

# Suorituskykytestauspalvelun kehittäminen



Lescelius, Santtu



Laurea-ammattikorkeakoulu  
Laurea Leppävaara

## Suorituskykytestauspalvelun kehittäminen

Santtu Lescelius  
Tietojärjestelmäosaamisen koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Helmikuu 2010



Santtu Lescelius

## Suorituskykytestauspalvelun kehittäminen

Vuosi 2010

Sivumäärä 90

---

Tietojärjestelmät palvelevat käyttäjiä esimerkiksi mahdollistamalla matkalipun oston. Suuren käyttäjämäärien kuormitus voi aiheuttaa järjestelmän suorituskyvyn heikkenemistä. Suorituskykyongelmat aiheuttavat suuria kustannuksia. Usein ongelmien taustalla on suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tapahtunut järjestelmän suorituskykytarpeen aliarviointi tai suorituskyvyn liittyvien tietojen keräämisen ja hyödyntämisen puutteet. Suorituskyky on sitä että järjestelmä suoriutuu sille tarkoitetuista tehtävistä riittävän hyvin suhteessa sille asetettuihin suorituskykyvaatimuksiin. Suorituskykyyn vaikuttaa järjestelmän kokoonpano, järjestelmän käyttäjämäärät ja käyttötavat. Suorituskyky voidaan määrittää suorituskykymittareita, kuten välityskykyä, vastausaikaa ja resurssien käyttöastetta tarkkailemalla. Suorituskykytestauksen tärkeimpänä tavoitteena on varmistaa järjestelmän riittävän suorituskykyinen ja suunnitellun mukainen toiminta tuotantoympäristössä käytettävissä olevilla resursseilla. Suorituskykytestauksessa järjestelmään ajetaan suuri tuotantokäyttöä simuloiva käyttäjäkuorma ja tutkitaan miten järjestelmä käyttäytyy ja millainen järjestelmän suorituskyky on.

Tietotekniikassa palvelulla voidaan tarkoittaa joko tietokoneiden välisiä palveluita, tai ihmisten toisilleen tuottamia asiantuntijapalveluita. Asiantuntijapalvelu eroaa tietyiltä osin siitä mitä perinteisesti mielletään palveluksi, esimerkiksi kahvilassa käynnistä tai siivouksesta. Palvelun tarkastelu perinteisestä näkökulmasta toi uusia parannusideoita suorituskykytestauspalvelun kehittämiseen.

Tässä suunnittelutieteellisen tutkimuksen menetelmin tehdyssä opinnäytetyössä parannettiin Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelua palvelun kehittämisen menetelmin. Palvelua parannettiin rakentamalla palvelukonsepti, määrittämällä soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit suorituskykytestauksen näkökulmasta, luomalla malli suorituskykyvaatimusten rakentamiseen, sekä kehittämällä menetelmä suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämiseen ja analysointiin. Opinnäytetyössä tarkasteltiin suorituskykytestausprosessia tiedon hyödyntämisen näkökulmasta, koska ihmisten tuottama tieto testauksen kohdejärjestelmästä ja sen käyttämisestä on kriittistä suorituskykytestauksen onnistumiselle. Tutkimusta arvioitiin suhteessa tieteellisyyden ja suunnittelutieteellisen tutkimuksen kriteereihin ja kehittämisen tulosta suhteessa palvelun lähtötilaan ja suorituskykytestauksen parhaisiin menetelmiin.

Opinnäytetyössä ilmeni että suorituskykytestauspalvelua voidaan parantaa palvelun kehittämisen menetelmin muun muassa kuvaamalla palveluprosessi tiedon käsittelyn näkökulmasta ja rakentamalla suorituskykytestauksen palvelukonsepti. Opinnäytetyössä ilmeni myös että suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämistä ja analysointia voidaan auttaa rakentamalla menetelmä järjestelmäkomponenttien ja järjestelmän käyttötietojen keräämiseen ja analysointiin. Opinnäytetyön tulosten perusteella näyttää siltä että suorituskykytestauksen kannalta toimivimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit ovat vastausaika, resurssien käyttöaste sekä välityskyky. Tulosten perusteella näyttää myös siltä että suorituskykytestauksen näkökulmasta järjestelmän suorituskyvyn todentamista voidaan auttaa määrittämällä malli suorituskykytestausvaatimusten rakentamiseen.

Järjestelmän suorituskykyvaatimukset, suorituskykytestaus, palvelun kehittäminen

Santtu Lescelius

### Performance testing service development

Year 2010

Pages 90

---

Information systems serve users for example by selling flight tickets. When number of users rise, system performance might decrease. System performance issues result major costs to the system owners. Often the performance problems are consequences of missing performance estimates or insufficient methods for performance data collection and exploitation. The information system performance is its ability to successfully carry out the task it is intended to perform, compared to the performance requirements set to the systems performance. The system performance is affected by its components, users and the ways to use the system. In the performance testing point of view, the most useful performance metrics are throughput, response time and resource usage.

The information system performance testing objective is to verify that the system, including all its components and processes, perform and behave under the usage load as expected. The target system is performance tested by running hundreds of virtual users simulating the system usage load. By analyzing the test results, the system performance can be verified.

Services in information systems range from invisible computerized services to highly customized services produced in co-operation with the customer. Information system services differ from traditional human-to-human services, thus they do have similar properties. This study examines how the traditional service perspective fits into customized information system service viewpoint. This work studies the performance testing from the information exploitation viewpoint, because information provided by customer is crucial to the success of the performance testing. The information collection and analysis faces many challenges, for example the lack of adequate method to collect the information.

In this design science research the performance testing service was improved by using the service development methods. Improvements made were by creating new a service concept and by building a method to collect and analyze the information required in the performance testing. The results of the research were evaluated by comparing the results to performance testing best practices and to service development starting point. The research process was evaluated by verifying that it followed the design research guidelines.

The conclusions of this study are that the performance testing service can be improved by using the service development methods. This study also shows that the collection and analysis of information needed in performance testing can be eased by creating a method to collect and analyze information system environment and usage information. It seems that in performance testing point of view, the most useful performance metrics are response time, throughput and resource utilization. It also seems that the system performance verification in performance testing viewpoint can be supported by creating a model to built performance requirements.

Information system performance requirements, performance testing, service development

## Sisällys

1	Johdanto.....	9
2	Opinnäytetyön tarkoitus ja tutkimuskysymykset .....	13
3	Tutkimustyön vaiheet ja tutkimusmenetelmät .....	15
4	Suunnittelutieteellinen tutkimus.....	19
	4.1 Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tuloksia .....	20
	4.2 Tutkimustulosten arviointi .....	22
	4.3 Ohjeet suunnittelutieteelliselle tutkimukselle .....	23
	4.4 Suunnittelutieteellisen tutkimuksen prosessi .....	24
	4.5 Suorituskykytestauspalvelun kehittämistarpeet ja -toimenpiteet.....	25
5	Tietotekniikan asiantuntijapalvelu perinteisen palvelun näkökulmasta .....	27
	5.1 Yleisiä palvelun määritelmiä ja ominaisuuksia .....	27
	5.2 Palvelun osat .....	29
	5.3 Palvelukonsepti .....	30
	5.4 Tietotekniikan asiantuntijapalvelu.....	33
	5.5 Palvelun kehittämisen menetelmät.....	36
6	Järjestelmän suorituskyky testauksen näkökulmasta.....	39
	6.1 Suorituskyvyn mittareita.....	40
	6.2 Suorituskykyyn vaikuttavat tekijät.....	42
	6.3 Suorituskyvyn vaatimukset .....	45
7	Tietojärjestelmän suorituskykytestaus.....	47
	7.1 Suorituskykytestauksen tulokset .....	49
	7.2 Suorituskykytestauksen haasteita .....	50
	7.3 Suorituskykytestausprosessi .....	51
	7.4 Suorituskykytestauksen vaiheet tiedon käsittelyn näkökulmasta.....	53
	7.5 Tietojen keruuvaihe .....	54
	7.6 Tietojen hyödyntäminen vaatimusten rakentamisessa .....	59
	7.7 Tietojen hyödyntäminen testien suunnittelussa.....	61
	7.8 Testauksen onnistumisen arviointi ja tulosten analysointi .....	62
8	Tutkimuksen tulokset .....	63
	8.1 Suorituskyvyn mittarit ja suorituskykyvaatimusten määrittäminen.....	63
	8.2 Suorituskykytestaukseen liittyvien tietojen keräys- ja analysointimenetelmä	65
	8.3 Uusi Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelukonsepti.....	66
9	Pohdinta ja johtopäätökset .....	73
10	Lähdeluettelo.....	81
	Kuvat .....	85
	Liitteet.....	85





## 1 Johdanto

Tietojärjestelmien yhtenä tarkoituksena on palvella käyttäjiä esimerkiksi tarjoamalla uutisia luettavaksi tai hotellihuoneita varattavaksi. Käyttäjä voi tietojärjestelmän kautta valita mieleisensä hotellin, tarkistaa onko hotellissa tilaa, ja varata huoneen. Järjestelmää voi samanaikaisesti käyttää jopa useat tuhannet käyttäjät. Tämä lisää järjestelmään kohdistuvaa kuormitusta, ja lisääntynyt kuormitus voi aiheuttaa järjestelmän suorituskyvyn heikkenemistä. Kun käyttäjiä on liikaa suhteessa järjestelmän kokoon, järjestelmä ei enää pysty käsittelemään käyttäjän pyyntöjä riittävän nopeasti eikä järjestelmä toimi niin kuin sen pitäisi. Käyttäjä huomaa tämän esimerkiksi huomattavan hitaista internetsivuista. Hitaus saattaa turhauttaa käyttäjän ja saada tämän siirtymään kilpailevan yrityksen järjestelmän käyttäjäksi.

Liiketoimintakriittisten järjestelmien saatavuuden vaatimukset ovat korkeat ja saatavuuskatkoista aiheutuneet kulut liiketoiminnalle ovat suuret. Esimerkiksi jos yrityksen verkkokauppasivusto ei ole käytettävissä, pysähtyy liiketoiminta täydellisesti. Järjestelmien suorituskykyongelmat aiheuttavat siis suuria kustannuksia organisaatiolle, sekä käyttökatkojen aiheuttamina menetyksinä että ongelmien selvittämiskuluina (Aarnio 2007). Järjestelmän julkaiseminen tuotantokäyttöön ilman suorituskyvyn testaamista voi siis tulla hyvin kalliiksi.

Pande ja Ganesan (2005) määrittelevät tietojärjestelmän suorituskyvyn sen kyvyksi suoriutua sille annetuista tehtävistä riittävän hyvin suhteessa vaatimukseen silloin kun järjestelmään kohdistuu käyttökuormitusta. Esimerkiksi järjestelmän käyttäjälle suorituskyky on usein sitä kuinka nopeasti sovellus vastaa, kun taas teknisestä näkökulmasta suorituskyky voi olla sitä kuinka monta tietokantakyselyä tietokantakomponentti pystyy tietyssä ajassa suorittamaan. Tietojärjestelmän suorituskyky on kokonaisuuden suorituskykyä johon vaikuttavat 1) yksittäiset komponentit, 2) komponenttien yhteistoiminta, 3) järjestelmäympäristö, 4) käyttäjät ja 5) järjestelmän käyttötavat.

Toiminnallisella testauksella tutkitaan toimiiko järjestelmä niin kuin on haluttu, kun suorituskykytestauksella tutkitaan miten hyvin järjestelmä toimii. Toiminnallisella testauksella voidaan selvittää järjestelmän virheellinen toiminta, mutta ei esimerkiksi järjestelmän käyttäytymistä suuren käyttäjäkuorman alla. Suorituskykytestauksella voidaan todentaa tietojärjestelmän riittävän hyvä suorituskyky ja laadukas toiminta silloin kun sitä käytetään tuotannossa. (Bakalova 2004; Blumenstyk ja Decker 2001; HP 2009.)

Suorituskykytestauksessa järjestelmään ajetaan järjestelmän käyttöä simuloiva käyttäjäkuorma ja tutkitaan miten järjestelmä käyttäytyy ja millainen järjestelmän suorituskyky on. Esimerkiksi hotellihuoneita varaavan järjestelmän kuormitusta simuloidaan rakentamalla käyttötapauksia joissa käyttäjä esimerkiksi kirjautuu järjestelmään, etsii sopivan hotellin ja varaa siitä huoneen, ja ajamalla tietyillä määrityksillä satoja käyttötapauksia samanaikaisesti. (Blumenstyk ja Decker 2001; Shaw 2000.)

Suorituskykytestauksessa ajetaan järjestelmään samanaikaisesti satoja tai tuhansia virtuaalikäyttäjiä, ja seurataan miten järjestelmä kuormituksen alla käyttäytyy ja miten esimerkiksi sovelluksen vastausajat muuttuvat. Suorituskykytestauksella voidaan selvittää esimerkiksi kuinka monta käyttäjää järjestelmä pystyy palvelemaan ilman suorituskyvyn merkittävää heikkenemistä, tai millaiset ovat järjestelmän vastausajat tietyllä käyttäjämäärällä. (Blumenstyk ja Decker 2001; Shaw 2000.)

Molyneauxin (2009), Weyukerin ja Vokoloksen (2000) sekä Ganin (2006) mukaan tieteellisiä tutkimusartikkeleita suorituskykytestauksesta on julkaistu melko vähän, vaikka muita artikkeleita löytyykin paljon. Suorituskykytestausartikkelit ovat pääsääntöisesti käsitelleet:

- 1 suorituskykytestauksen teknistä suorittamista, eli miten ja millä välineillä suorituskykytestausta tehdään. Tällaisia artikkeleita ovat muun muassa HP (2009), Molyneaux (2009) sekä Microsoft (2007)
- 2 suorituskykytestauksen hyötyjä ja menetelmiä, eli mitkä suorituskykytestauksen hyödyt ovat ja mikä on suorituskykytestausprosessin kulku. Tällaisia artikkeleita ovat muun muassa Molyneaux (2009), Microsoft (2007), Weyuker ja Vokolos (2000), Blumenstyk ja Decker (2001) sekä Barber (2007)
- 3 keskittyneet yksittäisiin suorituskykytestauksen osa-alueisiin kuten suorituskykyongelmien tutkimiseen. Tällaisia artikkeleita on kirjoittanut muun muassa Barber (2005).

Aiemmissa suorituskykytestausta tarkastelevissa artikkeleissa suorituskykytestausprosessia kuvataan usein hyvin teknisestä näkökulmasta. Tarkasteluissa lähtökohtana on usein suorituskykytestausväline, joka saattaa aiheuttaa myös testauksen toteuttamisen välineen ehdoilla. Tutkimuksissa ei kuitenkaan tarkastella suorituskykytestausta palveluprosessin tai palvelukonaisuuden näkökulmasta. Suorituskykytestauksessa on kuitenkin pohjimmiltaan kysymys asiakkaalle tarjottavasta palvelusta, joka ei voi olla ainoastaan tekninen suoritus. Tässä opinäytetyössä tarkastellaan suorituskykytestausta palvelun näkökulmasta, ja sen avulla pyritään rakentamaan laadukkaampi ja kehittyneempi suorituskykytestauspalvelu joka tuottaa asiakkaalle paremmin suorituskykytestattuja järjestelmiä.

Perinteisesti palvelu käsitetään esimerkiksi kahvilassa saatavana palveluna josta mukavan asiakaspalvelijan tarjoilema maistuva leivos saa asiakkaan hyvälle mielelle, tai siivouspalveluna josta tuloksena on puhdas koti. Tietotekniikassa palvelu käsitetään sekä tietokoneiden keskinäisenä toimintana jossa esimerkiksi tietokantasovellus suorittaa hakuja web-palvelimen puolesta että tietotekniikan asiantuntijapalveluna jossa ihmiset asiantuntemuksen ja teknisten apuvälineiden avulla tuottavat toisille ihmisille tai organisaatioille hyötyä. (Alter 2008 a; Grönroos 2009.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tietotekniikan asiantuntijapalvelua myös perinteisen palvelun näkökulmasta. Tietotekniikan palveluiden perimmäisenä tarkoituksena ei välttämättä ole elämysten tai suorien hyötyjen tuottaminen asiakkaalle. Toisaalta asiakkaan toiminnan merkitys esimerkiksi tässä opinnäytetyössä kehitettävän suorituskykytestauspalvelun lopputulokselle on suuri. Palvelun tarkastelulla perinteisestä näkökulmasta pyritään painottamaan asiakkaan merkitystä tietotekniikan asiantuntijapalvelun onnistumisessa.

Tämä opinnäytetyö tehtiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen menetelmin. Suunnittelutieteellinen tutkimus kuuluu innovaation hyödyllisyyttä painottaviin tutkimuksiin, joiden tarkoituksena on rakentaa tai arvioida innovaatio jolla pyritään ratkaisemaan jokin kohdeympäristön ongelma. Opinnäytetyössä pyrittiin palvelun kehittämällä parantamaan Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelussa havaittuja puutteita. Sysart Oy on tietotekniikan palveluyritys joka tarjoaa muun muassa suorituskykytestauspalvelua asiantuntijatyönä. Tämän opinnäytetyön lähtökohtina olivat Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelussa havaitut puutteet ja pyrkimys parantaa suorituskykytestauspalvelua.

Opinnäytetyö aloitettiin kartoittamalla suunnittelutieteellisen tutkimuksen ja palvelun kehittämisen tutkimusartikkeleita ja rakentamalla näistä tutkimuksen teoreettinen viitekehys. Seuraavaksi kartoitettiin suorituskykytestausartikkeleita ja rakennettiin suorituskykytestaus-teorian viitekehys. Kirjallisuuskartoituksella selvitettiin mistä eri suorituskykytestauksen osaluista on kirjoitettu ja millaisia näkemyksiä eri kirjoittajilla on suorituskykytestauksesta. Kartoituksen pohjalta pyrittiin ymmärtämään suorituskykytestauksen parhaita menetelmiä. Suorituskykytestauskirjallisuuden tarkastelussa havaittiin puutteita tiettyjen suorituskykytestauksen osa-alueiden käsittelyissä. Opinnäytetyössä pyrittiin täydentämään havaittuja puutteita, josta saatiinkin hyvä lähtökohta tämän tutkimuksen uudelle suorituskykytestauksen tarkastelukulmalle.

