4.1.2 Ongelmat . . . . .	9
4.2 Testauksen automatisointi . . . . .	10
4.2.1 Nykytila . . . . .	10
4.2.2 Ongelmat . . . . .	12
4.3 Testauksen lopettamisen kriteerit . . . . .	12
4.4 Testausryhmien käyttö . . . . .	13
4.5 Testauksen budjetointi . . . . .	13
<b>5 Pohdinta</b>	<b>15</b>
<b>6 Yhteenveto</b>	<b>17</b>
<b>Lähteet</b>	<b>19</b>

# 1 Johdanto

Ohjelmistotestaus on tärkeä osa ohjelmistotuotantoa. Ohjelmistotestauksen tarkoituksena on varmistaa, että tuotettu ohjelmisto toimii suunnitellulla tavalla halutussa ympäristössä. Useat tutkimukset osoittavat, että testauksen osuus ohjelmistokehitysprosessin kustannuksista on keskimäärin 30 prosenttia yritysten ohjelmistoprojektien kokonaiskustannuksista (Ng et al., 2004; Garousi ja Zhi, 2013). Ohjelmistotestauksen kehittämiseksi on tärkeää ymmärtää mitä käytäntöjä ja ongelmia testaukseen liittyy ohjelmistoteollisuudessa.

Tämä kandidaatintyö tiivistää kuuden eri kyselytutkimuksien tulokset ohjelmistotestauksen käytännöistä ja ongelmista. Tämän työn tavoitteena on luoda tiivis esitys ohjelmistotestauksen käytännöistä ja ongelmista kyselytutkimusten pohjalta. On syytä huomioda, että työn tulokset perustuvat vain 2000-luvulla tehtyihin kyselytutkimuksiin, eivät muuhun kirjallisuuteen. Näiden kyselytutkimusten tuloksia on tässä työssä koottu yhteen ja niiden pohjalta on tehty johtopäätöksiä.

Tämä kandidaatin työ vastaa seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Millainen on testauksen opetuksen ja koulutuksen nykytila yrityksissä ja yliopistoissa ja mitä ongelmia testauksen opetukseen ja koulutukseen liittyy?
2. Mikä on automatisoitujen testien nykytila ja mitä ongelmia testauksen automatisointiin liittyy?
3. Miten yritykset määrittelevät testauksen lopettamisen kriteerit?
4. Miten yritykset käyttävät testausryhmiä?
5. Kuinka paljon yritykset budjetoivat testaukseen ja pysyvätkö yritykset budjetissaan testauksen osalta?

Tämän työn Tausta-luvussa esitellään lyhyesti ohjelmistotestauksen taustaa. Tutkimusmenetelmät-luvussa esitellään työn tutkimusmenetelmät ja tärkeimmät työssä käytetyt lähteet. Tulokset-luvussa kootaan yhteen kyselytutkimuksista löytyneitä ohjelmistotestaukseen liittyviä käytäntöjä ja ongelmia. Pohdinta-luvussa esitetään pohdintaa työn tulosten pohjalta ja luodaan ehdotuksia testauksen kehittämiseksi. Työn lopuksi luodaan yhteenveto työn tuloksista.

## 2 Tausta

Tässä luvussa esitellään ohjelmistotestauksen tasoja sekä vaiheita, automaattista testausta ja testausryhmien käyttöä.

Ohjelmistotestaus voidaan jakaa moneen eri tasoon tai vaiheeseen. Burnsteinin (2003, s. 133–135) mukaan testauksen vaiheet jaetaan usein yksikkötestaukseen, integraatiotestaukseen, systeemitestaukseen ja hyväksymistestaukseen.

Yksikkötestauksessa testataan yksittäistä ohjelman osaa tai komponenttia, joka suorittaa yksittäisen funktion ja joka voidaan kääntää erikseen. Yksikkötestauksen tarkoituksena on varmistaa, että ohjelman yksittäiset osat toimivat itsenäisesti niin kuin vaatimuksissa on määritelty. Integraatiotestauksen tarkoituksena taas on havaita virheet, jotka tapahtuvat yksittäisten komponenttien rajapinnoilla ja varmistaa, että yksiköt toimivat oikein osajärjestelminä ja lopulta kokonaisuutena järjestelmänä. (Burnstein, 2003, s. 137–153)

Integraatiotestauksen jälkeen suoritettavalla systeemitestauksella on tarkoitus varmistaa, että koko järjestelmä toimii, kuten on vaadittu. Systeemitestaus vaatii usein paljon resursseja ja on aikaa vievää. Systeemitestaus voidaan jakaa eri tyyppisiin kuten esimerkiksi funktionaaliseen testaukseen, suorituskykytestaukseen ja luotettavuustestaukseen. Hyväksymistestaus on toimintatavoiltaan hyvin lähellä systeemitestauksia ja sen tarkoituksena on osoittaa asiakkaalle, että järjestelmä vastaa heidän asettamia vaatimuksia. (Burnstein, 2003, s. 163–178)

Muita tässä työssä mainittuja testaustyyppisiä ovat muun muassa regressiotestaus ja graafisen käyttöliittymän testaus. Regressiotestaus tarkoittaa ohjelmiston uudelleen testausta muutosten tapahtuessa. Tarkoituksena on siis varmistaa, että ohjelmiston osat toimivat edelleen kuten pitää, kun jotain osaa on muutettu. Regressiotestausta voidaan suorittaa missä tahansa testauksen vaiheessa. (Burnstein, 2003, s. 176) Graafisen käyttöliittymän testaus tarkoittaa nimensä mukaisesti graafisen käyttöliittymän eri komponenttien toimivuuden testausta.