Tietojärjestelmien suorituskykyä ja järjestelmien suorituskykytestausta tarkastelevan kirjallisuuden kartoittamiseen perustuen määriteltiin soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit suorituskykytestauksen tarpeisiin, sekä määritettiin miten suorituskykytestaukseen mahdollisimman hyvin soveltuvat järjestelmän suorituskyvyn todentavat vaatimukset rakennetaan. Suorituskykytestauspalvelua parannettiin rakentamalla uusi suorituskykytestauksen palvelukonsepti, ja sen osana menetelmä suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämiseen ja analysointiin.

Opinnäytetyössä 1) rakennettiin uusi suorituskykytestauksen palvelukonsepti, 2) määritettiin suorituskykytestauksen kannalta soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit, 3) rakennettiin malli järjestelmän suorituskyvyn todentamista helpottava suorituskykyvaatimusten määrittelymalli sekä 4) rakennettiin menetelmä suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämiseen ja analysointiin. Opinnäytetyön tuloksia ja tutkimusprosessia arvioitiin suhteessa Hevnerin, Marchin ja Parkin (2004) ohjeisiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen tekemisestä sekä Järvisen ja Järvisen (2004) tutkimuksen arviointikriteereihin.

Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tulosta, parannettua suorituskykytestauspalvelua, arvioitiin vertailemalla sitä sekä nykyiseen suorituskykytestauspalveluun että suorituskykytestauskirjallisuudessa kuvattuihin parhaisiin menetelmiin. Tutkimusta ja sen tuloksia arvioitiin vertaamalla niitä Hevnerin ym. (2004) määrittämiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen ohjeisiin sekä Järvisen ja Järvisen (2004) kuvaamiin tieteellisyyden kriteereihin. Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan tutkimukselle asetettavia tieteellisyyden kriteereitä ovat muun muassa objektiivisuus, yleistettävyyden, osuvuus eli validiteetti, edustavuus sekä otoksen toistettavuus.

Tämä opinnäytetyö on tarkoitettu ensisijaisesti suorituskykytestauksen asiantuntijoille. Tässä työssä suorituskykytestausta tarkastellaan tiedon hyödyntämisen näkökulmasta. Näkökulmalla ei pyritä ratkaisemaan kaikkia suorituskykytestaukseen liittyviä ongelmia, vaan sen tarkoituksena on herättää ajatuksia suorituskykytestauksen uudelleen tarkasteluun ja kehittämiseen. Opinnäytetyöhön perehtyminen vaatii hieman pohjatietoa suorituskykytestauksesta, koska tässä opinnäytetyössä ei käsitellä suorituskykytestauksen perusteita, ja koska joitakin suorituskykytestauksen osa-alueita käsitellään hyvin yleisesti. Toisaalta tämä opinnäytetyö soveltuu myös suorituskykytestauksesta kiinnostuneille henkilöille koska opinnäytetyössä ei pureuduta liiallisesti teknisiin yksityiskohtiin.

## 2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä rakennettiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen menetelmin parannettu suorituskykytestauspalvelu Sysart Oy:lle. Opinnäytetyön lähtökohtana oli Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelussa havaitut puutteet. Palvelun puutteita parannettiin palvelun kehittämisen työkaluilla, suorituskykytestauskirjallisuuden parhaisiin menetelmiin perustuen. Palvelun kehittämisen lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin 1) mitkä ovat mahdollisesti soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit suorituskykytestauksen tarpeisiin, 2) miten tietojärjestelmän suorituskyvyn vaatimukset saadaan jäsenettyä ja muotoiltua suorituskykytestausta hyödyttäväksi, ja 3) onko suorituskykytestauskirjallisuudessa jonkin aihealueen käsittely jäänyt liian pienelle huomiolle, ja voidaanko aihealuetta täydentää.

Opinnäytetyön tavoitteena on 1) löytää ratkaisu joka täydentää mahdollista suorituskykytestauskirjallisuudessa löytynyttä puutetta, 2) määrittää suorituskykytestauksen kannalta soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit, sekä 3) selvittää voidaanko järjestelmän suorituskykyvaatimukset määritellä niin, että niitä voidaan hyödyntää suorituskykytestauksessa.

Opinnäytetyön päätutkimuskysymys on:

- 1 Voidaanko palvelun kehittämisen menetelmin parantaa Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelua?

Opinnäytetyön alatutkimuskysymykset ovat:

- 2 Mitkä ovat suorituskykytestauksen kannalta soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit?
- 3 Voidaanko suorituskykyvaatimusten rakentamismallilla helpottaa järjestelmän suorituskyvyn todentamista?
- 4 Voidaanko suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämisen ongelmia helpottaa?

Opinnäytetyön tuloksina odotetaan että palvelun kehittäminen parantaa Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelua, koska palvelussa on havaittu selkeitä kehittämiskohteita ja koska esimerkiksi palvelukonseptin rakentaminen selkeyttää palvelun sisältöä, tavoitteita ja toivottuja tuloksia. Lisäksi opinnäytetyön tuloksina odotetaan että suorituskykytestauksen kannalta soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit saadaan määritettyä, ja että menetelmä suorituskykyvaatimusten jäsentämiseen ja muotoiluun saadaan rakennettua.

Opinnäytetyön tutkimustavaksi valittiin suunnittelutieteellinen tutkimus, koska työn tavoitteena oli parantaa jotain olemassa olevaa artefaktia eli kehittää olemassa olevaa suorituskykytestauspalvelua. Suorituskykytestauspalvelun kehittäminen ei ole sidottu sen sovellutusympäristöön, koska palvelu tuotetaan osittain räätälöitynä eri asiakkaiden tarpeisiin. Näin ollen esimerkiksi palvelun tuottajaorganisaation tai palvelun käyttämisen tutkimisella ei saavutetaisi palvelun kehittämisen kannalta olennaisia tuloksia. Suorituskykytestauspalvelun kehittäminen pohjautui suorituskykytestauskirjallisuuden parhaisiin menetelmiin, johon perustuen voitiin olettaa että kehitetty palvelu on parempi kuin aikaisempi palvelu.

Vaihtoehtoisena tutkimustapana olisi voinut olla toimintatutkimus, jossa palvelua olisi tutkittu kohdeympäristössä palvelun käyttämisen aikana. Toimintatutkimuksessa tutkija toimii tiiviissä yhteistyössä kohdeorganisaation kanssa ja pyrkii kehittämään organisaatiota sen toimintatapoihin vaikuttamalla. Tämän tutkimuksen menetelmäksi valittiin suunnittelutieteellinen tutkimus, koska ensisijaisena tarkoituksena on kehittää palvelukonseptia ja palvelun toimintaa teoriassa, ei niinkään ihmisten toimintaa palvelua käytettäessä.

Suorituskykytestauspalvelun jatkokehittämiselle hyvä lähtökohta voisi olla rakennetun palvelun tuotteistaminen. Jatkotutkimuksen kohteena voisi olla myös parannetun palvelun soveltaminen eri kohdeympäristöihin ja tehtyjen parannusten hyvyyden arviointi käyttäjien näkökulmasta. Lisäksi tässä tutkimuksessa käytetty tiedon hyödyntämisen näkökulman jatkotutkimus ja suorituskykytestauksen tarkastelu asiakkaan ja palvelun näkökulmasta voisi tuottaa entistä parempia keinoja suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämisen, analysointiin ja hyödyntämiseen.

### 3 Tutkimustyön vaiheet ja tutkimusmenetelmät

Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan tutkimustyöllä pyritään tuottamaan uutta tietoa jolla on sekä tieteellistä mielenkiintoa että käytännöllistä hyötyä. Perustutkimuksessa tarkastellaan sitä millainen tutkittava maailma nyt on, kun taas soveltavassa eli konstruktiivisessa tutkimuksessa rakennetaan ja arvioidaan uusia innovaatioita perustutkimuksen tuloksiin perustuen. Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2006) mukaan yleisen tutkimusprosessin päävaiheet ovat: 1) aiheen valinta, 2) tiedon keruu, 3) materiaalin arviointi, 4) ideoiden ja muistiinpanojen jäsentäminen sekä 5) tutkimuksen kirjoittaminen.

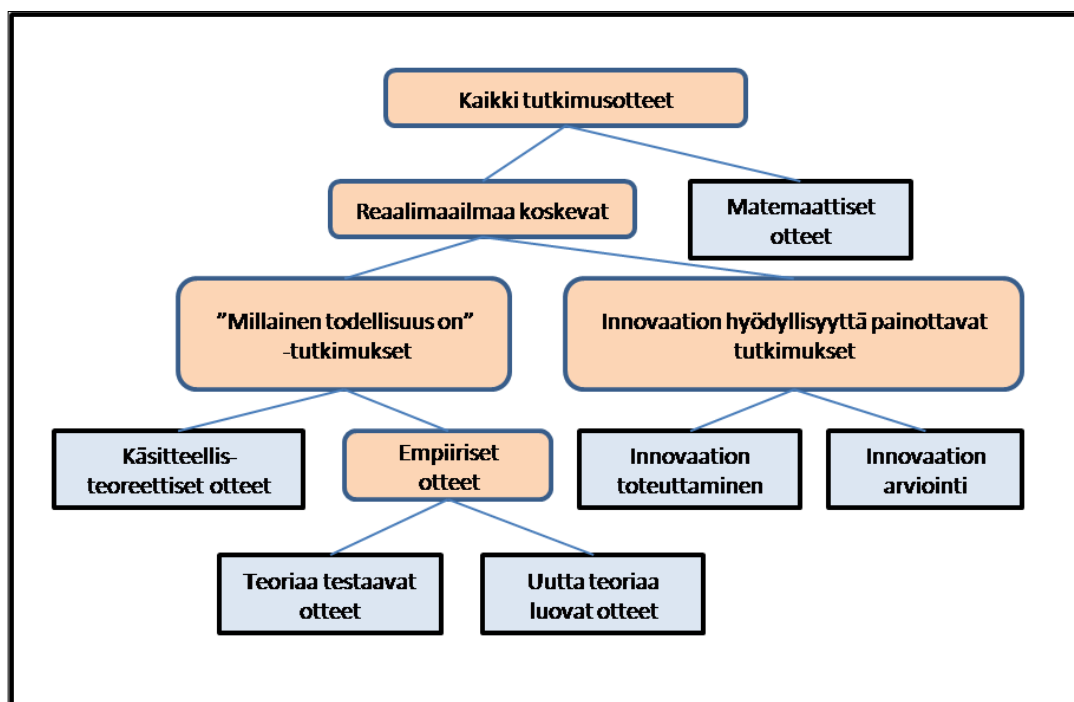
Tutkimusaiheen valintaan liittyy Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan kolme seikkaa: 1) alkuperäisillä tutkimuskysymyksillä kuvataan sitä mitä aiheesta halutaan tietää, 2) tutkimuksen perusteluilla etsitään vastausta siihen miksi halutaan tietää ja 3) täsmentävien kysymysten avulla pyritään etsimään vastauksia alkuperäisiin kysymyksiin. Tarkoituksena on selkeyttää tutkimuksen kohdetta ja ongelman asettelua sekä selvittää esimerkiksi sitä tuottaisiko tutkimus aidosti uusia löydöksiä.

Järvinen ja Järvinen (2004) toteavat tutkimusidean liittyvän johonkin ongelmaan tai kysymyseen johon halutaan saada vastaus. Esimerkiksi suunnittelutieteellisessä tutkimuksessa lähtökohtana on jokin kohdeympäristön ongelma. Työympäristössä voi olla esimerkiksi huonosti tai tehottomasti toimiva artefakti jonka toimintaa halutaan parantaa. Tutkijalla voi olla jo mielessä parannusehdotus, jonka hyvyttä voidaan tutkia rakentamalla parempi artefakti ja analysoida oliko ratkaisu parempi kuin vanha. Voidaan myös rakentaa kokonaan uusi artefakti eli innovaatio ratkaisemaan jokin työympäristön ongelma. (Järvinen ja Järvinen 2004; Hevner ym. 2004.)

Tutkimusmetodin valinnalla ratkaistaan tutkimuksen tekotapa. Järvinen ja Järvinen (2004) jakavat tutkimusotteet ensin kahteen luokkaan sen mukaan tutkitaanko reaali maailmaa vai symbolijärjestelmiä joille ei ole vastinetta reaali maailmassa. Symbolijärjestelmiä ovat esimerkiksi matemaattiset tutkimusotteet. Reaali maailman tutkimusotteet koskevat joko sitä millainen reaalitodellisuus on eli miten asiat nyt ovat, tai innovaation hyödyllisyyden tutkimista, eli sitä miten asiat voisivat olla. Reaali maailmaa koskevat tutkimusotteet voidaan jakaa käsitteellis-teoreettisiin otteisiin, ja empiirisiin otteisiin jotka joko testaavat olemassa olevaa teoriaa tai luovat uutta teoriaa. Teoriaa testaavissa ja luovissa tutkimusotteissa tärkeä ennako-oletus on kysymys siitä oletetaanko tutkimuskohteessa vallitsevan yksi- vai erimielisyyden. Innovaation hyödyllisyyttä voidaan tarkastella sekä innovaation toteuttamisen että sen arvioinnin näkökulmasta.

Järvinen ja Järvinen (2004) ovat listanneet muutamia esimerkkejä kuhunkin luokkaan kuuluvista tutkimusmetodeista. Matemaattisissa tutkimuksissa todistetaan joku teoreema tai apulause. Käsitteellis-teoreettisissa joko määritellään mitä tutkittavasta ilmiöstä oletetaan tai analysoidaan ilmiötä koskevien tutkimusten taustaoletukset, yhteiset käsitteet ja niiden väliset suhteet. Näistä johdetaan uusi teoria, malli tai teoreettinen viitekehys. Teoriaa testaavat tutkimukset tehdään esimerkiksi kenttätutkimuksen tai katsaustutkimuksen keinoin. Uutta teoriaa luoviin tutkimusmetodeihin kuuluvat esimerkiksi tapaustutkimus tai grounded-teoria.

Suunnittelutieteellinen tutkimus kuuluu innovaation hyödyllisyyttä painottaviin tutkimuksiin. Tutkimuksessa rakennetaan ja arvioidaan innovaatio, jolla pyritään ratkaisemaan jokin kohdeympäristön ongelma. Suunnittelutieteellisellä tutkimuksella voidaan luoda uusia innovaatioita tai kehittää jotain olemassa olevaa innovaatiota. Tutkimus voi myös tuottaa uutta tietämystä jota ammattilaiset voivat hyödyntää suunnittelu- ja konstruointiongelmien ratkaisemisessa. (Hevner ym. 2004; Järvinen ja Järvinen 2004.)



Kuva 1: Tutkimusotteet (Järvinen ja Järvinen 2004).

Järvinen (2005) ohjeistaa tutkimusmetodia valittaessa tarkastelemaan tutkimuskysymystä. Tutkimus kuuluu todennäköisesti suunnittelutieteellisen tutkimuksen piiriin, jos tutkimuskysymys sisältää verbejä rakentaa, muuttaa, parantaa, vahvistaa, korjata tai arvioida. Jos tutkimuskysymys sisältää verbin arvioida, on kysymys arviointitutkimuksesta, muuten on kysymys



innovaation toteuttamistutkimuksesta tai toimintatutkimuksesta. Tässä opinnäytetyössä parannetaan olemassa olevaa suorituskykytestauspalvelua, joten opinnäytetyö kuuluu suunnitellutieteellisen tutkimuksen alueeseen.

Kirjallisuuskartoituksen tarkoitus määräytyy valittavan tutkimusotteen pohjalta. Kirjallisuuskartoituksella kootaan tietoa jo olemassa olevista tutkimuksista ja pyritään muun muassa selvittämään mitä aiheesta on jo kirjoitettu. Näin voidaan varmistaa esimerkiksi että tutkimusalueesta on kirjoitettu riittävästi teorioita johon tutkimus voidaan perustaa, ja ettei tutkimus yritä ratkaista ongelmaa joka on jo ratkaistu. (Hirsjärvi ym. 2006.)

Käsitteiden määrittelyllä selkeytetään lukijalle tutkimuksen termistöä. Suorituskykytestauskirjallisuudessa käsitteet eivät ole kovin vakiintuneita. Esimerkiksi suorituskykytestauksella voidaan tarkoittaa kaikkia kohteen suorituskyvyn testaukseen liittyviä toimia, kuten kuormitustestausta, tai sillä voidaan tarkoittaa ainoastaan kohteen suorituskyvyn selvittämistä. Tiettyjen käsitteiden vakiintumattomuus saattaa myös aiheuttaa haasteita tekstin sisällön ymmärtämisessä. Joissain artikkeleissa esimerkiksi englanninkielisellä termillä ”goal” tarkoitetaan suorituskykytestauksen tavoitetta, eli toivottavaa lopputulosta, ja joissain artikkeleissa termillä tarkoitetaan suorituskykytestauksen hyväksymiskriteeriä, eli vaadittavaa lopputulosta.

Tässä opinnäytetyössä käytetään seuraavassa taulukossa kuvattuja Microsoftin (2007) sekä Iyerin, Babitan ja Nakulin (2005) määrittelemiä suorituskykytestauksen yleisimpiä käsitteitä.

Käsite	Määrittely
Suorituskykytestaus	Järjestelmän nopeuden ja tehokkuuden testaukseen liittyvät toimenpiteet. Suorituskykytestauksella tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkia järjestelmän suorituskyvyn testaamiseen liittyviä testaustapoja.
Kuormitustestaus	Tutkitaan järjestelmän käyttäytymistä suuren kuormituksen alla.
Stabiilisuustestaus	Tutkitaan miten järjestelmä käyttäytyy kun siihen kohdistetaan pitkään kestävää kuormitusta.
Kapasiteetti	Suurin mahdollinen kapasiteettimäärä joka järjestelmäkomponentin käytössä on. Esimerkiksi palvelimen prosessorin teoreettinen kapasiteetti on 100 % ja muistin 8 GB.
Resurssiutilisaatio	Paljonko resurssin kapasiteetista on käytössä. Esimerkiksi palvelimen prosessorikäyttö voi olla 90 %.
Vastausaika	Aika joka kestää käyttäjän lähettämän komennon kulkiessa järjestelmään ja takaisin.
Suorituskykymittari	Järjestelmän suorituskyvyn mittauskohde jonka mittausarvojen perusteella voidaan arvioida järjestelmän suorituskyky.
Suorituskykyvaatimus	Järjestelmää sitovista sopimuksista tai muista vastaavista saatava vaatimus jonka täyttymättä jääminen siirtää järjestelmän julkaisua.
Suorituskykytavoite	Mittauksen arvotaso jonka tarkastelun kohteen toivotaan saavuttavan. Suorituskykytavoitteesta jääminen ei välttämättä johda järjestelmän

	julkaisun viivästämiseen.
Suorituskyvyn tavoitearvo	Toivottu mittausten arvotaso tiettyjen olosuhteiden vallitessa.
Suorituskyvyn raja-arvo	Mittausten raja-arvo jonka mukaan määritetään hyväksyttävä suorituskyky. Esimerkiksi palvelimen prosessorikäytön tavoitearvo voi olla 85 % ja raja-arvo 98 %.
Suorituskykytestauksen tavoite	Suorituskyvyn testaamiselle asetettu tavoite, esimerkiksi että järjestelmän toiminta pitää testata pitkäkestoisella testillä.