Automaattisen testauksen tarkoituksena on helpottaa testien suoritusta erillisen ohjelmiston avulla. Automaattinen testaus mahdollistaa useampien testien ajamisen useammin. Esimerkiksi regressiotestien ajaminen manuaalisesti voi olla aikaa vievää, joten automaatio sopii regressiotestaukseen usein erinomaisesti. (Fewster ja Graham, 1999, s. 1-13)

Ohjelmiston testaus voidaan järjestää monella eri tavalla. Kit ja Finzi (1995, s. 163–175) jakavat testauksen järjestämisen seitsemään eri lähestymistapaan. Ensimmäisessä lähestymistavassa jokainen ohjelmistokehittäjä on itse vastuussa oman koodinsa testaamisesta. Seuraavan lähestymistavan mukaan saman kehitysryhmän jäsenet testaavat toistensa ohjelmia. Siirryttäessä eteenpäin testauksen järjestämisen lähestymistavoissa jokaisella

tasolla ohjelmistokehitysryhmän jäsenillä on yhä vähemmän testausvastuuta ja lopulta päästään tasoille, joilla testauksesta huolehtivat erilliset testausryhmät.

## **3 Tutkimusmenetelmät**

Tässä luvussa käydään läpi työssä käytettyjä tutkimusmenetelmiä. Luvussa esitellään myös lyhyesti kuusi 2000-luvulla tehtyä ohjelmistotestauksen käytäntöjä tutkinutta kyselytutkimusta, joihin tämä kandidaatintyö perustuu.

### **3.1 Menetelmät**

Tämä kandidaatin työ perustuu kuuteen 2000-luvulla tehtyyn ohjelmistotestauksen käytäntöjä tutkineeseen kyselytutkimukseen, joiden tuloksia on koottu yhteen. On huomiotava, että tässä työssä lähteinä käytetyt kyselytutkimukset ovat erilaisia. Tämän takia on selvää, että niiden tulokset eivät vastaa kaikilta osin toisiaan. Sen vuoksi näistä kaikista kyselytutkimuksista ei löydy vastauksia kaikkiin tässä työssä esitettyihin kysymyksiin. Tämän takia myöskään kaikista Tulokset-luvussa esitellyistä tuloksista ei löydy viittauksia kaikkiin kyselytutkimuksiin.

### **3.2 Aineistona käytetyt kyselytutkimukset**

Ngin et al. (2004) tutkimuksessa tarkoituksena oli tutkia australialaisten ohjelmistoyritysten testauskäytäntöjä. Tutkimuksessa haastateltiin 65:tä eri yrityksen työntekijää Australiassa vuosina 2002 ja 2003. Haastatteluja toteutettiin kasvokkain, puhelimitse, sähköpostitse ja internetissä. Haastatelluista lähes 70 prosenttia työskenteli yksityisessä yrityksessä ja noin 50 prosenttia työskenteli ohjelmistotalossa tai IT-konsulttina. Tutkimuksessa oli mukana työntekijöitä niin pienistä alle 20 hengen yrityksistä kuin suurista yli 500 hengen yrityksistä.

Chanin et al. (2005) tutkimuksessa tutkittiin ohjelmistotestauksen opetusta ja koulutusta Hongkongissa. Tutkimuksessa raportoitiin myös yleisistä testauskäytännöistä hongkongilaisissa yrityksissä. Tutkimukseen vastanneista 34 henkilöstä suurin osa, 67 prosenttia, työskenteli kaupallisissa yrityksissä. Tutkimuksessa oli eniten, noin 56 prosenttia, vastanneita suurista, yli 500 henkilön yrityksistä.

Garousin ja Varman (2010) tutkimuksessa tutkittiin miten ohjelmistotestauksen käytännöt olivat muuttuneet Albertassa verrattuna aiempaan vuonna 2004 Kanadan Albertan

provinssissa tehtyyn tutkimukseen (Geras et al., 2004). Internetissä suoritettuun tutkimukseen vastasi 53 albertalaista ohjelmistotyöntekijää. Vastanneista noin 60 prosenttia työskenteli ohjelmistotaloissa tai tavallisten ohjelmistosysteemien parissa. Tutkimuksessa oli eniten työntekijöitä 10–50 hengen yrityksistä, mutta myös suuremmistakin yrityksistä.

Rafin et al. (2012) tutkimuksessa tutkittiin automatisoidun ohjelmistotestauksen hyötyjä ja rajoitteita. Internetin eri foorumeilla järjestettyyn tutkimukseen vastasi 115 ohjelmistoalan ammattilaista. Vastanneista suurin osa, noin 54 prosenttia, työskenteli laadunvarmistuksen tehtävissä. Suurimmalla osalla vastanneista, noin 52 prosentilla, oli alle viisi vuotta alan työkokemusta.

Greilerin et al. (2012) tutkimuksessa tutkittiin testauskäytäntöjä Eclipsen plug-in-systeemeissä. Tutkimuksessa haastateltiin 25:tä työntekijää 18:sta eri yrityksestä ja haastattelujen tulokset haastettiin internet-tutkimuksessa, johon vastasi 151 alan ammattilaista. Haastatteluun vastanneista noin puolet olivat ohjelmistokehittäjiä ja puolet projektijohtajia. Internet-tutkimukseen vastanneista suurin osa, 64 prosenttia, oli ohjelmistokehittäjiä.

Garousin ja Zhi (2013) tutkimuksessa tehtiin aiempien Albertan provinssin tutkimusten (Geras et al., 2004; Garousi ja Varma, 2010) pohjalta koko Kanadan laajuinen uudistettu tutkimus, jossa tutkittiin ohjelmistotestauksen käytäntöjä Kanadassa. Internetissä järjestettyyn tutkimukseen vastasi 246 alan ammattilaista Kanadasta. Suurin osa vastanneista oli ohjelmistokehittäjiä ja ohjelmistotestaaajia. Vastaaajilla oli kokemusta ohjelmistokehityksestä keskimäärin 9,5 vuotta ja ohjelmistotestauksesta noin 5 vuotta.

Tärkeimmät tiedot aineistona käytetyistä kyselytutkimuksista on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1: Tausta

	Ng et al., 2004	Chan et al., 2005	Garousi ja Varma, 2010	Rafi et al., 2012	Greiler et al., 2012	Garousi ja Zhi, 2013
Haastateltujen määrä	65	34	53	115	25 / 151	246
Tutkimuksen maa	Australia	Hongkong/ Kiina	Kanada	-	-	Kanada

## 4 Tulokset

Tässä luvussa tarkastellaan, minkälaisia käytäntöjä ja ongelmia ohjelmistoyrityksillä on testaukseen liittyen. Luvun pääaiheita ovat testauksen koulutus, automatisointi, testausryhmien käyttö, testauksen lopettamisen kriteerit ja testauksen budjetointi.

### 4.1 Testauksen opetus ja koulutus

Tässä aliluvussa käsitellään testauskoulutuksen nykytilaa ja ongelmia yrityksissä ja yliopistoissa.

#### 4.1.1 Nykytila

Ohjelmistotestauksen koulutus ja opetus ovat pääsääntöisesti yritysten vastuulla. Ngin et al. (2004) tutkimukseen vastanneiden mukaan vain alle 20 prosenttia testausryhmän jäsenistä on saanut testauskoulutusta yliopistossa. Vastaavasti yli puolessa Hongkongissa suoritettuun tutkimukseen vastanneiden testausryhmissä alle 20 prosenttia ryhmän jäsenistä oli saanut testauskoulutusta yliopistossa (Chan et al., 2005).

Yritysten tarjoama testauskoulutuksen määrä vaihtelee. Australiassa tehtyyn tutkimukseen (Ng et al., 2004) vastanneista yrityksistä 72 prosenttia tarjoaa jonkinlaista testauksen opetusta ja koulutusta työntekijöilleen. Kaupalliset, yrityksen ulkopuoliset testauskurssit ovat suosituimpia: 79 prosenttia testauskoulutusta tarjoavista yrityksistä antaa näitä työntekijöilleen. Seuraavaksi suosituimpia ovat yrityksen sisäiset testauskoulutukset (53 % yrityksistä) ja itseopiskelu (47 % yrityksistä). Testauskoulutusta tarjoavista yrityksistä 60 prosenttia tarjoaa testauskoulutusta vain tarvittaessa ja vain 15 prosenttia yrityksistä tarjoaa ohjelmistotestauskoulutusta säännöllisesti.

Chanin et al. (2005) tutkimuksen mukaan 67 prosenttia hongkongilaisista ohjelmistoyrityksistä tarjoaa testauskoulutusta ohjelmistotestaaajilleen. Alle 20 henkilön yrityksistä vain 37 prosenttia tarjosi testauskoulutusta työntekijöilleen, kun taas yli 500 henkilön yrityksistä 68 prosenttia tarjosi testauskoulutusta. Kuten Australiassa suoritettussa tutkimuksessa myös Hongkongissa kaupalliset testauskurssit ovat suosituimpia (65 % yrityksistä). Seuraavaksi suosituimpia ovat yrityksen sisäiset koulutukset (61 % yrityksistä) ja itseopiskelu (39 % yrityksistä).

Kanadan Albertan provinssissa tehdyn tutkimuksen (Garousi ja Varma, 2010) mukaan reilut 75 prosenttia yrityksistä tarjoaa jonkin testaustason testauskoulutusta. Eniten koulutusta tarjottiin yksikkötestaukseen (52 % yrityksistä) ja systeemitestaukseen (41 %



yrittäjistä). Tutkimukseen vastanneet eivät kuitenkaan ole saaneet kovinkaan paljon testauskoulutusta. Tutkimukseen vastanneista projektipäälliköistä vain vajaat 25 prosenttia, testausryhmän johtajista alle 20 prosenttia ja ohjelmistokehittäjistä noin 15 prosenttia kertoi saaneensa virallista testauskoulutusta.

Koko Kanadan laajuiseen tutkimukseen (Garousi ja Zhi, 2013) vastanneista noin 60 prosenttia kertoi saaneensa vähintään 20 tuntia testauskoulutusta viimeisen vuoden aikana. Kuitenkin 39 prosenttia vastanneista kertoi, etteivät he olleet saaneet lainkaan testauskoulutusta viimeisen vuoden aikana. Myös koko Kanadan laajuiseen tutkimukseen vastanneet kertoivat saaneensa eniten testauskoulutusta systeemitestaukseen ja yksikkötestaukseen.

Taulukossa 2 esitetään edellä mainittujen tutkimusten tulokset liittyen ohjelmistotestauksen koulutuksen ja opetuksen nykytilaan.