Taulukko 1: Käsitteet

Tässä suunnittelutieteellisenä tutkimuksena toteutettavassa opinnäytetyössä sovelletaan Järvisen ja Järvisen (2004) tutkimusprosessia:

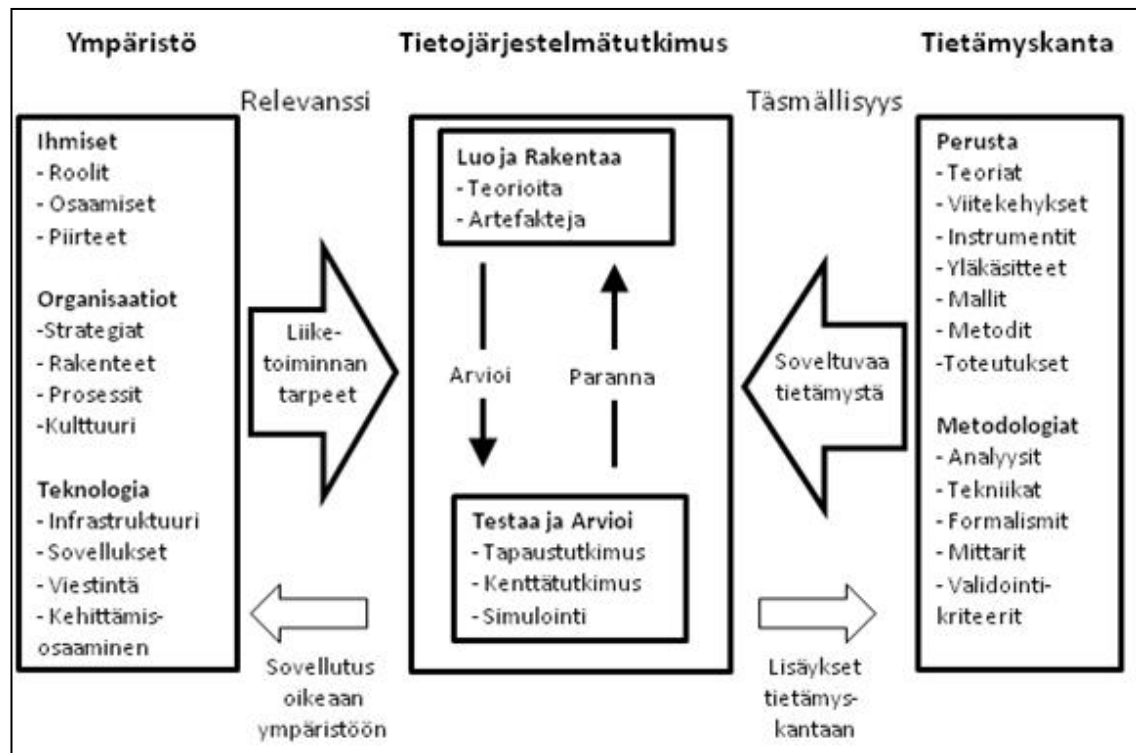
- 1 Tutkimusidea ja aiheen valinta
- 2 Kirjallisuuskartoitus
- 3 Tutkimusaiheen tarkennus ja tutkimusmetodin valinta
- 4 Materiaalin analysointi ja teoreettisen viitekehityksen rakentaminen
- 5 Ongelman määrittely, tavoitetilan suunnittelu ja tavoitetilan toteutus palvelun kehittämisen menetelmillä
- 6 Palvelun kehittämisen tulosten arviointi
- 7 Tutkimuksen arviointi
- 8 Tutkimuksen esittely

Tämän opinnäytetyön idea lähti tutkijan omassa organisaatiossa havaituista kehittämiskohdeista. Organisaation suorituskykytestauspalvelu ei tutkijan mielestä toimi niin hyvin kuin se voisi toimia. Suorituskykytestauspalvelun toimivuus ja laadukkuus on edellytys hyvälle palvelulle ja palvelun markkinoinnille. Tutkimuksen tekemiseen valittiin suunnittelutieteellinen tutkimustapa. Tutkimuksen teoreettinen viitekehitys rakennettiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen ja palvelun kehittämisen teorioihin pohjautuen.

Suorituskykytestauksen kirjallisuuskartoituksella ja analysoinnilla rakennettiin vertailukohta suorituskykytestauspalvelun kehittämiseksi tutkimalla suorituskykytestauksen parhaita menetelmiä. Suorituskykytestauspalvelun nykytilan analysoinnin pohjalta määritettiin kehittämistoimenpiteet. Kehittämistoimenpiteinä rakennettiin uusi palvelukonsepti, jonka osatuotoksina rakennettiin menetelmä suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämiseen ja analysointiin. Tutkimusta arvioitiin Hevnerin ym. (2004) sekä Järvisen ja Järvisen (2004) suunnittelutieteellisen tutkimuksen hyvyyskriteereihin verraten. Tutkimus esiteltiin Laurea ammattikorkeakoulussa Espoon Leppävaarassa.

#### 4 Suunnittelutieteellinen tutkimus

1990-luvulle asti informaatiotieteiden tutkimuksessa keskityttiin enemmän järjestelmien kehittämisen metodeihin. Iivari (1991) tarkasteli tietojärjestelmien tutkimusta konstruktiivisesta näkökulmasta ja aloitti suunnittelutieteellisen tutkimuksen peruskäsitteiden ja tutkimustapojen määrittelyn. Nunamaker, Chen ja Purdin (1991) esittivät tietojärjestelmätieteen tutkimuksen lähestymistavat: teorian rakennus, kokeilut, tarkkailu ja järjestelmän kehittäminen. March ja Smith (1995) luokittelivat suunnittelutieteellisen tutkimuksen neljäksi toimintoksi. Hevner ym. (2004) jatkoivat rakentamalla suunnittelutieteellisen tutkimuksen viitekehyksen ja ohjeet tutkimuksen tekemiselle. Lisäksi tutkimuksia ovat täydentäneet mm. Järvinen (2007 b) sekä Järvinen ja Järvinen (2004). Suunnittelutieteellistä tutkimusta voidaan tarkastella esimerkiksi Hevnerin ym. (2004) rakentaman viitekehyksen avulla.



Kuva 2: Informaatiotieteiden tutkimuksen viitekehys (Hevner ym. 2004).

Tietojärjestelmätutkimusta ohjaa toisaalta relevanssi, tutkimuksen soveltaminen oikeaan liiketoimintaympäristöön, ja toisaalta täsmällisyys, joka tarkoittaa sitä että tutkimusta tulee tehdä ennalta määritettyihin metodologioihin ja teorioihin perustuen. Näin menettelemällä parannetaan sekä varsinaista tutkimuksen kohdeympäristöä että tapaa tehdä tutkimusta. Tutkimuksen lähtökohtana on liiketoimintaympäristö joka koostuu ihmisistä, liiketoimintaorganisaatiosta ja teknologioista. Ihmisten roolit, osaamiset ja erityispiirteet, tutkimuksen koh-

teena olevan organisaation rakenteet, prosessit, strategiat ja kulttuurit sekä näitä tukevat teknologiat muodostavat tutkimuksen kohteen. Liiketoiminnan tarpeita ja vaatimuksia tarkastellaan suhteessa tutkimuksen kohdeympäristöön. (Hevner ym. 2004.)

March ja Smith (1995) luokittelivat suunnittelutieteellisen tutkimuksen neljä toimintoa; 1) rakentaminen, 2) arviointi, 3) teorian luonti ja 4) teorian testaus, sekä neljä tuotosta; 1) konstrukti, 2) malli, 3) menetelmä ja 4) toteutus. Tutkimuksessa rakennetaan artefakti, jonka toiminnan hyvyttä arvioidaan soveltuvilla välineillä, kuten kenttätutkimuksella. On tärkeää myös tarkastella miksi rakennettu artefakti toimii tai ei toimi. Sen perusteella voidaan rakentaa ja testata uusia teorioita. Rakenteet muodostavat tutkimuksen kohdealueen käsitteistön. Malleilla määritellään rakenteiden välisiä suhteita ja niillä voidaan kuvata tutkimuksen kohdealuetta. Menetelmillä määritetään prosessit joita käytetään halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Toteutukset ovat lopputuloksia, esimerkiksi käyttöönotettuja tietojärjestelmiä.

Tutkimus tarkastelee kohdeympäristön tilaa, ongelmia ja kehittämiskohteita tietämyskannan välineiden, kuten teorioiden ja menetelmien avulla. Tutkimuksella pyritään luomaan innovaatioita, artefakteja, tiettyihin tarkoituksiin. Artefaktilla voidaan esimerkiksi pyrkiä ratkaisemaan kohdeympäristön ongelma kuten huonosti toimiva tietojärjestelmä, jota kehittämällä voitaisiin tehostaa organisaation toimintaa. Tutkijan on ymmärrettävä kohdeympäristö, sen asettamat vaatimukset sekä tutkimuksen kohteenä oleva ongelma. Jos ympäristöä ja sen ongelmaa ei ymmärretä riittävän hyvin, voi tuloksena olla artefakti joka ei täytä tarkoitustaan eli korjaa ympäristön ongelmaa. (Hevner ym. 2004; Järvinen ja Järvinen 2004.)

Tutkimuksen soveltaminen parantaa oikeaa liiketoimintaympäristöä ja tutkimuksen tarkastelu ja arviointi tuo lisää tietoa tutkimukseen ja kasvattaa tietämyskantaa. Kehitetyt artefaktit perustuvat suunnittelutieteen ydinteoriaan. Teoriat on tallennettu tietämyskantaan muiden suunnittelutieteellisen tutkimuksen peruspalikoiden ja työvälineiden kanssa. Tutkimuksen perustan muodostavat teoriat, viitekehykset, työkalut, käsitteistöt, mallit, metodit ja toteutukset. Työvälineet ovat tutkimuksen teon apuvälineitä, kuten analyysijä, tekniikoita, mittareita ja arviointikriteereitä. (Hevner ym. 2004.)

#### 4.1 Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tuloksia

Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tavoitteena on luoda artefakteja, innovaatioita, joiden avulla ideoista, käytännöistä ja teknologisista mahdollisuuksista voidaan kehittää tuotteita ja palveluita. Artefaktien tarkoituksena on tehostaa organisaation toimintaa ja toimintatapoja

yhdistäen tehokkuuden ja vaikuttavuuden sekä informaatiojärjestelmien käytettävyyden. Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tulokset ovat konstruktaje eli yläkäsitteitä, malleja, metodeja tai toteutuksia. Yläkäsitteet ja mallit kuvaavat systeemin lähtö- ja tavoitetiloja ja metodit askelia joilla päästään alkutilasta tavoitetilaan. Toteutukset ovat valmiiksi rakennettuja artefakteja, esimerkiksi kokonaan uusia järjestelmiä tai parannuksia aiemmin rakennettuihin artefakteihin. (March ja Smith 1995.)

Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan March ja Smith tarkoittavat artefaktilla teknistä innovaatiota. Järvinen (2007 a) sekä Järvinen ja Järvinen (2004) täydentävät Marchin ja Smithin määritelmää lisäämällä artefaktin tarkasteluun myös inhimilliset ja tiedolliset resurssit. Heidän tarkoituksensa on hyväksyä konstruktivisen tutkimuksen piiriin kaikki hyödyllisyyttä painottavat innovaatiot. Järvisen (2007 a) mukaan tutkimuksen tulokset voivat olla myös uusia ominaisuuksia teknisille, sosiaalisille tai informaatioresursseille. Järvinen ja Järvinen (2004) painottavat lisäksi suunnittelutieteellisen tutkimuksen periaatetta jonka mukaan rakennettavan innovaation tulisi olla uusi innovaatio tai merkittävästi parantaa olemassa olevaa artefaktia.

Marchin ja Smithin (1995) sekä Hevnerin ym. (2004) mukaan suunnittelutieteellisen tutkimuksen tarkoituksena on luoda jotain innovatiivista tai kehittää vanhaa. Van Aken (2005) tarkastelee suunnittelutieteellistä tutkimusta myös sen kehittämisen näkökulmasta ja lisää tutkimuksen päämääriin tutkimusprosessin ja tutkimusmenetelmien kehittämisen. Hänen mukaansa kehittyneemmillä menetelmillä ja välineillä voidaan tehdä parempaa tutkimusta. Järvinen ja Järvinen (2004) tulkitsevat van Akenin kolmijakoa siten, että kohteen suunnittelu on lopputuloksen suunnittelua ja määrittelyä, prosessin suunnittelussa tarkastellaan sitä millä resursseilla tulos saadaan aikaan, ja toteutuksen suunnittelussa tarkastellaan sitä miten alkutilasta päästään haluttuun lopputilaan.

Hevner ym. (2004) mukaan artefaktin rakentaminen, siis organisaation määritetyn ongelman ratkaiseminen ja arviointi lisää ymmärrystä ja tietämystä ongelman ympäristöstä ja ratkaisusta. Heidän mukaansa suunnittelutieteellisen tutkimuksen tuotoksena ei siis saada pelkästään ratkaisua tiettyyn ongelmaan, vaan tutkimusprosessin ja tulosten tarkastelun tuotoksena myös tutkimuksen kehittämiseen liittyvää tietoa.

## 4.2 Tutkimustulosten arviointi

Suunnittelutieteellisessä tutkimuksessa kehitetään uusia innovaatioita tai parannetaan nykyisiä artefakteja. Tutkimuksen tuloksia arvioidaan suhteessa sekä asetettuihin vaatimuksiin että olemassa oleviin teorioihin ja tutkimuksiin. Arvioinnissa tarkastellaan toisaalta sitä onko kehitetty jotain todella uutta tai parannettu merkittävästi jotain olemassa olevaa, ja toisaalta sitä onko työllä kytkentää suunnittelutieteellisiin teorioihin. Suunnittelutieteellinen tutkimuksen alkutilasta, kohdeympäristön ongelmasta, pyritään tutkimuksen menetelmin pääsemään tavoitetilään, jossa kohdeympäristön ongelma on ratkaistu. Vertaamalla lähtötilanteen ja lopputilanteen eron suuruutta voidaan todeta täyttikö rakennettu innovaatio asetetut tavoitteet vai ei. (Hevner ym. 2004; Järvinen ja Järvinen 2004; March ja Smith 1995.)

Marchin ja Smithin (1995) mukaan tuloksia tulisi arvioida innovaation tehokkuuden ja vaikuttavuuden, sekä sen ympäristölle ja käyttäjille tuottaman arvon ja hyödyllisyyden mukaan. Marchille ja Smithille (1995) riittäisi että uusi innovaatio toimii, Hevnerin ym. (2004) mukaan innovaation pitää tuottaa riittävästi hyötyä tai olla riittävän innovatiivinen saadakseen hyväksynnän suunnittelutieteellisen tutkimuksen saavutukseksi. Innovaation arviointi tai vertailu muihin innovaatioihin ei ole yksinkertaista, koska innovaation toimintaa arvioidaan sen toimintaympäristössä ja tietyssä käyttötarkoituksessa. Ympäristöriippuvuuden vuoksi muiden innovaatioiden arviointikriteereitä ei välttämättä voida soveltaa juuri tähän tilanteeseen.

Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tuloksia voidaan arvioida esimerkiksi tutkimalla tapaus-tutkimuksen avulla toimiiko innovaatio kohdeympäristössä niin kuin sen on ajateltu toimivan. Rakennettavan artefaktin vaatimukset tulevat tutkimuksen kohdeympäristöstä. Rakentamalla soveltuva mittaristo arviointia varten, voidaan verrata artefaktin onnistumista suhteessa asetettuihin tavoitteisiin ja arvioida täyttikö artefakti tarkoituksensa. Tutkimuksen tulosten lisäksi tulee myös arvioida siihen johtanut tutkimusprosessi. Tutkimusprosessin arvioinnilla pyritään todentamaan että tutkimus täyttää suunnittelutieteelliselle tutkimukselle asetetut vaatimukset. (Hevner ym. 2004; Järvinen ja Järvinen 2004; March ja Smith 1995.)

Muun muassa Hevner ym. (2004) sekä Peffers, Tuunanen, Rothenberger ja Chatterjee (2007) painottavat suunnittelutieteellisen tutkimuksen eroavan tavallisesta järjestelmien kehittämisestä esimerkiksi siten että tutkimuksen tulee perustua aiempiin teorioihin, tutkimuksen tulosten pitää olla hyödynnettävissä laajemmaltikin ja tutkimuksen ja sen tulosten hyvyys pitää pystyä arvioimaan. Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tarkoituksena ei siis ole esimerkiksi vain rakentaa jotain, vaan rakentaa jotain mikä merkittävästi parantaa rakentamisen kohdetta ja tuo uutta ymmärrystä tieteen käyttöön.

Edellä kuvattua ohjeistusta noudattaen voidaan varmistaa tämän työn olevan tieteellistä työtä. Opinnäytetyössä tehtävä konstruktion kehittämistyö perustuu suorituskkytestauksen ja palvelun kehittämisen teorioihin ja noudattaa suunnittelutieteellisen tutkimuksen toimintamallia. Vertaamalla konstruktioita suorituskkytestauskirjallisuuden parhaisiin menetelmiin voidaan arvioida kehittämisen tulosten hyvyys. Tutkimuksen hyvyys voidaan varmistaa käyttämällä määriteltyjä suunnittelutieteellisen tutkimuksen menetelmiä. Opinnäytetyössä rakennettava konstruktio ei ole ympäristöriippuvainen, vaan sitä voidaan soveltaa tutkimuksen kohdeympäristön lisäksi myös muihin samankaltaisiin ympäristöihin. Sitä voidaan sellaisenaan soveltaa käytäntöön, jolloin sen toiminta ja hyvyys on mahdollista arvioida.

#### 4.3 Ohjeet suunnittelutieteelliselle tutkimukselle

Hevner ym. (2004) listaavat seitsemän ohjetta suunnittelutieteellisen tutkimuksen tekemisen avuksi. Hevner ym. (2004) painottavat ohjeiden olevan suuntaa antavia, joita tutkijan tulee soveltaa tilannekohtaisesti. He toisaalta painottavat että jokaista kohtaa tulisi soveltaa jollain tavalla jotta tutkimus täyttäisi hyvän suunnittelutieteellisen tutkimuksen kriteerit.

Ohje	Kuvaus
1. Suunnittele artefakti	Tutkimuksessa tulee suunnitella artefakti jonka toteuttamisella voidaan osoittaa sekä suunnitteluprosessin että lopputuloksen toimivuus.
2. Painota suunnittelussa liiketoimintaongelman relevanttiutta	Suunnittelussa tulee painottaa liiketoimintaongelman merkityksellisyttä. Tutkimus on merkityksellistä jos se ratkaisee tutkimuksen kohteen hyödyntäjien, kuten toteuttajien ja käyttäjien tavoitteet.
3. Osoita artefaktin relevanssi arvioimalla	Artefaktin merkityksellisyys tulee osoittaa arvioimalla. Oikein suunniteltujen ja määriteltyjen arviointimetodien avulla voidaan riittävällä tarkkuudella osoittaa artefaktin hyödyllisyys, laatu ja vaikutus.
4. Tuota tutkimuksella uutta tietoa, uusia menetelmiä tai merkittävä artefakti	Artefaktia tulee arvioida muun muassa sen toiminnallisuuden, suorituskkyvyn, käytettävyyden, kohdeympäristöön sopivuuden ja tieteellisen tarkkuuden perusteella. Artefaktin on ensisijaisesti ratkaistava kohdeympäristön ongelma, mutta artefaktin hyödynnettävyyttä muualla kuin kohdeympäristössä voidaan myös arvioida.
5. Painota tutkimuksessa tieteellistä tarkkuutta	Tutkimuksen tulisi tuottaa selkeästi ja täsmällisesti kuvattua uutta tietoa ja ymmärrystä suunnitellun artefaktin, konstruointitietämyksen ja mahdollisesti suunnittelua koskevien metodologioiden alueella. Artefaktin kehittämisessä ja arvioinnissa tulisi käyttää tarkkoja ja relevantteja tutkimusmenetelmiä. Tutkimuksen täsmällisyys ja luotettavuus tulisi perustaa tietämiskannan teoriapohjaan ja tutkimusmenetelmiin. On siis valittava juuri tutkittavaan kohdeympäristöön ja kohteeseen sopiva työskentelymetodi ja arviointivälineet.
6. Tarkastele suunnitteluprosessia ratkaisujen etsintäprosessina	Tutkimusprosessissa käytettävissä olevilla toimenpiteillä ja resursseilla haetaan ratkaisua tutkimusongelmaan reunaehtojen, kuten kohdeympäristön aiheuttamien rajoitusten puitteissa. Tämä edellyttää riittävää tietämystä sekä tutkimuksen lähtötilanteesta että ta-

	voitetilasta. Vaikka suunnittelutieteellisessä tutkimuksella ei välttämättä löydetä heti parasta ratkaisua, voidaan iteratiivisuudella löytää lopulta riittävän hyviä ja käyttökelpoisia artefakteja.
7. Esittele uudet tulokset sekä tutkijayhteisöille että hyödynnäjäyhteisöille	Tutkimuksen tulokset tulee esitellä sekä tietoteknisestä näkökulmasta teknisille asiantuntijoille ja tutkijoille että liiketoiminnallisesta näkökulmasta kohdeorganisaation johdolle ja päätöksentekijöille. Esittelyssä kuvataan miten artefakti on saatu aikaan, miksi se on toteutettu ja miten se toimii. Esittämällä artefaktin arviointiin ja evaluointiin käytetyt menetelmät voidaan varmistaa että tutkimuksen toistaminen on mahdollista. Tulosten esittelyn tarkoituksena on lisätä olemassa olevaa tietämystä tutkimuksen kohteesta ja tutkimusmenetelmistä ja näin kasvattaa tietämuskantaa.

Taulukko 2: Ohjeet suunnittelutieteellisen tutkimuksen tekemiselle.

#### 4.4 Suunnittelutieteellisen tutkimuksen prosessi

Suunnittelutieteellisen tutkimuksen prosessin kulkua ovat kuvanneet muun muassa March ja Smith (1995), Nunamaker ym. (1991) sekä Järvinen ja Järvinen (2004). Edellä mainittuja yhdistelemällä oman prosessimallinsa on rakentanut Peffers ym. (2007). Yksinkertaisimmillaan suunnittelutieteellisen tutkimuksen prosessi koostuu rakentamis- ja arviointivaiheista (March ja Smith 1995). Rakentamisvaiheessa suunnitellaan ja toteutetaan artefakti tiettyä tarkoitusta varten, esimerkiksi ratkaisemaan jonkin kohdeorganisaation ongelma ja arviointivaiheessa arvioidaan sekä rakentamisen lopputuloksen hyvyttä että siihen johtaneen prosessin hyvyttä. (Hevner ym. 2004; March ja Smith 1995).

Järvisen ja Järvisen (2004) innovaation toteuttamisprosessissa lähdetään tutkimusideasta joka on ratkaisu johonkin kohdeympäristössä havaittuun ongelmaan tai puutteeseen. Määrittelyvaiheessa kuvataan tavoitetila, eli millainen kohdeympäristön ongelman ratkaiseva innovaatio olisi. Toteutusvaiheessa innovaatio, esimerkiksi suorituskykytestauspalvelu, rakennetaan määrittelyvaiheessa kuvatun tavoitetilan mukaiseksi. Rakentamisessa on huomioitava kehittämis-kohteen ympäristö ja sen resurssit. Innovaation tulee siis täyttää juuri kyseisen ympäristön määrittämät vaatimukset. Tavoitetilan on oltava saavutettavissa, joten tavoitetilan määrittely pitääkin sovittaa käytettävissä oleviin resursseihin. Rakentamisvaiheen menetelmänä voidaan käyttää esimerkiksi Järvisen ja Järvisen (2004) esittelemää ongelmareduktion heuristiikkaa, jossa pääongelma ratkeaa jakamalla pääongelma osaongelmiin ja ratkaisemalla ne.

Hevnerin ym. (2004) mukaan arviointi on kriittinen tutkimusprosessin vaihe. Vertailemalla artefaktin onnistumista suhteessa asetettuihin tavoitteisiin, voidaan arvioida täyttikö artefakti tarkoituksensa. Esittelemällä tutkimuksen tulokset sekä liiketoimintaan suuntautuneelle yhteisölle että teknisesti suuntautuneelle yhteisölle, voidaan sekä todentaa tutkimuksen on-



nistuminen että jakaa tutkimuksen tulokset edelleen hyödynnettäviksi. (Hevner ym. 2004; March ja Smith 1995.)

Tutkijoiden käyttämät prosessit eivät kovin suuresti toisistaan eroa. Peffers ym. (2007) käyttämä tutkimusprosessi on yhdistelmä edellä mainituista tutkimusprosesseista:

- 1 Ongelman kartoitus ja siihen rakennettavan ratkaisun arvon ja tärkeyden määrittely
- 2 Ratkaisun tavoitetilan määrittely
- 3 Artefaktin suunnittelu ja toteutus
- 4 Artefaktin käytön demonstrointi
- 5 Artefaktin ongelmanratkaisukyvyyn arviointi ja mittaaminen
- 6 Tutkimustulosten esittely.

#### 4.5 Suorituskykytestauspalvelun kehittämistarpeet ja -toimenpiteet

Suorituskykytestaus on asiantuntijapalvelua joka vaatii paljon räätälöintiä ja asiakkaan tiivistä osallistumista. Yksi suorituskykytestauksen edellytyksistä on tuloksellinen yhteistyö asiakkaan kanssa palvelun tuottamisessa. Asiakas on usein palvelun osatuottajana osallistumalla palvelun tuotantoprosessiin (Grönroos 2009). Suorituskykytestauspalvelussa asiakas muun muassa toimittaa testauksessa tarvittavia tietoja ja avustaa tietyissä testauksen vaiheissa.

Tässä tutkimuksessa asiakkaalla tarkoitetaan kohdejärjestelmän suorituskyvyn tai sen testaamisen kanssa tekemisissä olevia henkilöitä, eli testauksen sidosryhmiä. Sidoryhmät ovat mukana suorituskykytestauspalvelua, jolloin sidoryhmien osaaminen, toiminta ja sitoutuminen vaikuttavat merkittävästi testauksen onnistumiseen. Sidoryhmien osaamista ja testauksen kohdejärjestelmän tuntemusta tarvitaan muun muassa tietojen keräämisessä, tietojen analysoinnissa, testauksen tulosten analysoinnissa sekä testausympäristöjen rakentamisessa. Sidoryhmät ovat 1) testattavan järjestelmän loppukäyttäjä, 2) järjestelmän liiketoiminnan edustaja, 3) järjestelmän kehitysprojektin projektipäällikkö, 4) palvelin-, tietoliikenne- ja sovelluskehitysasiantuntijat.

Seuraavassa on listattu nykyisen Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelun kehittämiskohteet:

- 1 Sidoryhmien tehtävien ja vastuiden epätarkkuudet vaikuttavat työskentelyn tehokkuuteen ja laatuun, aiheuttamalla esimerkiksi epähuomioissa suorittamatta jääneitä tehtäviä.

- 2 Sidosryhmien riittämätön testauksen kohdejärjestelmän tai suorituskykytestauksen tuntemus voivat aiheuttaa epärealistisia odotuksia suorituskykytestausta kohtaan tai puutteellista valmistautumista ja sitoutumista. Tämä voi haitata esimerkiksi testauksessa tarvittavien riittävän laadukkaiden tietojen keräämistä ja hyödyntämistä ja suorituskykytestausta avustavia tehtäviä, kuten tietoliikenneporttien avauksia.
- 3 Järjestelmäympäristön ja järjestelmän käytön tietojen keruu on edellytys onnistuneelle suorituskykytestaukselle. Kerättävien tietojen pitää olla täsmällisiä ja oikeellisia, ja tietoa pitää olla riittävästi. Tietoja on myös osattava hyödyntää oikein.
- 4 Järjestelmän suorituskykyyn tai sen testaamiseen kohdistuvia toiveita ja vaatimuksia ei tunnisteta tai niitä ei saada hyödynnettyä oikein
- 5 Suorituskykytestauksen palveluprosessia ja palvelukonseptia tulisi parantaa. Kehityskohteita ovat suorituskykytestausprosessin selkeyttäminen ja dokumentointi, yksittäisten palvelutapahtumien tavoitteiden ja tulosten tarkentaminen, palvelutapahtumien osallistujien roolien ja tehtävien selkeyttäminen sekä suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämisen kehittäminen.

Suorituskykytestauspalvelun kehittämistoimenpiteiksi määriteltiin 1) palvelukonseptin rakentaminen, 2) palveluprosessin selkeyttäminen ja kuvaaminen, 3) palvelutapahtumien selkeyttäminen ja palvelutapahtumien tavoitteiden kuvaaminen, 4) tietojen keräysmenetelmän kehittäminen.

Tässä opinnäytetyössä suorituskykytestauspalvelua kehitettiin seuraavasti:

- 1 Analysoitiin suorituskykytestauspalvelun nykytila ja suunniteltiin kehittämistoimenpiteet
- 2 kartoitettiin suorituskykytestauskirjallisuus parhaiden menetelmien löytämiseksi
- 3 rakennettiin suorituskykytestauksen palvelukonsepti ja menetelmä suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämiseen ja analysointiin
- 4 arvioitiin tutkimuksen tulosten hyvyttä vertaamalla niitä sekä suorituskykytestauksen parhaisiin menetelmiin että palvelun kehittämisen onnistumiseen
- 5 esiteltiin tutkimus Laurea-ammattikorkeakoulussa Espoon Leppävaarassa.

## 5 Tietotekniikan asiantuntijapalvelu perinteisen palvelun näkökulmasta

Palveluiden merkitys taloudessa kasvaa jatkuvasti. On melkein mahdotonta olla törmäämättä päivittäin jonkin tyyppiseen palveluun. Palvelua on esimerkiksi se kun asiakas nauttii kahvin ja leivoksen kahvilassa. Asiakas valitsee mieleisensä leivoksen, maksaa ostoksen kassalle ja nauttii ostoksensa kahvilan miljöössä. Asiakkaan kokeman kahvihetkeen liittyvät palvelun monet osat, kuten asiakas, palveluhenkilö, kahvilan tilat, maksaminen ja kahvihetkestä saatu elämys. Asiakkaat hakevat palveluilta entistä kiehtovampia kokemuksia, kokonaisvaltaisempia ratkaisuja ja enemmän lisäarvoa. Tavallisen palvelun tarjoaminen ei enää riitä, vaan palveluyritysten pitäisi tarjota parempia tai kokonaan uusia palveluita, olla jatkuvasti askeleen edellä kilpailijoita, ja samalla tarjota juuri sitä mitä asiakkaat haluavat ja odottavat. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008; Ojasalo ja Ojasalo 2009.)

Esimerkiksi kahvilassa asiointi on palvelua jonka on perinteisesti käsitetty tarkoittavan palvelua; palvelua jossa asiakas nauttii sekä palvelun lopputuloksesta, kahvista, että palveluprosessista, kahvilassa istumisesta. Palveluilla on tiettyjä ominaisuuksia joiden perusteella ne erotetaan fyysisistä tuotteista. Tietotekniikassa toinen, täysin erilainen näkökulma palveluihin on tietokoneiden toisilleen tuottamat, ilman ihmisten myötävaikutusta tapahtuvat palvelut. Tietotekniikassa palvelu voidaan siis käsittää sekä perinteisenä ihmisten toisilleen tuottamana että laitteiden toisilleen tuottamana palveluna. (Alter 2008a; Grönroos 2009.)

Vaikka ihmisten tuottavat tietotekniikkapalvelut eroavatkin perinteisestä palvelusta, voidaan niissä nähdä myös samoja piirteitä. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan perinteisen palvelun ominaisuuksia ja sisältöä, koska tämän opinnäytetyön palvelun tarkastelussa halutaan painottaa suorituskäytännössä tiedon keräämisen ja hyödyntämisen näkökulmaa. Opinnäytetyössä kuvataan ensin perinteisen palvelun ominaisuuksia ja osia, ja verrataan sitten perinteisen palvelun ominaisuuksien soveltuvuutta tietotekniikan asiantuntijapalvelun tarkasteluun. Huolimatta palvelun kontekstista, on palveluiden kehittämisessä olennaista tunnistaa missä, milloin ja miten palveluista voidaan tehdä arvokkaampia sekä palvelun tuottajille että palvelun asiakkaille. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008, Alter 2008a.)

### 5.1 Yleisiä palvelun määritelmiä ja ominaisuuksia

Palvelun käsitteen määrittely riippuu sen kontekstista. Grönroos (2009) määrittelee palvelun aineettomista toiminnoista koostuvaksi prosessiksi, jonka tarkoituksena on tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Lisäarvo syntyy sekä prosessin lopputuloksesta että itse palveluprosessista, johon

vaikuttaa mm. asiakkaan ja palveluntarjoajan vuorovaikutustilanteet. Fitzsimmons ja Fitzsimmons (2008) määrittelevät palvelun hyödykkeeksi joka on aikaan sidottu aineeton kokemus ja joka tuotetaan yhteistyössä asiakkaan kanssa. Edvardssonin ja Olssonin (1996) määritelmässä palvelu on prosessimuotoinen sarja lisäarvoa tuottavia aktiviteetteja, jonka tarkoituksena on pyrkiä ratkaisemaan asiakkaan ongelma tai tyydyttämään asiakkaan tarve.

Palvelun määritelmistä voidaan tunnistaa monia palveluille ominaisia piirteitä, kuten aineettomuus, erottamattomuus, palvelusta saatava hyöty, palvelun prosessiluontoisuus sekä asiakkaan osallistuminen palvelun tuottamiseen. Aineettomuus tarkoittaa sitä että palveluja ei voi nähdä tai koskettaa ennen niiden hankkimista, toisin kuin fyysisiä tuotteita. Vaikka fyysiset resurssit kuten toimitilat tai ravintolan ruoka ovat oleellinen osa palvelua, palvelut itsessään ovat aineettomia, esimerkiksi ideoita tai konsepteja. Palvelun ominaisuudet erottavatkin ne fyysisistä tuotteista, kuten esimerkiksi autosta. Grönroosin (2009) mukaan aineettomuus ei tosin erota palvelua fyysisistä tuotteista niin paljon kuin kirjallisuudessa väitetään. Fyysisetkin tuotteet eivät välttämättä ole pelkästään konkreettisia. Esimerkiksi auto ei ole pelkästään tuote, vaan kun sitä käytetään kulkuvälineenä, sen käyttämisestä voidaan saada statusarvoa. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008; Grönroos 2009.)

Erottamattomuus tarkoittaa sitä että palvelut ovat aikaan sidottuja, eli ne tuotetaan ja kulutetaan samanaikaisesti. Palvelua ei voi tuottaa etukäteen, vaan se syntyy juuri siinä tilanteessa kun asiakas palvelun kuluttaa. Erottamattomuus voi aiheuttaa mm. palvelun laatuvaihteluita, koska asiakkaan kokema palvelu voi olla seuraavalla kerralla erilaista tai asiakas voi kokea sen eri tavoin. Erottamattomuus johtaa myös siihen että palvelu on myös pakko käyttää silloin kuin se tuotetaan. Esimerkiksi lentokoneen tyhjää penkkiä ei voida myydä enää koneen lähdeTTYä. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008; Grönroos 2009.)

Ainutlaatuisuus tarkoittaa jokaisen palvelutapahtuman ja palvelukokemuksen ainutkertaisuutta. Jokainen palvelu tuotetaan yksilöllisesti asiakkaalle, joka johtaa siihen että palvelu koetaan erilailla palveluntarjoajasta, ajasta, paikasta tai jopa asiakkaan odotuksista ja mielialasta riippuen. Kun palvelu on kerran tuotettu, sitä ei voi samanlaisena enää uudestaan tuottaa. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008; Grönroos 2009.)