Taulukko 2: Testauksen opetuksen ja koulutuksen nykytila

Kuinka monta prosenttia yrityksistä tarjoaa työntekijöilleen:	Ng et al., 2004	Chan et al., 2005	Garousi ja Varma, 2010	Garousi ja Zhi, 2013
mitä tahansa testauskoulutusta?	72 %	67 %	77 %	61 %
kaupallista testauskoulutusta?	79 %	65 %	-	-
yrittäjien sisäistä testauskoulutusta?	53 %	61 %	-	-
testauskoulutusta itseopiskeluna?	47 %	39 %	-	-
Mihin testaukseen koulutusta tarjotaan?	-	-	52 % (yksikkö), 41 % (systeemi), 23 % (integraatio ja regressio)	24 % (yksikkö), 30 % (systeemi)

#### 4.1.2 Ongelmat

Testauksen koulutukseen liittyvät ongelmat kytkeytyvät enimmäkseen rahaan ja aikaan. Ng et al. (2004) tutkimuksessa 48 prosenttia yrityksistä piti hintaa ja 34 prosenttia yrityksistä koulutukseen kuluvaan aikaan testauskoulutuksen esteenä. Vastanneista 21 pro-

senttia piti sopivien kurssien puutetta esteenä testauskoulutukselle. Vain 28 prosenttia yrityksistä katsoi, ettei testauskoulutuksen järjestämiselle ole mitään estettä.

Myös Hongkongissa suoritettujen tutkimusten (Chan et al., 2005) mukaan hinta (67 % vastanneista) ja koulutukseen kuluva aika (56 % vastanneista) olivat suurimmat esteet koulutuksen tarjoamiselle. 47 prosenttia hongkongilaisista yrityksistä piti myös sopivien kurssien puutetta esteenä testauskoulutukselle.

Molemmat Kanadassa tehdyt tutkimukset antavat hyvin samansuuntaisia lukuja: Garousin ja Varman (2010) tutkimukseen vastanneista hintaa piti esteenä noin 47 prosenttia vastanneista, koulutukseen kuluva aika noin 34 prosenttia vastanneista ja noin 24 prosenttia vastanneista ei nähnyt mitään estettä testauskoulutuksen järjestämiselle. Garousin ja Zhi (2013) tutkimukseen vastanneista noin 54 prosenttia piti hintaa esteenä ja noin 36 prosenttia koulutuksen kuluva aika.

Taulukossa 3 esitetään kootusti tulokset liittyen ohjelmistotestauksen koulutuksen ja opetuksen ongelmiin.

Taulukko 3: Testauksen opetuksen ja koulutuksen ongelmat

Kuinka monta prosenttia yrityksistä pitää testauskoulutuksen esteenä:	Ng et al., 2004	Chan et al., 2005	Garousi ja Varma, 2010	Garousi ja Zhi, 2013
koulutuksen hintaa	48 %	67 %	47 %	54 %
koulutukseen kuluva aika	34 %	56 %	34 %	36 %
sopivan kurssin puutetta	21 %	47 %	-	-
ei ongelmaa	28%	-	24%	-

## 4.2 Testauksen automatisointi

Tässä aliluvussa käsitellään ohjelmistotestauksen automatisoinnin nykytilaa ja automatisointiin liittyviä ongelmia.

### 4.2.1 Nykytila

Ng et al. (2004) raportoivat, että 68 prosenttia yrityksistä käyttää automatisoituja testejä joissain heidän testeissään. Automatisoituja testejä käytettiin eniten testauksen suorittamiseen (80 prosenttia automatisoituja testejä suorittavista yrityksistä), regressiotestaukseen (75 % yrityksistä) sekä tulosten analysoimiseen ja raportointiin (61 % yrityksistä).

Albertassa suoritettu tutkimus (Garousi ja Varma, 2010) osoittaa, että yksikkötestejä automatisoidaan eniten verrattuna muihin testeihin. Noin 65 prosenttia vastanneista kertoi heidän yritystensä suorittavan automatisoituja yksikkötestejä. Seuraavaksi eniten automatisoidaan regressio- ja systeemitestejä, joita molempia automatisoi noin 45 prosenttia yrityksistä. Tutkimuksen mukaan noin 28 prosenttia vastanneiden yrityksistä suorittaa automatisoituja integraatiotestejä.

Myös plug-in systeemeihin keskittynyt tutkimus (Greiler et al., 2012) kertoo vastaavalaisista luvuista liittyen testauksen automatisointiin. Automatisoituja testejä käytetään eniten yksikkötestauksessa, johon 65 prosenttia vastanneista kertoo yritystensä käyttävän niitä. Automatisoitu integraatiotestaus (42 % vastanneista) ja graafisen käyttöliittymän testaus (35 % vastanneista) ovat seuraavaksi suosituimpia automatisoidun testauksen muotoja. Kuitenkin vain 19 prosenttia vastanneiden yrityksistä suorittaa automatisoituja systeemitestejä.

Koko Kanadan laajuisessa kyselytutkimuksessa (Garousi ja Zhi, 2013) mitattiin muun muassa automatisoitujen testien määrää verrattuna manuaalisen testauksen määriin. Manuaalista testausta suoritetaan edelleen huomattavasti enemmän kuin automatisoituja testejä, sillä 76 prosenttia vastanneiden yrityksistä suorittaa enemmän manuaalisia testejä. Vain 19 prosenttia vastanneista ilmoitti suorittavansa testeistään yli 80 prosenttia automatisoidusti. Tutkimuksessa tutkittiin myös automatisoitujen testien määrän riippuvuutta testaaajien työkokemuksen määrästä ja yritysten koosta, mutta näille ei löytynyt korrelointia.

Taulukossa 4 esitetään edellä mainittujen tutkimusten tulokset liittyen ohjelmistotestauksen automatisoinnin nykytilaan.

Taulukko 4: Testauksen automatisoinnin nykytila

Kuinka monta prosenttia yrityksistä suorittaa	Ng et al., 2004	Garousi ja Varma, 2010	Greiler et al., 2012	Garousi ja Zhi, 2013
joitain automatisoituja testejä?	68 %	-	-	87 %
automatisoituja yksikkötestejä?	-	65 %	65 %	-
automatisoituja systeemitestejä?	-	45 %	19 %	-
automatisoituja integraatiotestejä?	-	28 %	42 %	-
automatisoituja regressiotestejä?	51 %	45 %	-	-

### 4.2.2 Ongelmat

Suurimpana esteenä automatisoiduille testeille eri tutkimuksiin vastanneet pitivät tarvittavien ohjelmien hintaa: noin puolet Ngin et al. (2004) tutkimukseen vastanneista piti hintaa suurimpana esteenä ja 77 prosenttia Rafin et al. (2012) tutkimukseen vastanneista yhtyi väitteeseen, jonka mukaan automatisoitujen testausohjelmien hankinta on huomattavan suurempi investointi kuin mitä manuaaliseen testaukseen käytettäisiin.

Muut automatisoitujen testien ongelmat liittyvät niiden käyttöön kuluvaan aikaan, niiden käytön vaikeuteen ja testausohjelmistoihin. 40 prosenttia Ngin et al. (2004) tutkimukseen vastanneista piti automatisoitujen testausohjelmistojen käyttöön kuluvaan aikaan ongelmana ja 25 prosenttia piti ohjelmistoja vaikeina käyttää. Rafin et al. (2012) kyselyyn vastanneista 81 prosenttia oli sitä mieltä, että onnistunut testausautomaatio vaatii taitoja testaajilta. Saman tutkimuksen mukaan 45 prosenttia vastaajista piti saatavilla olevia automatisoidun testauksen ohjelmistojen yhteensopimattomuutta esteenä niiden käytölle.

## 4.3 Testauksen lopettamisen kriteerit

Yksi tärkeä kysymys liittyen ohjelmistotestaukseen on, että milloin ohjelmiston testauksen voi lopettaa eli milloin ohjelmiston laatu on riittävän hyvä. Garousin ja Varman (2010) tutkimuksen mukaan 70 prosenttia yrityksistä piti hyväksymistestien läpimenoa kriteerinä testauksen lopettamiselle. Toiseksi eniten käytetty kriteeri oli jokin muu asiakkaan määrittämä kriteeri, jota käyttää noin 45 prosenttia kyselyyn vastanneista. 29 prosenttia vastanneista ilmoitti, etteivät he käytä mitään virallista mittaria testauksen lopettamiselle.

Koko Kanadan laajuiseen kyselyyn (Garousi ja Zhi, 2013) vastanneista yrityksistä noin 40 prosenttia ei käyttänyt mitään virallista mittaria testauksen lopettamiselle. Noin 37 prosentilla yrityksistä oli varattuna tietty aika testaamiseen, minkä jälkeen testaus lopetettiin (Garousi ja Zhi, 2013). Vastaava luku Albertassa suoritettussa tutkimuksessa oli vain noin 20 prosenttia (Garousi ja Varma, 2010). Seuraavaksi suosituin mittari testauksen lopettamiselle Kanadan laajuisessa tutkimuksessa oli kaikkien testien läpimeno ilman virheitä (noin 33 % yrityksistä).

Taulukossa 5 esitetään edellä mainittujen tutkimusten tulokset liittyen ohjelmistotestauksen lopettamisen kriteereihin.

Taulukko 5: Testauksen lopettamisen kriteerit

Mitä kriteerejä yritykset käyttävät päättääkseen milloin testaus lopetetaan?	Garousi ja Varma, 2010	Garousi ja Zhi, 2013
Hyväksymistestien läpimeno	70 %	33 %
Muu asiakkaan määrittämä kriteeri	45 %	-
Tietty aika testaukseen	22 %	37 %
Eivät käytä mitään mittaria	29 %	40 %

#### 4.4 Testausryhmien käyttö

Ngin et al. (2004) tutkimukseen vastanneista yrityksistä 68 prosentilla oli oma testausryhmä. Näistä testausryhmistä 59 prosentilla ryhmän jäsenistä yli 80 prosenttia vain ohjelmistojen testaamiseen (Ng et al., 2004). Muut tutkimukset esittelevät hyvin erilaisia lukuja. Chanin et al. (2005) tutkimukseen vastanneiden 35 prosentilla oli oma testausryhmä. Plug-in systeemeihin keskittyneeseen tutkimukseen (Greiler et al., 2012) haastatelluista vain 20 prosentilla oli erillinen testausryhmä. Samassa tutkimuksessa todetaan, että suljetuilla projekteilla on todennäköisemmin oma testausryhmä kuin avoimen lähdekoodin projekteilla.

Testausryhmien suhteelliset koot kehittäjäryhmiin verrattuna vaihtelevat. Garousin ja Varman (2010) tutkimukseen vastanneiden projekteissa yli 65 prosentissa ohjelmistokehittäjiä oli vähintään kaksi kertaa enemmän kuin testaaajia. Noin 15 prosentissa projekteista oli yhtä testaajaa kohden jopa viisi tai useampi ohjelmistokehittäjä. Kanadan laajuinen tutkimus (Garousi ja Zhi, 2013) osoittaa vielä suurempia eroja testaaajien ja kehittäjien määrässä: 77 prosentissa projekteista ohjelmistokehittäjiä on vähintään kaksi kertaa enemmän kuin testaaajia ja 24 prosentissa projekteista yli viisi kertaa enemmän.