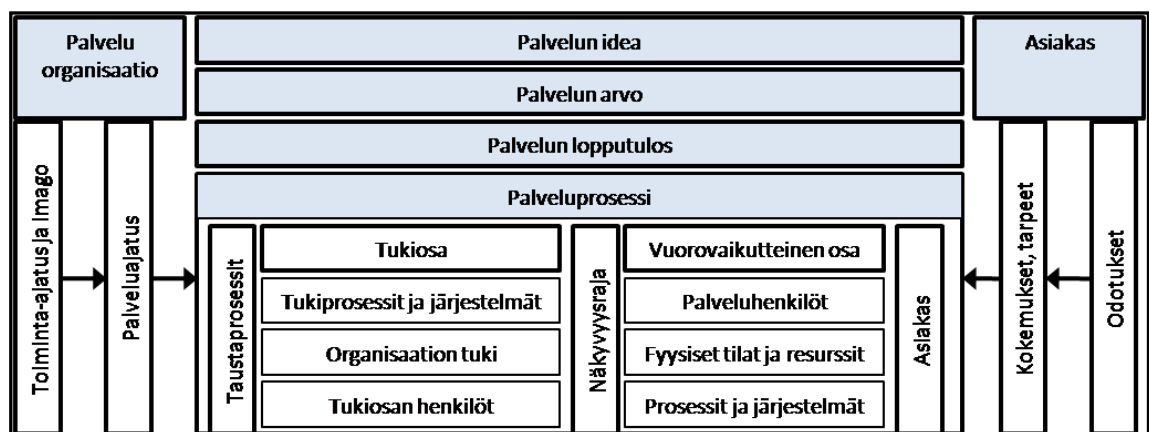
Grönroosin (2009) mukaan palveluiden tärkein piirre on niiden prosessiluonne. Palveluprosessissa pyritään yhteistyössä asiakkaan kanssa tuottamaan asiakkaan toiveiden ja vaatimusten mukaista palvelua. Palveluprosessiin kuuluvat kaikki palvelun tuottamiseen liittyvät henkilöt ja asiat, kuten palvelutilat. Palvelulla voi olla muitakin ominaisuuksia, kuten uudelleenkäyt-

töarvo. Vaikka kerran vastaanotettua palvelua ei voida käyttää uudestaan, voidaan sitä myöhemmin hyödyntää. Esimerkiksi oppituntia ei voi toistaa sellaisenaan, mutta tunnilla tapahtunut oppiminen on käytössä myös tulevaisuudessa. (Grönroos 2009; Sipilä 2003.)

Palvelun perimmäisenä tarkoituksena on tuottaa asiakkaalle lisäarvoa, hyötyä, palvelun käyttämisestä. Hyöty voi olla esimerkiksi paikattu hammas tai elokuvakokemus. Asiakas on siis palvelun kohde. Sen lisäksi että asiakas on palvelun kohde, asiakas myös osallistuu palvelun tuotantoprosessiin tekemällä itse joitain palvelun toimintoja. Asiakas esimerkiksi kertoo lääkärille tuntemistaan sairauden oireista, jolloin asiakas toimittaa palvelun kannalta tärkeää tietoa palveluhenkilölle ja palveluprosessille. Asiakas voi myös osallistua palvelun markkinoinnissa kertoessaan palveluun liittyvistä kokemuksistaan. (Grönroos 2009; Edvardsson 1998.)

## 5.2 Palvelun osat

Palvelun osia ja sisältöä voidaan kuvata alla olevalla palvelun viitekehysellä (Kuva 1). Palvelu koostuu palvelun ideasta, arvosta, lopputuloksesta ja palveluprosessista. Palvelu pyrkii vastaamaan asiakkaan tarpeisiin ja odotuksiin. Palveluorganisaation tarkoituksena on tuottaa tiettyä palvelua. Palvelu tuotetaan palveluprosessissa, jonka vuorovaikutteisessa osassa muodostuu mm. asiakkaan palvelukokemus. Asiakkaalle näkymätön tukiosa tarjoaa puitteet palvelun muodostumiselle. (Grönroos 2009; Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008.)



Kuva 3: Palvelun viitekehys (muokattu Grönroos, 2009)

Edvardssonin (1998) mukaan palvelu koostuu kolmesta tekijästä, palvelun tuloksesta asiakkaalle, palveluprosessista asiakkaan näkökulmasta sekä palvelun mahdollistavista tekijöistä. Palvelun tuloksella tarkoitetaan asiakkaan palvelusta saamaa konkreettista lopputulosta, kuten esimerkiksi paikattua hammasta. Palveluprosessissa asiakas suorittaa tiettyjä toimintoja

osana kokonaisprosessia ja on siis mukana tuottamassa palvelua ja samalla arvoa itselleen. Palvelun arvolla tarkoitetaan konkreettisen lopputuloksen lisäksi sitä miten asiakas kokee palvelun. Asiakkaan kokemus palvelusta sen tuottamisen aikana vaikuttaa siihen onko asiakas tyytyväinen palveluun.

### 5.3 Palvelukonsepti

Palvelukonsepti on kuvaus sekä tarpeista jotka palvelun on tarkoitus tyydyttää että siitä miten tarpeet tulee tyydyttää. Palvelukonsepti kuvaa palvelun ideaa, arvoa, lopputulosta, palvelukokemusta ja palveluoperaatiota. Clarkin, Johnstonin ja Shulverin (2000) mukaan palvelukonsepti voidaan nähdä palvelun tavoitetilana; asiakkaiden, työntekijöiden ja omistajien yhtenevänä näkemyksenä palvelun olemuksesta ja luonteesta, eli millaista palvelua yritys tarjoaa ja mitä asiakkaat palvelulta voivat odottaa. Palvelun tuottamisessa ja kehittämisessä palvelukonsepti toimii linkkinä asiakkaan odotusten ja palvelua tuottavat organisaation tarjonnan välissä. Kun asiakas tietää mitä palvelua on odotettavissa, ei huonosta palvelusta johtuva pettymys ole niin iso.

Palvelun idealla, palveluajatuksella tarkoitetaan sitä mitä palvelulla halutaan tarjota ja mikä vuoksi palvelu on olemassa. Palveluajatuksella kuvataan sitä miksi palvelu on olemassa, siis mikä palvelun sisältö on ja mitä hyötyä asiakas siitä saa. Palvelun idean määrittäminen auttaa sekä asiakasta ymmärtämään mitä palvelua hän on ostamassa että palveluorganisaatiota keskittymään oikeanlaisen palvelun tuottamiseen. (Clark ym. 2000; Grönroos 2009.)

Palvelun arvo asiakkaalle on palvelusta saatava konkreettinen tulos ja palveluprosessin laatu suhteutettuna palvelun hintaan ja hankinnan kustannuksiin. Palvelun tuloksella tarkoitetaan asiakkaan palvelusta saamaa konkreettista lopputulosta, kuten esimerkiksi paikattua hammasta. Palvelusta syntyy siis asiakkaalle lisäarvoa, esimerkiksi jotain jota asiakas ei itse pysty tekemään tai ei osaa tehdä. Asiakas ei osta varsinaista palveluita vaan siitä saatavia hyötyjä, ei siis osteta siivouspalvelua vaan siisti koti. Palvelun hankkimiseksi asiakkaan on nähtävä vaivaa tai maksettava palvelusta korvaus. Palvelusta koituu siis asiakkaalle kustannus, joka voi olla esimerkiksi palvelusta maksettu korvaus tai sen hankkimiseksi nähty vaiva. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008; Grönroos 2009.)

Palvelun arvoon vaikuttavat myös asiakkaan odotukset. Asiakas odottaa tulevalta palvelulta tiettyä hyötyä tai kokemusta muun muassa aiemmin palvelusta kuulemiinsa kommentteihin perustuen. Palvelun arvo rakentuu siis myös siitä ylittääkö palvelu asiakkaan odotukset vai ei.

Keskitasoinen palvelu voi yllättää asiakkaan jos hän on odottanut paljon vähemmän, ja toisaalta hyväkään palvelu ei riitä jos asiakkaan odotukset ovat liian korkeat. Tasaista laatua tarjoava palvelu ei tuota asiakkaallensa pettymyksiä, varsinkaan jos palveluyritys ei markkinoi palveluaan liian suurin lupauksin. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008; Grönroos 2009.)

Palveluprosessi on koko palvelun ydin. Sen avulla tuotetaan palvelun lopputulos ja sen aikana syntyy asiakkaan kokemus palvelusta. Palveluprosessissa palveluun osallistuvat henkilöt käyttävät työvälineitä ja materiaaleja tietyn toimintoketjun mukaisesti tuottaessaan palveluita asiakkaalle. Palveluprosessia voidaan tarkastella sekä asiakkaan näkökulmasta että palvelun tuottajan näkökulmasta. Asiakkaan näkökulmasta palvelu on sarja tapahtumia joissa palvelu koetaan ja jonka seurauksena palvelun lopputulos syntyy. Palvelun tarjoajan näkökulmasta palveluprosessi on palvelun tuottamista asiakkaalle. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008).

Palveluprosessin laadukkuus on edellytys hyvälle palvelulle. Koska palveluprosessissa tapahtuu vuorovaikutteista toimintaa asiakkaan ja palveluhenkilön välillä, on prosessin laadukas toiminta ensiarvoisen tärkeää asiakkaan kokeman palvelun ja siitä saamansa tuloksen kannalta. Palveluprosessissa tapahtuva vuorovaikutteinen toiminta voi olla esim. hotelliyöpymisen maksaminen vastaanottotiskillä. Samanaikaisesti asiakkaalle näkymättömänä palvelun tukitoimintana hotellin tietojärjestelmä merkitsee huoneen maksetuksi. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008; Edvardsson 1998.)

Asiakas on mukana palveluprosessissa suorittaen tiettyjä palvelun toimintoja, samalla siis tuottaen palvelua ja arvoa itselleen. Asiakkaan osallistumisella on palvelun onnistumisen kannalta sekä negatiivisia että positiivisia vaikutuksia. Asiakkaan osallistuminen aiheuttaa palvelutapahtumien ennakoimattomuutta, mutta toisaalta mahdollistaa henkilökohtaisemman ja laadukkaamman palveluun. Onnistuneella asiakasprosessin määrittelyllä ja suunnittelulla voidaan paremmin ohjailta asiakkaan tehtäviä ja toimintaa, ja näin varmistaa laadukkaamman palvelun toteutuminen. Asiakkaan osallistuminen lisää palvelun tuottavuutta ja joustavuutta, ja vaikuttaa myös asiakkaan kokemaan laatuun. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2006.)

Palvelukokemuksella tarkoitetaan asiakkaan välitöntä kokemusta ja kohtelua palveluprosessissa. Fitzsimmonsin ja Fitzsimmonsin (2006) mukaan palvelutapahtumassa voi olla kolmen tyyppisiä vuorovaikutustilanteita eli palvelukokemuksia. Suorassa kontaktissa asiakas on itse osallisena palvelutapahtumassa ja tekee itse toimenpiteitä palvelun tuottamiseksi. Epäsuorassa kontaktissa asiakas käyttää palvelua ilman suoraa asiakaskontaktia, esimerkiksi puhelimen

välityksellä. Ilman asiakaskontaktia tapahtuva palvelu on esimerkiksi hotellihuoneen varaus internetin kautta. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2006.)

Palvelukokemukseen vaikuttaa esimerkiksi asiakkaan kokema hyöty palvelun käyttämisestä, palveluprosessin henkilökohtaisuus ja asiakaspalvelijoiden ammattitaito, kohteliaisuus ja joustavuus. Palvelukokonaisuuden onnistumiseen vaikuttavat lisäksi asiakkaalle koituvat kustannukset palvelun hankkimisesta. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2006.)

Edvardsson ja Olssonin (1996) mukaan palvelun laatu on sitä miten palvelu täyttää asiakkaiden, työntekijöiden ja omistajien tarpeet ja odotukset. Asiakkaan näkökulmasta tarkasteltuna palvelun laatuun vaikuttaa sekä palvelun lopputulos että palveluprosessin laatu. Palvelun kokonaislaatu kokemuksesta syntyy lopputuloksesta, palveluprosessista sekä yrityksen imagosta. Palveluprosessilla voidaan vaikuttaa palvelun kokonaislaatuun, mutta sillä ei pystytä pelastamaan palvelua jos sen konkreettinen tulos ei tyydytä. Huono palvelu voi pilata kahvilakäynnin huolimatta siitä että pulla oli erinomaista, mutta hyväkään asiakaspalvelu ei pelasta pettymykseltä jos pulla on kuivaa ja vanhaa. (Edvardsson ja Olsson 1996; Grönroos 2009.)

Grönroos (2009) viittaa British Airwaysin 1980-luvulla tekemään tutkimukseen jossa on listattu palvelun laadun kokemiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen mukaan asiantuntijapalvelun kannalta tärkeitä laatutekijöitä ovat muun muassa:

- Asiakkaan pitää tuntea että palveluorganisaatio paneutuu hänen ongelmiensa ratkaisemiseen.
- Palveluhenkilöiden pitää oma-aloitteisesti lähestyä asiakasta ja ottaa hoitaakseen heidän ongelmansa.
- Palveluhenkilöiden pitää osata hoitaa tehtävänsä sovitun laatutason mukaisesti.
- Yrityksen pitää reagoida nopeasti jos jotain odottamatonta tapahtuu tai jos jotain menee pieleen. (Grönroos 2009.)

Saman tutkimuksen mukaan laadukkaan palvelun ominaisuuksia ovat mm. ammattimaisuus ja taidot, asenteet ja käyttäytyminen, lähestyttävyyys ja joustavuus sekä luotettavuus. Yksi mielenkiintoinen palvelun laatu tutkimuksen opetus on se, että koska asiakkaat osallistuvat palvelun tuottamiseen, pitää heitä johtaa laatua tuottavina resursseina. Palveluyrityksen on ohjattava asiakasta läpi tuotantoprosessin, jottei asiakas vahingossa tai tietämättään toimi tavalla joka vaikuttaa palvelun laatu heikentävästi. Asiakkaille pitääkin siis viestiä mitä heiltä odotetaan ja kannustaa heitä toimimaan oikealla tavalla. (Grönroos 2009.)



#### 5.4 Tietotekniikan asiantuntijapalvelu

Palvelua on perinteisesti tarkasteltu näkökulmasta jossa ihminen tarjoaa palvelua toiselle ihmiselle, ja jossa palvelusta erotetaan fyysinen tuote. Tietotekniikassa toinen, täysin erilainen näkökulma palveluihin on tietokoneiden toisilleen tarjoamat palvelut, jotka tapahtuvat ilman ihmisten vaikutusta prosessiin. Tietotekniikassa palvelu voidaan siis käsittää sekä perinteisenä ihmisten toisilleen tuottamana palveluna että näkymättömänä laitteiden toisilleen tarjoamana palveluna. Toisaalta tietoteknisiä palveluita käsitellään usein kokonaisuutena, jossa perinteinen palvelu - tuote vastakkainasettelu ei ole niin selkeä. Kokonaisuuteen kuuluu sekä fyysinen tuote, kuten sovellus, sekä varsinainen ihmisen tuottama palvelu, kuten sovelluksen käytön opettaminen ja tukeminen. (Alter 2008 a, Grönroos 2009.)

Fitzsimmons ja Fitzsimmons (2006) jaottelevat palveluita eri luokkiin kahden palveluprosessiin vaikuttavan ulottuvuuden kautta, työvoimaintensiivisyyden sekä vuorovaikutuksen ja räätälöinnin mukaan. Työvoimaintensiivisissä palveluissa työkustannukset ovat suuret verrattuna pääomakustannuksiin. Toinen ulottuvuus on palvelun räätälöintiaste. Hotellissa asiakkaat saavat suhteellisen samanlaista palvelua verrattuna esimerkiksi tietotekniikan asiantuntijapalveluun, jossa jokainen asiakas saa erilaista palvelua. Palvelun räätälöinti ja vuorovaikutteisuus vaikuttavat siihen kuinka yksilöllistä palvelua asiakas saa ja kuinka paljon asiakas voi palvelun luonteeseen. Asiantuntijapalveluissa palvelun tuottaja esimerkiksi tarvitsee asiakkaan kertomia tietoja palvelun toteuttamiseen. Asiantuntijapalvelut kuuluvat siis korkean työvoimaintensiivisyyden ja korkean vuorovaikutuksen ja räätälöinnin luokkaan.

Asiantuntijapalveluun liittyy tietoon, taitoon ja osaamiseen pohjautuva tietyn alan erikoisosaaminen, jonka hyödyntämisellä tuotetaan palvelun lisäarvo. Asiantuntijapalveluita ei niinkään osteta kustannussäästön tai mukavuuden takia vaan tietyn ongelman ratkaisemiseksi. Asiakas ei itse osaa ratkaista jotain erityistä ongelmaa, vaan käyttää asiantuntijan palveluita. Asiantuntijapalvelu on usein iteratiivista, jolloin palvelun alkutilanteessa lopputulos ei välttämättä ole tiedossa, vaan etsintäprosessin avulla kartoitetaan ja ratkaistaan asiakkaan ongelma. Ratkaistavat ongelmat ovat usein sidoksissa kohdeympäristöönsä ja asiantuntijapalvelut tuotetaankin usein räätälöidysti läheisessä palveluntarjoajan ja asiakkaan yhteistyössä. Palveluntuottajan tulisi ajatella ongelmaa asiakkaan näkökulmasta ja ohjaamaan asiakasta ratkaisun kannalta oikeaan suuntaan. (Sipilä 1996; Lehtinen ja Niinimäki 2005.)

Palveluilla on perinteisten määrittelyiden mukaan tiettyjä ominaisuuksia kuten aineettomuus, erottamattomuus ja katoavaisuus, joiden perusteella ne eroavat tuotteista. Muun muassa Fitzsimmons ja Fitzsimmons (2008) ovat lisäksi painottaneet että palvelun tuottamisessa tar-

vittavat fyysiset tuotteet ovat vain apuvälineitä varsinaisen palvelun tuottamiseksi. Vargo ja Lusch (2004) kuitenkin kritisoivat perinteisiä määritelmiä toteamalla että palvelun ominaisuudet eivät välttämättä erotakaan niitä tuotteista, ja jos erottavat, pätevät nämä määritelmät lähinnä tehtaassa valmistettuihin tuotteisiin verrattaessa. Myös monilla erilaisilla määritelmillä ja tyypittelyillä on pyritty erottelemaan palveluita ei-palveluista.

Alter (2008 a) pyrkii palvelun määritelmässään eroon palveluiden ja ei-palveluiden tiukasta rajaamisesta ja määrittelee palvelun olevan toimintaa joka tuotetaan jollekin toiselle joka toiminnasta hyötyy. Tietokoneiden välisissä palveluissa joku toinen on ihmisen sijasta laite. Alter (2008 a, 2008 b) jakaa tietojärjestelmien palvelukäsitteen tarkastelun neljään luokkaan, 1) tietotekniikan avustamiin palveluihin, 2) palvelukeskeiseen järjestelmäarkkitehtuuriin, 3) tietotekniikasta riippuvaisiin työsystemeihin, sekä 4) palvelun arvoketjuihin.