Taulukossa 6 esitetään edellä mainittujen tutkimusten tulokset liittyen testausryhmien käyttöön.

#### 4.5 Testauksen budjetointi

Yritysten testaukseen käyttämät varat on tärkeä tieto analysoitaessa ohjelmistotestausta. Ngin et al. (2004) tutkimuksen mukaan noin 37 prosenttia yrityksistä budjetoivat alle 20 prosenttia koko budjetistaan testaukseen ja noin 38 prosenttia yrityksistä 20–40 prosenttia koko budjetistaan testaukseen. Kuitenkin vain 22 prosenttia yrityksistä pääsee tavoitebudjettiinsa tai sen alle testauksen osalta, kun taas noin 42 prosenttia yrityksistä käyttää testaukseen puolitoistakertaisen määrään aikaa ja rahaa suunniteltuun verrattuna.

Taulukko 6: Testausryhmien käyttö

	Ng et al., 2004	Chan et al., 2005	Garousi ja Varma, 2010	Greiler et al., 2012	Garousi ja Zhi, 2013
Kuinka monella prosentilla yrityksistä on oma testausryhmä?	68 %	35 %	-	20 %	-
Kuinka monessa projektissa kehittäjiä on vähintään kaksi kertaa enemmän kuin testaaajia?	-	-	65 %	-	77 %
Kuinka monessa projektissa kehittäjiä on vähintään viisi kertaa enemmän kuin testaaajia?	-	-	15 %	-	24 %

Garousin ja Zhin (Garousi ja Zhi, 2013) tutkimus antaa samansuuntaisia lukuja. Tutkimuksen mukaan yritykset käyttävät keskimäärin 28 prosenttia budjetistaan testaukseen. 39 prosenttia vastanneista kertoi yritystensä käyttävän alle 20 prosenttia ja 41 prosenttia vastanneiden yrityksistä 20–40 prosenttia budjetistaan testaukseen. Tutkimuksessa tutkittiin myös vaikuttiko testauslähestymistapa (testivetoinen kehitys vs. testaa lopuksi -vetoinen kehitys) yritysten käyttämään testaus budjettiin, mutta eroja ei juuri löytynyt.

Taulukossa 7 esitetään edellä mainittujen tutkimusten tulokset liittyen testauksen budjetointiin.

Taulukko 7: Testauksen budjetointi

	Ng et al., 2004	Garousi ja Zhi, 2013
Kuinka monta prosenttia yrityksistä käyttää alle 20 prosenttia budjetistaan testaukseen?	37 %	39 %
Kuinka monta prosenttia yrityksistä käyttää 20-40 prosenttia budjetistaan testaukseen?	38 %	41 %

## 5 Pohdinta

### **Tutkimuskysymys 1: Millainen on testauksen opetuksen ja koulutuksen nykytila yrityksissä ja yliopistoissa ja mitä ongelmia testauksen opetukseen ja koulutukseen liittyy?**

Australiassa (Ng et al., 2004) ja Hongkongissa (Chan et al., 2005) suoritettut tutkimukset osoittavat, että ohjelmistotestauksen opetusta yliopistoissa on vähäistä ja sitä pitäisi lisätä. On huolestuttavaa, että suurin osa ohjelmistoalan opiskelijoista ei saa testauskoulutusta opintojensa aikana, vaan testauskoulutuksen tarjoamisen vastuu on lähes täysin yrityksillä.

Kyselytutkimuksiin vastanneet yritykset tarjoavat työntekijöilleen testauskoulutusta kohtalaisen hyvin. Kuitenkin ottaen huomioon vähäisen testauskoulutuksen yliopistoissa, tulisi yritystenkin kehittää lisää testauskoulutustaan. Kanadan Albertan provinssissa pidettyyn kyselytutkimukseen (2013) vastanneista yrityksistä yli 75 prosenttia kertoi yritystensä tarjoavan testauskoulutusta, mutta yllättäen harva kyselyyn vastaaja oli itse saanut koulutusta.

Hongkongissa suoritettun tutkimuksen (Chan et al., 2005) mukaan alle 20 henkilön yrityksistä vain 37 prosenttia tarjoaa työntekijöilleen testauskoulutusta, kun vastaava luku yli 500 hengen yrityksissä on 68 prosenttia. Tästä voidaan päätellä, että suuremmat yritykset ovat valmiimpia tarjoamaan koulutusta kuin pienet yritykset. Tämä tulos on hyvin ymmärrettävissä, sillä suurissa yrityksissä yhden henkilön osallistuminen jollekin kurssille ei aiheuta suurta vaikutusta yrityksen toimintaan, kun taas pienessä yrityksessä yhdenkin henkilön puuttuminen voi helposti viivästyttää projekteja.

Yritykset pitivät testauskoulutuksen hintaa suurimpana esteenä testauskoulutuksen järjestämiselle. Jotta yritykset tarjoaisivat työntekijöilleen enemmän testauskoulutusta, tulisi koulutuksen hintaa joko laskea tai yritykset pitäisi saada paremmin ymmärtämään testauskoulutuksesta saatava hyöty.

Toiseksi isoimpana esteenä testauskoulutuksen järjestämiselle pidettiin siihen kuluvaan aikaan. Työntekijät ovat poissa työpaikkansa projekteista osallistuessaan testauskoulutukseen. Tämä on myös hyvin lähellä hintanäkökantaa, sillä yrityksen pitää yleensä maksaa työntekijöilleen palkkaa, kun nämä osallistuvat testauskoulutukseen. Tämän vuoksi erilaiset itseopiskelu mahdollisuudet, joita jo jotkut yritykset tarjoavat työntekijöilleen, voisivat olla hyvä ratkaisu. Tällöin yrityksen työntekijät voivat tehdä itseopiskelumateriaalin tehtäviä, kun muut työtehtävät näin sallivat.

## **Tutkimuskysymys 2: Mikä on automatisoitujen testien nykytila ja mitä ongelmia testauksen automatisointiin liittyy?**

Kyselytutkimukset osoittavat, että yksikkötestejä automatisoidaan eniten verrattuna muihin testausmuotoihin. Tämä tieto ei ole mitenkään yllättävä, sillä automaattisten yksikkötestien suorittamiseen löytyy hyviä ohjelmistoja (esimerkiksi JUnit). Yksikkötestien jälkeen eniten automatisoidaan regressiotestejä. Testien uudelleen ajo muutosten jälkeen ei ole vaikeaa, joten regressiotestejä olisi voitu automatisoida vielä enemmän. Toisaalta näin on voinut jo tapahtua, koska tutkimukset, jotka raportoivat regressiotestauksesta, olivat vuosilta 2004 ja 2010.

Garousin ja Zhin tutkimuksen (2013) mukaan suurin osa yrityksistä suorittaa edelleen enemmän manuaalisia testejä verrattuna automatisoituihin testeihin. Vain harva yritys suorittaa yli 80 prosenttisesti testinsä automatisoidusti. Tämä tulos saa vahvistusta Rafin et al. (2012) tutkimukselta, johon vastanneista 80 prosenttia oli sitä mieltä, että automatisoidut testit eivät pysty kokonaan korvaamaan manuaalista testausta.

## **Tutkimuskysymys 3: Miten yritykset määrittelevät testauksen lopettamisen kriteerit?**

Garousin ja Varman (2010) sekä Garousin ja Zhin (2013) tutkimukset osoittavat, että monet yritykset eivät määrittele selkeitä kriteereitä testauksen lopettamiselle. Yrityksille tuntuu usein olevan tärkeämpää saada tuotteensa asiakkaille nopeasti. Tätä tukevat tutkimuksien tulokset, joissa ensimmäisessä 29 prosenttia ja toisessa 40 prosenttia yrityksistä ei käytä mitään mittaria testauksen lopettamiselle.

On yllättävää, että osa yrityksistä varaa testaukselle vain jonkun maksimian ajan, jonka jälkeen testaus lopetetaan. Tällä tavalla toimittaessa ei voida välttämättä varmistua ohjelmiston toimivuudesta. Yritysten tulisi paremmin määrittää testauksen lopettamisen kriteerit. Yritykset voisivat käyttää esimerkiksi hyväksymistestien läpimenoa tai viikoittain löydettyjen bugien määrän selvää vähentymistä kriteerinä testauksen lopettamiselle.

## **Tutkimuskysymys 4: Miten yritykset käyttävät testausryhmiä?**

Ngin et al. (2004), Chanin et al. (2005) ja Greilerin et al. (2012) tutkimukset antavat hyvin erilaiset tulokset itsenäisten ohjelmistotestausryhmien käytöstä. Ngin et al. tutkimuksen mukaan 68 prosentilla yrityksistä oli oma testausryhmä, kun taas Greilerin et al. plug-in systeemeihin keskittyneessä tutkimuksessa oma testausryhmä oli vain 20 prosentilla yrityksistä. Tulosten eroja voidaan ehkä selittää sillä, että plug-in systeemejä kehittämässä on ollut monta avointa lähdekoodia käyttävää ryhmää. Kuten tutkimuksessa todetaan, avoimen lähdekoodin projekteilla on harvemmin oma testausryhmä verrattuna suljettuihin projekteihin.



Yleisesti on tiedossa, että yrityksissä on enemmän ohjelmistokehittäjiä kuin ohjelmistotestaaajia. Siten ei ole yllättävää, että noin 70 prosentilla yrityksistä kehittäjiä on yli kaksi kertaa enemmän kuin testaaajia. Sen sijaan tieto siitä, että jopa yli 20 prosentissa yrityksistä kehittäjiä on yli viisi kertaa enemmän kuin testaaajia, asettaa näiden yritysten ohjelmiston laadun jo hieman kyseenalaiseksi. Tässäkin tapauksessa määrä ei välttämättä takaa laatua.

### **Tutkimuskysymys 5: Kuinka paljon yritykset budjetoivat testaukseen ja pysyvätkö yritykset budjetissaan testauksen osalta?**

Tutkimukset osoittavat, että lähes 40 prosenttia yrityksistä käyttää testaukseen alle 20 prosenttia ohjelmistoprojektiansa kokonaisbudjetista. Tämä on suhteellisen vähän, joten se herättää kysymyksen näiden yritysten ohjelmistojen laadusta. Ohjelmistotestaukseen käytetyt varat ja ohjelmistojen laatu eivät suoraan korreloi keskenään, mutta jotain johdopäätöksiä tämän osalta voidaan tehdä.

Australiassa suoritettu tutkimus (Ng et al., 2004) myös osoittaa, että monet yritykset ylittävät budjettinsa testauksen osalta. Toisaalta tämä voi olla järkevää ja tarpeellista, jos se varmistaa ohjelmiston paremman laadun. Toisaalta tämä osoittaa, että projektien suunnitteluvaiheessa on kehitettävää, jotta budjettiyllityksiä ei testauksen osalta tapahdu.