Kaksi ensimmäistä luokkaa edustavat puhtaasti teknistä näkökulmaa. 1) Tietotekniikan avustamissa palveluissa tarkastellaan tietojärjestelmiä, jotka tuottavat palveluita suoraan asiakkaalle, esimerkiksi matkalippuautomaatteja. 2) Palvelukeskeisessä järjestelmäarkkitehtuurissa eri tietojärjestelmien komponentit ja prosessit toimivat itsenäisinä ja avoimina palveluina. Komponentit voivat pyytää palveluita toisilta komponenteilta, esimerkiksi kun matkalippusovellus tarvitsee hintatietoja tietokannasta, sen ei itse tarvitse niitä hakea vaan se voi pyytää niitä tietokantapalvelulta. Palvelukeskeisen arkkitehtuurin idea on siinä että matkalippusovelluksen tarvitse välittää millaisia tietoja kannassa on, sen pitää vain tietää ennalta määrätty pyyntö jolla tietoja kysytään. (Alter 2008 a, 2008 b.)

Tietotekniikan avustamat työsystemit ja palvelun arvoketjut kuvaavat tietotekniikkapalveluita sosioteknisestä näkökulmasta. Sosioteknisessä näkökulmassa tietotekniikan hyödyntäminen on sidoksissa sosiaaliseen ympäristöön. Esimerkiksi tietotekniikan hyödyntäminen tapahtuu osana organisaatiota, ihmisten työn tärkeänä apuvälineenä. 3) Alterin (2008 a) määrittelemässä työsystemissä ihmiset ja laitteet tekevät työsuorituksia tiedon, teknologian ja muiden resurssien avustaminen tuottaen palveluita tai tuotteita sisäisille tai ulkoisille asiakkaille. 4) Tietotekniikan palvelun arvoketjumalli muistuttaa läheisesti perinteistä palvelun mallia, jossa asiakkaan kanssa yhteistyössä tuotetaan lisäarvoa asiakkaalle. (Alter 2008 a, 2008 b.)

Jotkin tietotekniikan palvelun arvoketjun ominaisuuksista eroavat perinteisistä määrittelyistä. Palveluprosessissa sekä asiakkaan että palveluntarjoajan pitää tuntea palveluympäristö hyvin, jotta tiedetään mitä palvelulta halutaan ja mitä sillä voidaan saavuttaa. Asiakas saamaan hyötyyn vaikuttaa, kuten perinteisessäkin palvelussa, palvelukokonaisuus aktiviteetteineen,

kokemuksineen ja vastuineen joihin asiakas liittyy palvelua hankkiessaan. Asiantuntijapalvelun tarve lähtee usein asiakkaan tilauksesta, kun useissa perinteisissä palveluissa palvelu on jo valmiiksi tarjolla. Toisin kuin perinteisissä palveluissa, asiakas ei välttämättä saa hyötyä samaan aikaan kun palvelu tuotetaan vaan hyöty voi tulla myös myöhemmin, esimerkiksi rakennetun sovelluksen tuottaman rahan muodossa. Asiantuntijapalveluissa tarvitaan usein myös jälkihoitoa, esimerkiksi sovelluksen ylläpitoa. (Alter 2008 a, 2008 b.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tietotekniikan asiakaspalvelua myös perinteisestä näkökulmasta. Vaikka tietotekniikan palveluiden perimmäisenä tarkoituksena ei olekaan asiakkaan palveluprosessista saama hyvä mieli, on asiakkaan merkitys palvelun lopputuloksen kannalta merkittävä. Edellä kuvatut palvelun ominaisuudet ja piirteet on määritelty kuvaamaan lähinnä perinteisiä palveluita, mutta samoja piirteitä voidaan nähdä myös tietotekniikan asiantuntijapalvelussa. Seuraavassa taulukossa verrataan miten edellä kuvatut palvelun piirteet ja ominaisuudet sopivat tietotekniikan asiantuntijapalveluun.

Perinteinen palvelu	Tietotekniikan asiantuntijapalvelu
Palvelu on aineetonta toimintaa, sitä ei voi nähdä eikä koskea ennen kuin se tapahtuu	Vaikka asiantuntijapalvelussa on mukana fyysisiä elementtejä kuten sovellukset tai muut laitteet, on itse palvelu tuottajan asiantuntemukseen perustuvaa. Asiantuntemus annetaan palveluprosessin käyttöön juuri tiettyinä aikana, eikä sitä voida etukäteen toimittaa.
Palvelu on prosessi jossa asiakas on mukana tuottamassa palvelua.	Asiantuntijapalvelut koskevat usein rajattua ympäristöä josta palvelun tilaajalla, asiakkaalla on tietoa jota asiantuntijalla ei ole. Asiakkaalla on siis usein rooli palvelun tuottamisessa.
Palvelut ovat aikaan sidottuja, eikä niitä saa takaisin kun ne on kerran tuotettu.	Asiantuntijapalvelut räätälöidään ympäristökohtaisesti, eikä yleensä samaa palvelua voida tuottaa uudestaan samanlaisena
Palvelut ovat ainutkertaisia ja ne koetaan yksilöllisesti eri tavoin.	Palveluntuottaja ja asiakas tuottavat asiantuntijapalvelu yhteistyössä. jolloin asiakas kokee palvelun yksilöllisesti myös palveluprosessin kautta. Vaikka asiakkaan palvelukokemuksella ei olekaan niin suurta merkitystä kuin perinteisissä palveluissa, voi asiakkaan kokemus palvelusta vaikuttaa asiakkaan antamaan panokseen palvelun toteutumiseksi.
Palvelulla voi olla uudelleenkäyt-	Asiantuntijapalvelulla ei välttämättä ole kovin suurta

töarvoa.	uudelleenkäyttöarvoa, mutta usein toimittaessa tiiviissä yhteistyössä palvelun tuottamiseksi, saattaa asiakas oppia jotain myös palvelun tuottajan osaamisalueelta ja näin saada palvelulle uudelleenkäyttöarvoa.
Palveluprosessin lisäarvo syntyy sekä palvelun lopputuloksesta että palveluprosessin kokemisesta.	Asiantuntijapalveluiden suurin lisäarvo syntyy lopputuloksesta eikä prosessin kokemisella ole suurta merkitystä. Toisaalta palvelu tarvitsee onnistuakseen asiakasta ja huonoksi koettu palveluprosessi saattaa aiheuttaa sen ettei asiakkaalta saada täyttä panosta palvelun toteutumisen auttamiseksi.

Taulukko 3: Palvelun ominaisuudet asiantuntijapalvelussa

### 5.5 Palvelun kehittämisen menetelmät

Asiantuntijapalveluiden erityishaasteena on esimerkiksi tutkittavan ongelman abstraktius. Asiakas ei välttämättä aluksi edes tiedä mihin ongelman haetaan ratkaisua. Ongelmanratkaisu koskee yleensä hyvin yksilöllistä ympäristöä johon ei suoraan voida soveltaa yleisiä ratkaisumalleja. Palveluntarjoajalla on usein asiakasta enemmän osaamista ja asiantuntemusta kyseisen ongelman ratkaisusta, mutta palveluntarjoajan pitää pystyä vakuuttamaan asiakas omasta ammattitaidostaan ja kyvystä ratkaista ongelma. Asiantuntijapalvelun kulkua tai kustannuksia ei aina voida määrittää etukäteen, koska palveluun vaikuttavia tekijöitä on paljon ja ongelmaratkaisuun tarvittava työmäärä ei alussa ole välttämättä tiedossa. (Sipilä 1996.)

Palvelun kehittämisen yhtenä tavoitteena on kuroa umpeen asiakkaan odotusten ja organisaation tarjonnan välinen kuilu. Organisaation pitäisi tuottaa sitä mitä asiakas haluaa ja kun asiakas tietää mitä organisaatiolla on tarjolla, ei asiakas pety saamaansa palveluun. Palvelun kehittämiseen ja tuottamiseen haasteita aiheuttaa se että asiakkaan kokemus palvelusta ja se mitä asiakas käsittää lisäarvona voi vaihdella riippuen asiakkaasta ja jopa saman asiakkaan kokemana eri päivinä. (Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008.)

Palvelun kehittäminen ei ole yksinkertaista ja suoraviivaista. Edvardssonin, Haglundin ja Mattsonin (1995) mukaan ei ole mahdollista rakentaa mitään yleispätevää kehittämisen mallia, vaan menetelmiä pitää soveltaa tilanteen mukaan. Liian epämääräinen kehitysidea ja kontrolloimaton eteneminen kehitysprojektissa hidastavat kehitysprojektin valmistumista. Toisaalta vapaammin toimittaessa saatetaan löytää aivan uusia ideoita ja innovaatioita. Uuden palvelun kehittämisessä tulisi käyttää järjestelmällistä ja kuvattua etenemistapaa ja määritellä kehitysidea riittävän tarkasti, jotta kehitystoimenpiteet voitaisiin kohdistaa oikeisiin asioihin.

Edvardsson ym. (1995) määrittävät palvelun kehitysprosessin vaiheiksi: idean kehittelyn, idean hyväksynnän, suunnittelun ja implementoinnin. Edvardsson, Gustafsson, Johnson ja Sanden (2000) kuvaavat palvelun kehittämisprosessia jatkuvana syklinä, joka koostuu palvelun nykytilan analyysistä, uuden konseptin kehittelystä, palveluprosessien ja resurssien määrittelystä sekä uuden palvelun ja organisaation nykyisten järjestelmien ja toimintamallien yhteensovittamisesta.

Palvelua tarkastellaan kokonaisuutena jossa jokainen palvelun osa vaikuttaa kokonaisuuteen ja palvelun onnistumiseen. Palvelun ominaisuudet aiheuttavat haasteita sekä palvelun tuottamiselle että sen kehittämiseksi. Alakosken (2008) mukaan asiakkailla on esimerkiksi erilaiset odotukset palvelua kohtaan, jolloin asiakkaan kokemusta palvelusta ei voida suunnitella tarkasti etukäteen. (Alakoski 2008; Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008.)

Palvelun tuloksen mittaaminen ja laadun tarkkailu on haastavaa muun muassa sen vuoksi että palvelut tuotetaan ja kulutetaan samanaikaisesti ja koska palvelun tulos on aineeton. Tosin palvelun lopputuloksen konkreettisuus auttaa sen objektiivista arviointia. Toiminnallisen laadun arviointi on hankalampaa, koska asiakkaat voivat kokea saman palvelun eri tavoin, ja koska asiakkaan mielialat ja vaikuttavat asiakkaan palvelukokemukseen. Myös yrityksen imago vaikuttaa asiakkaan odotuksiin ja näin myös palvelun laatuun. Asiakas ei myöskään voi testata palvelua etukäteen, vaan joutuu ostopäätöstä tehdessään luottamaan kokemukseensa. (Grönroos 2009; Edvardsson ja Olsson 1996.)

Palvelun kehittäminen voi koskea joko kokonaan uuden palvelun rakentamista tai olemassa olevan palvelun parantamista. Palvelun parantamisen ja uuden rakentamisen prosessit eroavat toisistaan lähinnä ensimmäisten vaiheiden osalta. Fitzsimmons ja Fitzsimmons (2008) mukaan palvelun kehittämisen vaiheet ovat:

- 1 Analysoidaan nykyisen palvelun kehittämistarpeet
- 2 ideoidaan ratkaisuja palvelun kehittämiseksi
- 3 suunnitellaan ja määritellään palvelun tavoitetilä parhaisiin ideoihin perustuen
- 4 rakennetaan palvelu julkaisuvalmiiksi
- 5 testataan palvelun toimivuus
- 6 julkaistaan palvelu
- 7 arvioidaan palvelun toiminta.

Tässä opinnäytetyössä käytetään palvelukehityksen menetelminä palvelukonseptin rakentamista ja palvelun mallintamista. Palvelukonsepti kuvaa palvelun tavoitetilaa sekä asiakkaan että palvelua tuottavan organisaation näkökulmasta. Tavoitteena on kuvata palvelu asiakkaan näkökulmasta sellaisena kuin asiakkaan halutaan se kokevan. Palvelukonsepti sisältää kuvauksen palvelukokemuksesta, palvelun arvosta ja lopputuloksesta sekä palveluoperaatiosta. Palvelukonsepti on kehitysprosessin kulmakivi konkretisoimassa rakennettavan palvelun päämäärää ja olemusta. (Goldstein, Johnston, Duffy, Rao 2002; Johnston ja Clark 2005.)

Palvelukonseptin avulla määritetään mitä palvelun kehittämisellä tavoitellaan ja miten tavoite saavutetaan, jolloin kehittämisen toiminnot saadaan pidettyä linjassa tavoitellun lopputuloksen kanssa. Kun tavoitetila on tiedossa, voidaan kehittämistoimet suunnata joka hetki tavoitetilan saavuttamiseen. Pyrkimällä koko suunnittelu ja toteutusprosessin ajan asiakkaan tarpeiden tyydyttämiseen, voidaan välttää kuilun syntyminen asiakkaan odotusten ja organisaation tarjonnan välille. (Goldstein, Johnston, Duffy, Rao 2002; Johnston ja Clark 2005.)

Palvelun mallintamisella kuvataan palveluprosessin toiminnot asiakkaan näkökulmasta siinä järjestyksessä kuin ne tapahtuvat. Siinä kuvataan asiakkaan toiminnot, palveluhenkilöstön näkyvät ja näkymättömät toiminnot sekä palvelua tukevat taustaprosessit. Lisäksi piirretään rajaviivat erottamaan palvelun vuorovaikutteinen osa taustaosasta. Vuorovaikutteisissa toiminnoissa asiakas on suorassa kanssakäymisessä asiakaspalvelijan kanssa, kun taustaosassa asiakkaan ja asiakaspalvelijan välillä ei ole suoraa kontaktia. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan palveluprosessia tiedon käsittelyn näkökulmasta, jolloin palvelun mallintamisella kuvataan palvelun kulku siihen osallistuvien henkilöiden ja siinä käsiteltävän tiedon näkökulmasta. (Bitner 2008; Fitzsimmons ja Fitzsimmons 2008.)

Opinnäytetyössä sovelletaan myös Parantaisen (2008) projektin toimintoihin liittyvää mallia kuvaamalla sillä palveluprosessin toimintoja. Jokaisesta toiminnosta kuvataan seuraavat asiat:

- Nimi, kuvaus sekä vaiheen tarkoitus
- toiminnon askeleet, eli kuvaus mitä toiminnossa tehdään
- toiminnon osallistujat ja tehtävät
- mitä lähtötietoja toiminnon suorittamiseksi tarvitaan ja mistä ne saadaan.

## 6 Järjestelmän suorituskyky testauksen näkökulmasta

Hannula ja Lönnqvist (2002) ovat organisaation suorituskyvyn mittausta tutkiessaan määritelleet suorituskyvyn olevan mittauskohteen kykyä saada aikaan tuloksia, siis tietyssä tilanteessa ja olosuhteissa tapahtuva paras mahdollinen suoritus. Suorituskyky on siis vertailua johonkin ennalta määritettyyn asiaan, kuten kohteen teoreettiseen maksimisuoritukseen. Suorituskyvyn mittausta on prosessi jonka tarkoituksena on määrittää tai ottaa selville jonkin mittauskohteen suorituskykyyn keskeisesti liittyvän ominaisuuden tila. (Hannula ja Lönnqvist 2002.) Pande ja Ganesan (2005) määrittelevät tietojärjestelmän suorituskyvyn sen kyvyksi suoriutua sille annetuista tehtävistä riittävän hyvin suhteessa vaatimuksiin, silloin kun järjestelmään kohdistuu käyttökuormitusta (Pande ja Ganesan 2005).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan järjestelmän suorituskykyä käyttäjän näkökulmasta. Käyttäjälle järjestelmän sisäisellä suorituskyvyllä tai tehokkuudella ei ole merkitystä, tärkeintä on että käyttäjä tuntee, näkee ja kokee järjestelmän olevan suorituskykyinen (Barber, 2007). Tällä tarkoitetaan sitä että tarkastelun kohteena on koko järjestelmän suorituskyky, eikä niinkään yksittäisen komponentin suorituskyky. Järjestelmän käyttäjälle suorituskyky on usein sitä kuinka nopeasti sovellus vastaa. Muun muassa Weiss (2008) suorituskyvyn tarkastelussaan muistuttaa että käyttäjän kokema vastausaika on paljolti myös psykologiaa.

Käyttäjän kokemaan vasteaikaan vaikuttavat muun muassa käyttäjän aiemmat käyttökokemukset ja se miten sovellus reagoi käyttäjän toimintaan. Esimerkiksi jos käyttäjä tietää että tietty toiminto kestää 10 sekuntia, hän ei odota vastausta kahdessa sekunnissa. Toisaalta kokenut käyttäjä tietää että internetsivu latautuu normaalisti kolmessa sekunnissa, ja turhautuu jos sivun latautuminen kestää yli 10 sekuntia. Käyttäjä ei välttämättä turhaudu jos sovellus esimerkiksi näyttäisi jäljellä olevan latausajan. Tässä tutkimuksessa ei tämän enempää perehdytä suorituskyvyn kokemisen psykologiaan, vaan tarkastellaan suorituskykyä täsmällisten mittareiden kautta. (Barber 2007; Weiss 2008.)

Suorituskyky on kykyä suoriutua vaatimusten mukaisesti, ennalta sovitusta tehtävistä, käytävissä olevilla resursseilla. Järjestelmän suorituskykyä suunniteltaessa ja rakennettaessa ei tarvitse pyrkiä parhaaseen mahdolliseen suorituskykyyn, eikä järjestelmän kokoa ja tehokkuutta kannata kasvattaa vain siksi että järjestelmä vastaa käyttäjälle hieman nopeammin (Barber 2007). Esimerkiksi pieni järjestelmä pystyisi myymään 5000 lippua tunnissa ja monia kertoja isompi pystyisi myymään miljoonia lippuja tunnissa. Mutta jos tavoitteena on myydä vain 5000 lippua tunnissa, ei isompaa järjestelmää kannata hankkia koska se on luonnollisesti myös kalliimpi. Järjestelmän suorituskykyä tarkastellaankin suhteessa 5000 lipun tuntikapasi-

teettiin ja siihen kuinka iso järjestelmä on varaa rakentaa. Suorituskykyä voidaan myös verrata kilpaileviin samantyyppisiin järjestelmiin tai saman järjestelmän aiempiin versioihin.

### 6.1 Suorituskyvyn mittareita

Järjestelmän suorituskyvyn mittareita ovat muun muassa vastausaika, saatavuus, välityskyky ja resurssien käyttöaste. Käyttäjä kokee järjestelmän suorituskyvyn vastausajan ja saatavuuden kautta; nämä mittarit vaikuttavat siis järjestelmän palvelukykyyn. Komponenttien välityskyky ja resurssien käyttöaste ovat järjestelmän sisäisiä tehokkuuden mittareita ja vaikuttavat välillisesti käyttäjän kokemaan suorituskykyyn. (Molyneaux 2009; Microsoft 2007.)

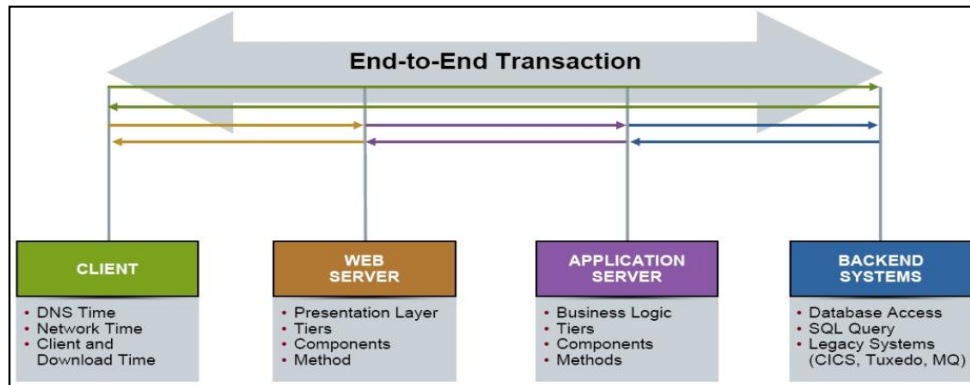
Molyneauxin (2009) mukaan välityskyvyllä tarkoitetaan sitä kuinka usein järjestelmään liittyvät tapahtumat ilmenevät, esimerkiksi montako hintakyselyä sovellus pystyy käsittelemään tietyssä ajassa. Tietoliikenteen välityskykyä voidaan mitata seuraamalla tietoliikennekomponentin välittämän datan määrää. Sovelluksen välityskyvyn mittari on sovelluksen käsittelemien toimintojen määrä, esimerkiksi tunnissa myytyjen matkalippujen määrä. Palvelinten ja sovellusalojen välityskyvyn mittareita ovat esimerkiksi tietokannan käsittelemien kyselyiden määrä sekunnissa tai massamuistin luku- ja kirjoitusoperaatioiden jonopituus.

Molyneauxin (2009) mukaan resurssin käyttöasteella tarkoitetaan sitä kuinka paljon resurssin teoreettisesta kapasiteetista on käytössä, eli mikä resurssin kuormitus on. Käyttöasteen ylittäessä tietyn rajan alkaa sen suorituskyky heikentyä. Palvelin voi toimia optimaalisesti kun muistista on käytössä 85 %, mutta kun muistia käytetään yli 90 %, käyttää palvelin nopean keskusmuistin ohella hitaampaa massamuistia jolloin suorituskyky heikkenee. Merkittävimpiä järjestelmän suorituskykyyn vaikuttavia resursseja ovat prosessori, muisti ja kiintolevy.

Suorituskyvyn testaamiseen liittyy myös järjestelmäresurssien skaalautuvuus, jolla tarkoitetaan järjestelmän kykyä käsitellä lisääntyvää kuormaa ilman että järjestelmän resursseja lisätään. Oletetaan että järjestelmää tulee käyttämään 1000 käyttäjää päivässä. Suorituskykytestauksella voidaan testata toimiiko järjestelmä vielä riittävän suorituskykyisesti kun järjestelmää käyttääkin 5000 käyttäjää päivässä. Skaalautuvuuden testauksella voidaan siis tutkia kuinka suuren kuorman järjestelmä kestää, ja käyttää näitä tietoja hyväksi esimerkiksi arvioitaessa tehokkaampien palvelinten hankinnan ajankohtaa. (Microsoft Corporation 2007.)



Vastausajalla tarkoitetaan aikaa joka kuluu järjestelmän vastatessa käyttäjän pyyntöön. Kuvan 4 esimerkissä kokonaisvastausaika muodostuu kolmesta osasta. Käyttäjän lähettämä pyyntö kulkee tietoliikenneverkkoa pitkin edustapalvelimen käsittelyyn. Edustapalvelin lähettää pyynnön sovelluspalvelimelle, josta pyyntö lähtee taustapalvelimille. Järjestelmän lähettämä vastaus kulkee päinvastaista reittiä takaisin käyttäjälle. (Molyneaux 2009; Microsoft 2007.)



Kuva 4: Vastausajan muodostuminen

Järjestelmän suorituskyky on kokonaisuuden suorituskykyä. Yksittäisten komponenttien vastausajan muodostumista ja oikeaa tasoa on hankala arvioida. Vastausaikaa tulisi tarkastella kokonaisuutena yhdessä muiden mittareiden kanssa, ja vasta tarvittaessa tutkia pienempiä järjestelmäkomponentteja. Järjestelmän vastausajan tarkasteluun liittyy myös järjestelmän saatavuuden mittaaminen. Saatavuudella tarkoitetaan sitä että järjestelmä on käytettävissä, eli suorituskyvyn näkökulmasta sitä että käyttäjä pystyy käyttämään järjestelmää riittävän tehokkaasti. Ei riitä että järjestelmä vastaa, vaan sen on vastattava kohtuullisessa ajassa. Järjestelmän saatavuuden vaatimus on usein kirjattu myös järjestelmää koskeviin sopimuksiin. Silloin saatavuudella voidaan tarkoittaa myös täydellisiä järjestelmän käyttökatoja jolloin järjestelmään ei saada edes yhteyttä. Sopimukseen voidaan kirjata esimerkiksi 99,99 % saatavuusvaatimus, joka tarkoittaa että järjestelmä voi olla pois käytöstä noin 50 minuuttia vuoden aikana ilman sanktioita. (Microsoft Corporation 2007; Vokolos ja Weyuker 1998.)

Järjestelmän käyttötarkoituksesta määrittää mitä mittareita suorituskyvyn arvioinnissa painotetaan. Esimerkiksi yksinkertaisen internetsivun suorituskykyä mitatessa ei tarvitse tietää mitä käyttäjät tarkalleen tekevät, riittää että tiedetään kuinka paljon käyttäjän kuormittavat yksittäisiä sivuja. Monimutkaisemmissa järjestelmissä on hyvinkin tärkeää tietää miten järjestelmän käyttö jakaantuu eri käyttötapauksen kesken. (Microsoft Corporation 2007; Vokolos ja Weyuker 1998.)

## 6.2 Suorituskykyyn vaikuttavat tekijät

Järjestelmän suorituskykyyn vaikuttavat suurin piirtein samat tekijät järjestelmän koosta tai käyttötarkoituksesta riippumatta. Jokainen järjestelmä on kuitenkin ainutlaatuinen kokonaisuus. Sen suorituskykyyn vaikuttavat 1) yksittäiset komponentit, 2) komponenttien yhteistointiminta, 3) järjestelmäympäristö, 4) käyttäjät ja 5) järjestelmän käyttötavat. Vaikka järjestelmän yksittäisten komponenttien tai osa-alueiden suorituskyky tunnettaisiinkin, ei kokonaisuuden suorituskykyä tiedetä ennen kuin järjestelmä on rakennettu ja suorituskykytestattu. Mitä monimutkaisempi järjestelmä on, sitä vaikeampaa järjestelmän kokonaissuorituskykyyn arviointi on. (Microsoft Corporation 2007; Vokolos ja Weyuker 1998; Molyneaux 2009.)

Järjestelmä koostuu tietoliikennelaitteistosta, palvelimista, sovellusalustoista ja sovelluksista. Yksittäisten komponenttien ominaisuuksilla on suuri merkitys järjestelmän kokonaissuorituskyvyssä, esimerkiksi sovelluspalvelimessa voi olla 10 gigatavua keskusmuistia tai tietokantapalvelin voi pystyä käsittelemään miljoonia transaktioita minuutissa. Järjestelmän suorituskyky on kuitenkin kokonaisuuden suorituskykyä. Se on sekä yksittäisten komponenttien suorituskykyä että niiden yhteistoiminnan suorituskykyä. (Iyer, Babita ja Nakul 2005.)

Järjestelmän suorituskyky voi olla tehokasta datan prosessointia tai nopeaa vastausaikaa järjestelmän käyttötarkoituksesta riippuen (Weiss 2008). Vastausaikakriittisessä järjestelmässä mitataan esimerkiksi latautuuko internetsivu nopeasti ja tehokkuuteen perustuvassa sitä saadanko tehtyä monimutkaisia laskelmia mahdollisimman tehokkaasti. Käyttäjän näkökulmasta ei ole merkitystä sillä miten nopeat tai tehokkaat järjestelmän yksittäiset komponentit ovat tai millainen järjestelmäarkkitehtuuri on. Käyttäjä kokema suorituskyky on koko järjestelmän suorituskykyä, jolloin kaikkien järjestelmän komponenttien pitää olla niin suorituskykyisiä että käyttäjälle näkyvä suorituskyky on riittävä. (Weiss 2008.)

Tietoliikenneverkon suorituskykyyn vaikuttaa tietoliikennelaitteiden, kuten palomuurien, reitittimien ja kuormantasainten koko ja tehokkuus. Tietoliikennearkkitehtuurin suorituskykyä voidaan tarkastella muun muassa tutkimalla mitä reittiä käyttäjän pyynnöt järjestelmälle kulkevat. Usein tietoliikennelaitteet palvelevat myös muita järjestelmiä, jolloin laitteiden läpi kulkeva datamäärä voi olla hyvinkin suuri. Jos tietoverkossa liikkuu paljon dataa, vaikuttaa se tietoliikennelaitteiden suorituskykyyn ja sitä kautta koko järjestelmän suorituskykyyn. Käyttäjälle näkyvään järjestelmän suorituskykyyn, vastausaikaan, vaikuttaa myös se mistä järjestelmää käytetään. Jos käyttäjä on fyysisesti pitkän matkan päässä järjestelmästä tai käyttää järjestelmää hitaiden tietoliikenneyhteyksien läpi, voi järjestelmän vastausaika olla hyvinkin pitkä. (Microsoft Corporation 2007; Vokolos ja Weyuker 1998; Molyneaux 2009.)

Tietoliikenteen suorituskyvyn mittareina ovat välityskyky ja vastausaika. Välityskyky on sitä kuinka paljon dataa tietoliikennekomponentti pystyy siirtämään, esimerkiksi montako megabittiä reitittimen läpi voi kulkea tietyssä ajassa. Vastausajalla tarkoitetaan tässä yhteydessä tietoliikenteen osuutta käyttäjän ja järjestelmän välisen liikenteen kokonaisvastausajasta. (Microsoft Corporation 2007; Molyneaux 2009.)

Järjestelmän palvelinlaitteiston tehokkuus, kuten palvelinten prosessoriteho tai muistikapasiteetti, vaikuttaa lähes suoraan järjestelmän suorituskykyyn. Uusimpien palvelinten prosessoriteho voi olla moninkertainen verrattuna muutamia vuosia vanhempiin palvelimiin. Yksittäisten palvelinten tehokkuus ei kuitenkaan auta jos palvelinten yhteistyö on tehotonta. Laitteistoarkkitehtuurin merkitys suorituskyvylle jää usein huomaamatta. Yleensä järjestelmän palvelimet asennetaan tietoliikenteellisesti lähellä toisiaan, jotta järjestelmän sisäinen kommunikointi ja datan siirto olisi mahdollisimman tehokasta. Järjestelmän suorituskyky voi heikentyä jos palvelimet joutuvat esimerkiksi siirtämään dataa pitkien tietoliikenneyhteyksien yli toiselle saman järjestelmän palvelimelle. (Microsoft Corporation 2007; Vokolos ja Weyuker 1998.)

Järjestelmän suorituskyky on komponenttien yhteistoiminnasta syntyvää suorituskykyä, ei niinkään yksittäisten komponenttien suorituskykyä. Huonosti suunniteltu ja rakennettu järjestelmä ei ole niin tehokas kuin yksittäisten komponenttien suorituskyvystä voitaisiin päätellä. Vaikka tietokanta pystyisikin käsittelemään miljoonia transaktiota, ei sillä ole merkitystä jos sovelluspalvelin pystyy syöttämään kantaan vain tuhansia transaktioita. Järjestelmän suorituskykyä heikentäviä komponentteja kutsutaan pullonkauloiksi. (Barber 2007; Microsoft Corporation 2007; Vokolos ja Weyuker 1998; Molyneaux 2009.)

Tärkeimmät palvelinten suorituskyvyn mittarit liittyvät muistin, prosessorin ja levyn käytön tehokkuuteen. Prosessorin suorituskykyä voidaan tarkastella mittaamalla prosessoriaikaa ja jonojen pituuksia. Prosessoriaika kertoo kuinka paljon prosessorin tehosta on käytössä. Vaikka se ei yksinään kerrokaan huonosta suorituskyvystä, voi se olla merkki jonkin toisen komponentin suorituskykyongelmasta. Prosessorin jonojen pituutta tarkkailemalla voidaan huomata liian pieni prosessorien tehokapasiteetti. Prosessorit eivät ehdi palvella kaikkia järjestelmän pyyntöjä ja suorituskyky kärsii. (Microsoft 2007.)

Muistin suorituskyvyn tärkeimmät mittauskohteet ovat vapaan muistin määrä sekä sivutustiedoston käyttömäärä. Jos järjestelmän käyttämän muistin määrä on suurempi kuin vapaana olevan keskusmuistin määrä, alkaa järjestelmä käyttää hitaampaa massamuistissa sijaitsevaa sivutustiedostoa. Sivutustiedoston käytön määrä viittaa siis liian pieneen muistin määrään.

Muistin määrän vähentyminen tai sivutustiedoston käyttö ei välttämättä suoraan johda suorituskykyongelmiin. Muistin mittareita seuraamalla voidaan myös huomata esimerkiksi muistivuoto. Muistin käyttö voi aiheuttaa suorituskykyongelmia myös jos käytettävissä on liian vähän kokonaismuistia. Mitä vähemmän kokonaismuistia on jäljellä, sitä enemmän palvelin pienentää nopean välimuistin määrää, jolloin palvelimen suorituskyky heikkenee.

Massamuistin, yleisemmin kiintolevyjen, vaikutusta suorituskykyyn voidaan seurata luku- ja kirjoitusoperaatioiden jonopituuden, levylukujen määrän sekä levynkäyttöön liittyvien siirtooperaatioiden määrän avulla. Levyn käyttäminen on hitaampaa kuin tietojen lukeminen keskusmuistista. Levyn aiheuttamat suorituskykyongelmat liittyvät usein levyn tarpeettomaan kuormittamiseen tai jonkinasteiseen levyn rikkoutumiseen. Levyn pirstaloituminen heikentää suorituskykyä, koska levyltä haettava tieto ei olekaan peräkkäin vaan useassa eri paikalla levyn pinnalla, ja joudutaan suorittamaan haku- ja lukuoperaatioita.

Palvelimen prosessien suorituskyvyn mittaaminen on tarpeellista, jos palvelimessa toimivan sovelluksen prosessien oletetaan toimivan tehottomasti. Esimerkiksi hotellihuoneita myyvän sovelluksen osat voivat toimia prosesseina, ja huonosti rakennettuina ne voivat toimia tehottomasti. Usein palvelimen suorituskykyongelmat löydetään muita mittareita tarkkailemalla, mutta myös yksittäisten prosessien muistin-, ja prosessorinkäyttöä seuraamalla voidaan löytää suorituskykyongelman alkuperä.

Järjestelmän ydin on sovellus joka tuottaa varsinaisen järjestelmän tarjoaman palvelun, kuten hotellihuoneiden myynnin. Sovellukset rakennetaan tiettyyn tarkoitukseen ja usein myös räätälöidään tiettyä ympäristöä varten. Sovellusten ja laitteistojen välissä toimii sovellusalusta joka hoitaa tehtäviä joiden rakentaminen sovellukseen ei olisi tarkoituksenmukaista. Sovellusalusta hoitaa esimerkiksi tietokantahaut varsinaisen sovelluksen puolesta. Sovellusalustoja ovat muun muassa web-palvelinten Microsoft IIS, tai tietokantoja palveleva MSSQL.

Järjestelmän käyttötarkoituksesta riippuu mitkä kunkin sovellusalustan ominaispiirteet ovat merkittäviä järjestelmän suorituskyvylle. Esimerkiksi jonojen pituudet voivat olla merkittäviä tietokanta-alustoissa, mutta eivät niin merkittäviä jossain toisessa sovellusalustassa. Sovellusalustan suorituskykyä voidaan tarkastella sekä sovellusalustakohtaisilla mittareilla että muiden komponenttien mittareiden yhdistelmillä. Kuten sovellusalustan, myös sovelluksen suorituskykyyn vaikuttavat ominaispiirteet riippuvat järjestelmäympäristöstä, sovelluksen tyypistä ja sovelluksen käyttötarkoituksesta. Soveltuvimmat sovelluksen suorituskyvyn mittarit riippuvat ympäristöstä, mutta yleisesti parhaiten sovelluksen suorituskyvystä kertoo vasta-

usaika. Huolimatta siitä mitä järjestelmä taustalla tekee, kokee käyttäjä järjestelmän suorituskyvyn vastausajan nopeutena tai hitautena. (Microsoft Corporation 2007; Molyneaux 2009.)

Käyttäjät ja käyttäjien toiminnot vaikuttavat merkittävästi järjestelmän suorituskykyyn. Käyttäjämäärän kasvaessa myös järjestelmään kohdistuva rasitus lisääntyy. Järjestelmä joutuu palvelemaan useampia käyttäjiä samanaikaisesti, jolloin yksittäisen käyttäjän kokema suorituskyky on huonompi. Käyttäjät myös kuormittavat järjestelmää epätasaisesti ja jotkin komponentit kuormittuvat muita enemmän. Suorituskykyyn vaikuttaa sekä järjestelmän samanaikaisten käyttäjien määrä että se kuinka moni käyttäjä aktiivisesti käyttää järjestelmää. Jos järjestelmän yhtäaikaisista käyttäjistä kukaan ei aktiivisesti tee mitään, ei järjestelmään kohdistu juuri lainkaan kuormaa. Toisaalta jos kaikki käyttäjät samanaikaisesti tulostavat matkalippuja, kuormittuu lipun tulostus -toiminto muita enemmän. Vaikutusta on siis myös sillä mitä käyttäjät järjestelmässä tekevät. (Barber 2006; Microsoft Corporation 2007.)