## **6 Yhteenveto**

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli luoda tiivis esitys ohjelmistotestauksen käytännöistä ja ongelmista kuuden kyselytutkimusten pohjalta. Työn tulokset ovat seuraavia:

Ohjelmistotestauskoulutus on suurelta osin ohjelmistoyritysten vastuulla. Yliopistoissa testauskoulutusta tarjotaan liian vähän. Testauskoulutusta yliopistoissa tulee kehittää. Myös yritysten tulee tarjota työntekijöilleen enemmän testauskoulutusta. Tutkimusten mukaan yrityksistä noin 70 prosenttia tarjoaa työntekijöilleen testauskoulutusta. Testauskoulutusta tarjotaan eniten yksikkö- ja systeemitestaukseen. Suosituin testauskoulutuksen muoto on kaupallinen, yrityksen ulkopuolinen testauskoulutus.

Yritykset pitävät ohjelmistotestauskoulutuksen tarjoamiselle suurimpana esteenä sen hintaa. Moni yritys piti myös testauskoulutukseen kuluvaan aikaa ja sopivien testauskursien puutetta esteenä koulutuksen tarjoamiselle. Näiden syiden takia monet yritykset eivät ole valmiita panostamaan työntekijöidensä testauskoulutukseen. Yritykset pitäisi-kin saada ymmärtämään testauskoulutuksesta yritykselle koituvat hyödyt, jotta ne ovat valmiimpia tarjoamaan työntekijöilleen testauskoulutusta.

Automatisoituja testejä suorittaa jossain muodossa noin 60–70 prosenttia yrityksistä. Eni-

ten automatisoidaan yksikkö- ja regressiotestejä. Regressiotestejä voitaisiin automatisoida vielä enemmän, koska niiden ajo automaattisesti ei ole vaikeaa. Manuaalisia testejä suoritetaan kuitenkin yhä huomattavasti enemmän kuin automatisoituja testejä. Vain viides osa yrityksistä suorittaa yli 80 prosenttia testeistään automatisoidusti. Automaattisten testien ei uskotakaan kokonaan korvaavan manuaalisia testejä.

Monet yritykset eivät määrittele selkeitä kriteereitä testauksen lopettamiselle. Yrityksistä 30–40 prosenttia ei käytä tähän mitään kriteereitä. Noin viides osa yrityksistä varaa testaukselle jonkun ajan, jonka jälkeen testaus lopetetaan. Yritysten tulee tarkemmin määrittää testauksen lopettamisen kriteerit.

Itsenäisten testausryhmien käyttö vaihtelee paljon yritysten välillä. Avoimen lähdekoodin projekteilla on harvemmin oma testausryhmä verrattuna suljettuihin projekteihin. Ohjelmistotestaaajia on yrityksissä usein huomattavasti vähemmän kuin ohjelmistokehittäjiä. Noin 70 prosentissa yrityksistä ohjelmistotestaaajia on yli kaksi kertaa vähemmän kuin ohjelmistokehittäjiä.

Yritykset budjetoivat keskimäärin 30 prosenttia ohjelmistoprojektiensa kokonaisbudjetista testaukseen. Noin 40 prosenttia yrityksistä käyttää budjetistaan alle 20 prosenttia testaukseen ja vastaavasti noin 40 prosenttia yrityksistä budjetoi 20–40 prosenttia testaukseen. Vain noin viides osa yrityksistä pääsee tavoitebudjettiinsa testauksen osalta, joten testauksen suunnitteluun olisikin kiinnitettävä enemmän huomiota.

Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia ohjelmistotestauksen opetusta Suomen yliopistoissa. Tutkimuksessa voitaisiin haastatella eri vuosikurssien opiskelijoita ja jo valmistuneita tietotekniikan opiskelijoita ja kysyä miten paljon he ovat saaneet testauskoulutusta yliopistoaikanaan. Tutkimuksen avulla voitaisiin kehittää testauksen opetusta yliopistoissa.

## Lähteet

- I. Burnstein. *Practical Software Testing*. Springer, New York, 2003. ISBN 9786610188451.
- F.T. Chan, T.H. Tse, W.H. Tang ja T.Y. Chen. Software testing education and training in hong kong. *Quality Software, 2005.(QSIC 2005). Fifth International Conference on*, sivut 313–316. IEEE, 2005.
- M. Fewster ja D. Graham. *Software test automation: effective use of test execution tools*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1999.
- V. Garousi ja T. Varma. A replicated survey of software testing practices in the canadian province of alberta: What has changed from 2004 to 2009? *Journal of Systems and Software*, 83(11):2251–2262, 2010.
- V. Garousi ja J. Zhi. A survey of software testing practices in canada. *Journal of Systems and Software*, 86(5):1354–1376, 2013.
- A. Geras, M. Smith ja J. Miller. A survey of software testing practices in alberta. *Electrical and Computer Engineering, Canadian Journal of*, 29(3):183–191, 2004.
- M. Greiler, A. van Deursen ja M. Storey. Test confessions: a study of testing practices for plug-in systems. *Software Engineering (ICSE), 2012 34th International Conference on*, sivut 244–254. IEEE, 2012.
- E. Kit ja S. Finzi. *Software testing in the real world: improving the processg*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, 1995. ISBN 0-201-87756-2.
- S.P. Ng, T. Murnane, K. Reed, D. Grant ja T.Y. Chen. A preliminary survey on software testing practices in australia. *Software Engineering Conference, 2004. Proceedings. 2004 Australian*, sivut 116–125. IEEE, 2004.
- D.M. Rafi, K. Moses, K. Petersen ja M. Mäntylä. Benefits and limitations of automated software testing: Systematic literature review and practitioner survey. *Automation of Software Test (AST), 2012 7th International Workshop on*, sivut 36–42. IEEE, 2012.