Suorituskyvyn tarkastelua käyttäjän näkökulmasta helpottaa käyttötapausten rakentaminen. Käyttötapauksella tarkoitetaan järjestelmän käyttäjän tekemiä toimintoja järjestelmässä. Lipunmyyntijärjestelmän yksi käyttötapaus voisi olla matkan valinta, johon kuuluisivat toiminnot: kirjautuminen järjestelmään, matkan haku ja matkan valinta. Suorituskykytestauksessa käyttötapausten avulla pyritään simuloimaan järjestelmän toimintaa tuotantokäytössä, jolloin testaus saadaan kohdistettua liiketoiminnallisesti oikeisiin kohteisiin. (Barber 2005.)

### 6.3 Suorituskyvyn vaatimukset

Järjestelmien testauksessa funktionaaliset vaatimukset viittaavat siihen mitä sovellus tekee ja kuinka sen pitäisi toimia. Ei-funktionaaliset vaatimukset, kuten käytettävyys ja suorituskyky, viittaavat siihen kuinka hyvin sovellus täyttää funktionaaliset vaatimukset, eli toimiiko järjestelmä niin tehokkaasti ja hyvin kuin sen on ajateltu toimivan. Suorituskykyvaatimusten perusteella voidaan todentaa onko järjestelmä riittävän suorituskykyinen. Vaatimusten määrittämisen lähtökohtana on järjestelmän tavoitetila, esimerkiksi millaista käyttäjämäärää järjestelmän on palveltava tai minkä tyyppistä järjestelmän käyttö on. (Nixon 2000.)

Vaikka suorituskyvyn mittareille, esimerkiksi vastausajalle, on määritelty kirjallisuudessa tiettyjä ohjearvoja, vaikuttaa kohdeympäristö mittareiden hyväksyttäviin arvoihin. Näin myös järjestelmän suorituskykyvaatimukset ovat erityisesti kyseistä järjestelmää koskevia. Kohdejärjestelmän käyttötarkoitus, arkkitehtuuri ja sidosryhmien toiveet ovat niin yksilöllisiä, että vaatimuksetkin on rakennettava ensisijaisesti kohdejärjestelmää koskeviksi. (Nixon 2000.)

Järjestelmän suorituskyky rakentuu yksittäisten elementtien suorituskyvystä, mutta on ensisijaisesti koko järjestelmän suorituskykyä. Näin ollen myös suorituskykyvaatimuksia pitää tarkastella järjestelmän kokonaissuorituskyvyn näkökulmasta. Lopputuloksen kannalta merkittävää on koko järjestelmän suorituskykyisyys, ei niinkään jokaisen suorituskykyvaatimuksen kirjaimellinen täytyminen. Järjestelmän suorituskyvyn todentaminen vaatii riittävän määrän oikein kohdennettuja suorituskykyvaatimuksia. Esimerkiksi epätarkoilla tai väärin kohdennetuilla vaatimuksilla ei voida riittävällä varmuudella todentaa järjestelmän suorituskykyä. (Nixon 2000; Vokolos ja Weyuker 1998.)

Suorituskyvyn vaatimukset voidaan jakaa välttämättömiin ja toivottaviin vaatimuksiin. Välttämättömät vaatimukset ovat sellaisia joiden on pakko täytyä jotta järjestelmää voidaan käyttää, toivottavat vaatimukset ovat toiveita, joiden täyttymättä jääminen ei kuitenkaan estä sovelluksen tuotantokäyttöä. Esimerkiksi sovelluksen vastausajan on oltava alle viisi sekuntia tietyillä ehdoilla, tai järjestelmää ei voida ottaa käyttöön. Toisaalta muistiresurssin käyttöasteen jääminen vaatimusrajan alapuolelle, ei välttämättä yksin estä järjestelmän tuotantokäyttöä. (Mannion ja Keepence 1995.)

Mannion ja Keepence (1995) ovat määrittäneet hyvän vaatimuksen tunnusmerkkejä. Heidän mukaansa hyvä vaatimus on: SMART (Specific, Measurable, Attainable, Realisable, Traceable). Täsmällinen vaatimus on selkeä ilman väärinkäsityksen mahdollisuutta, yhtenäinen vaatimuksissa käytettävine yhtenäisine termeineen, yksinkertainen ilman kaksoisvaatimuksia sekä riittävän tarkalla tasolla. Vaatimusten tulee olla myös mitattavissa. Vaatimusten pitää olla niin selkeitä ja tarkkoja että ne voidaan yksiselitteisesti mitata. Vaatimusten mittaamiseen on valittava tai tarvittaessa rakennettava oikea mittari.

Saavutettavissa olevalla vaatimuksella tarkoitetaan sitä onko järjestelmällä mahdollisuuksia saavuttaa vaatimusta annetuilla resursseilla. Ei voida esimerkiksi vaatia että järjestelmä olisi 100 % saatavilla seuraavan vuoden ajan, koska se on käytännössä mahdotonta. Jos vaatimusta noudatettaisiin, ei järjestelmää voitaisi koskaan hyväksyä käyttöön. Sen lisäksi että vaatimus on saavutettavissa, on vaatimuksen oltava myös hyväksyttävä. Vaatimuksen täyttämisen pitää olla realistista käytettävissä olevilla resursseilla. Teoriassa järjestelmä voisi esimerkiksi vastata käyttäjälle alle sekunnissa käyttäjämäärästä riippumatta, mutta tällaisen järjestelmän rakentaminen tulisi liian kalliiksi. Vaatimuksen pitää olla myös jäljitettävissä, jotta tiedetään syy miksi vaatimus on otettu mukaan ja mihin vaatimus perustuu. Jäljitettävyyden avulla voidaan sekä todentaa vaatimuksen täytyminen sekä auttaa vaatimusten muokkaamisessa järjestelmän kehitysprojektin aikana. (Mannion ja Keepence 1995.)

## 7 Tietojärjestelmän suorituskykytestaus

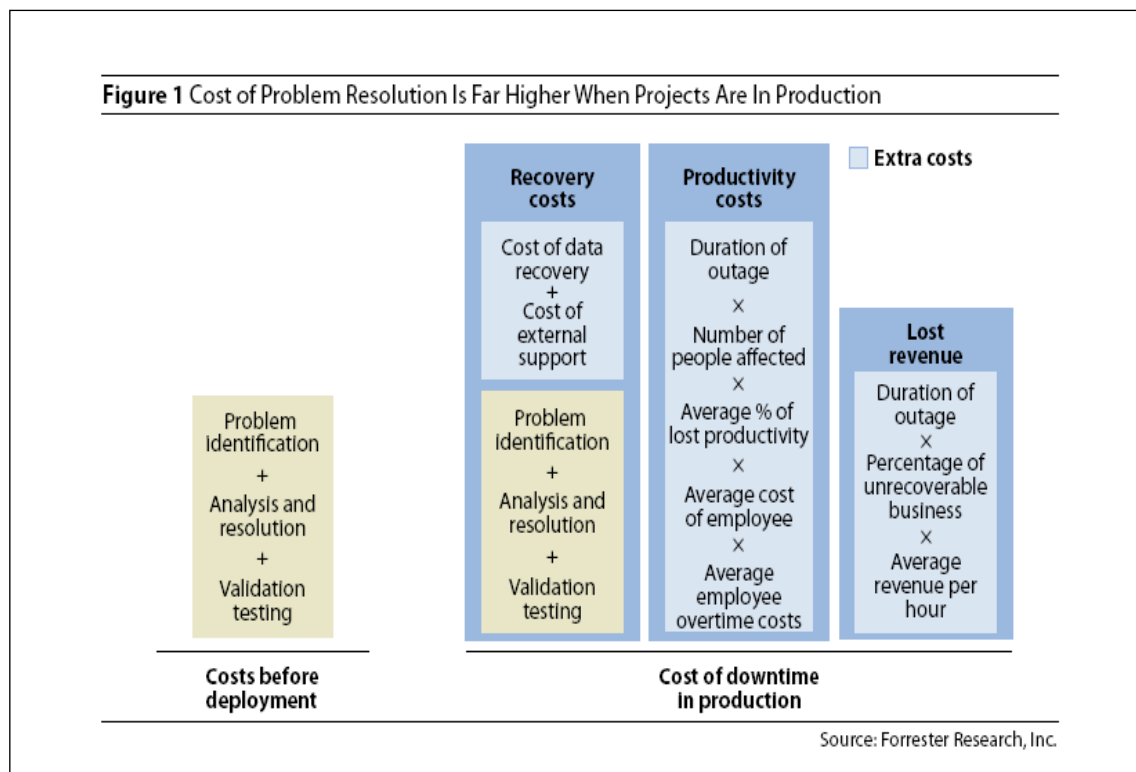
Yleisti testauksella pyritään varmistamaan kohteen odotusten mukainen toiminta, sekä löytämään ja ratkaisemaan eroja odotettujen ja todellisten tulosten välillä. Toiminnallisella testauksella voidaan selvittää sovelluksen toiminta ja virheenkäsittely, mutta sillä ei voida selvittää sovelluksen laatuun liittyviä tekijöitä, kuten suorituskykyä. Toiminnallinen testaus tuottaa tietoa siitä toimiiko sovellus niin kuin on haluttu, kun suorituskykytestaus tuottaa tietoa siitä miten hyvin sovellus toimii. Suorituskykytestauksella voidaan kerätä tietoa järjestelmän suorituskyvystä ja toiminnasta suuren käyttökuorman alla, ja sillä pyritään todentamaan järjestelmän riittävä suorituskyky. Suorituskykytestauksessa järjestelmään ajetaan tuotantokäyttöä simuloiva käyttäjäkuorma ja tutkitaan järjestelmän toimintaa kuormituksen alla. (Blumenstyk ja Decker 2001; Gan 2006; Microsoft 2007; Shaw 2000.)

Järjestelmien avoimuudesta johtuva käyttäjämäärien ja järjestelmien keskinäisen vuorovaikutuksen lisääntyminen on johtanut järjestelmien suorituskykyongelmien lisääntymiseen ja suorituskyvyn heikkenemiseen. Muiden järjestelmien aiheuttamia ongelmia tai käyttäjämäärien vaihteluita ei voida ennustaa niin hyvin kuin suljetuissa järjestelmissä. Lisäksi liiketoimintakriittisten järjestelmien saatavuuden vaatimukset ovat korkeat ja saatavuuskatkoista aiheutuneet kulut liiketoiminnalle ovat suuret. (Bakalova 2004; Blumenstyk 2001; Iyer ym. 2005; Pande ja Ganesan 2005.)

Blumenstykin ja Deckerin (2001) mukaan tulee liian kalliiksi ottaa järjestelmä tuotantokäyttöön testaamatta myös suorituskykyä. Jokainen järjestelmäympäristö on erilainen ja käyttäjät toimivat niissä eri tavoin, jolloin muihin ympäristöihin tehdyt testit eivät korvaa juuri tähän ympäristöön tehtyjä testejä. Lisäksi esimerkiksi sovelluksen pitkiä vastausaikoja tai suurilla käyttökuormilla ilmeneviä virheitä ei toiminnallisella testauksella voida todentaa (Blumenstyk ja Decker 2001; Shaw 2000). Suorituskyvyn testaaminen toiminnallisella testauksella on lisäksi monimutkaista, kallista ja se vaatii paljon työtä ja osaamista (HP 2009).

Weyukerin ja Vokolosin (2000) sekä Panden ja Ganesanin (2005) mukaan suurimmat sovelluksen julkaisun jälkeiset ongelmat eivät niinkään liity järjestelmän väärään toimintaan, vaan järjestelmän suorituskyvyn heikkouteen. Heidän mukaansa ongelmallisten järjestelmien yhteisenä piirteenä oli, että vaikka niitä oli testattu kattavalla funktionaalisella testauksella, ei järjestelmien suorituskykyä kuitenkaan ollut testattu. Weyukerin ja Vokolosin (2000) mukaan suorituskykyongelmat johtuivat lähinnä siitä että järjestelmän suorituskykytarpeesta ei ollut riittävän tarkkoja arvioita, suorituskykyyn liittyvien tietojen keräämiseen ei ollut suunnitelmaa eikä järjestelmän suorituskyvyn tavoitteita oltu asetettu.

Suorituskykyä tulisi kaiken lisäksi Weyukerin ja Vokolosin (2000) mukaan testata mahdollisimman aikaisessa sovelluskehitysprojektin vaiheessa. Mitä aiemmin suorituskykyongelmat havaitaan, sitä paremmin niihin voidaan puuttua ja sitä onnistuneemmin voidaan rakentaa suorituskykyinen sovellus. Shawn (2000) mukaan liian myöhäisellä suorituskyvyn testauksella suorituskykyongelmat voidaan paikallistaa, mutta niitä ei välttämättä voida korjata. Esimerkiksi järjestelmän skaalatuuden parantaminen vaatii usein laiteinvestointeja. Kuvassa 5 on Forrester tutkimuskeskuksen (Aarnio 2007) kaavio, jonka mukaan sovelluksen ongelmien korjaaminen ennen sovelluksen julkaisua on paljon halvempaa ja helpompaa kuin julkaisun jälkeen.



Kuva 5: Ongelmanratkaisun kulut tuotannossa ja ennen tuotantoa. (Aarnio 2007.)

Edellisten perusteella voidaan todeta suorituskykytestauksen olevan välttämätöntä järjestelmän suorituskykyisen toiminnan varmistamiseksi. Siitä huolimatta suorituskykytestausta tehdään liian vähän eikä suorituskyvyn testaamiseen varata riittävästi aikaa ja rahaa (Barber 2007; Weyuker ja Vokolos 2000). Yksi syy suorituskykytestauksen aliarviointiin saattaa olla se että järjestelmän sidosryhmät joko aliarvioivat järjestelmän suorituskykyongelmat tai heillä ei ole riittävästi tietoa ja osaamista suorituskyvyn testauksesta. (Weyuker ja Vokolos 2000; Blumenstyk ja Decker 2001.)



Järjestelmien suorituskyvyn testaamiseen on useita menetelmiä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan web-pohjaisten järjestelmien suorituskyvyn testaamisen menetelmää, jossa virtuaalikäyttäjien avulla pyritään simuloimaan järjestelmän tuotantokäyttöä ja arvioimaan järjestelmän suorituskyky. Menetelmässä järjestelmän toimintaa ja suorituskykyä tarkastellaan käyttäjän näkökulmasta, koska järjestelmät on rakennettu käyttäjiä varten ja käyttäjä myös kokee ensimmäisenä järjestelmän suorituskyvyn heikentymisen. Suorituskyky vaikuttaa käyttäjien tyytyväisyyteen esimerkiksi niin, että jopa 30 % käyttäjistä on arvioitu keskeyttävän internet-pohjaisten järjestelmien käytön jos internet-sivun vastausaika on yli 8 sekuntia. (Blumenstyk ja Decker 2001; Barber 2007.)

Suorituskykytestauksella voidaan testata esimerkiksi sitä kuinka monta matkalippua järjestelmä pystyy tunnin aikana myymään. Vertaamalla myytyjen lippujen määrää järjestelmän suorituskykyvaatimukseen, voidaan todeta onko järjestelmä suorituskykyinen. Suorituskykytestauksella ei välttämättä haeta järjestelmän parasta mahdollista suorituskykyä, vaan olosuhteisiin nähden riittävää suorituskykyä (Barber 2007). Esimerkiksi lipunmyyntijärjestelmän koko pitäisi suhteuttaa myyntitarpeen mukaan.

### 7.1 Suorituskykytestauksen tulokset

Suorituskykytestauksella voidaan varmistaa, tutkia, etsiä ja kerätä tietoa järjestelmän suorituskykyyn liittyviä asioita. Suorituskykytestauksen tärkeimpänä tavoitteena on varmistaa sekä järjestelmän komponenttien riittävän suorituskykyinen toiminta tuotantoympäristössä käytävissä olevilla resursseilla että järjestelmän liiketoimintaprosessien suunnitellun mukainen toiminta suuren kuormituksen alla (Microsoft 2007; Iyer ym. 2005). Suorituskykytestauksella voidaan siis todentaa täyttääkö järjestelmä suorituskykyvaatimukset ja -kriteerit vaatimusten mukaisilla käyttökuormilla. (Microsoft 2007).

Suorituskykytestauksella voidaan tutkia järjestelmän suorituskykyä, järjestelmän stabiiliutta ja skaalautuvuutta sekä järjestelmän toimintaa suuren kuormituksen alla. Sillä voidaan etsiä järjestelmän mahdolliset suorituskykyongelmat, ja sen tulosten perusteella voidaan arvioida mitkä suorituskykyongelmat ovat haitallisimpia järjestelmän toiminnalle. Lisäksi voidaan löytää järjestelmän toiminnallisuuden virheet jotka esiintyvät vain suuren kuormituksen tai järjestelmän pitkäaikaisen käytön aikana. Sillä voidaan lisäksi kerätä tietoa esimerkiksi eri sovellusversioiden ja järjestelmäkokoospanojen suorituskyvyn vertailuun sekä järjestelmän optimoinnin ja ylläpidon suunnitteluun. (Iyer ym. 2005; Microsoft 2007; Weyuker ja Vokolos 2000.)

## 7.2 Suorituskykytestauksen haasteita

Suorituskykytestauksen haasteena on se että testaus päästään harvoin suorittamaan tuotanto-ympäristön kaltaisessa ympäristössä, jolloin riittävän tuotantodatan puute ja järjestelmäarkkitehtuurin poikkeavuus aiheuttavat ongelmia. Testausympäristössä esimerkiksi palvelimet ovat usein tehottomampia kuin varsinaisessa tuotantoympäristössä.

Barberin (2007) mukaan suorituskykytestauksen haasteita ovat muun muassa:

- Suorituskykytestaus on aliarvostettua, jolloin testaukselle varatut resurssit ja aikataulu ovat usein riittämättömiä
- suorituskykytestaus on teknisesti, logistisesti ja hallinnallisesti haastavaa
- testaajan ja sidosryhmien välinen kommunikointi ei aina ole yksiselitteistä
- testaus vaatii sidosryhmän sitoutumista, muun muassa koska sidosryhmällä on paras osaaminen kohdejärjestelmästä ja testauksen tulosten hyväksyminen pohjautuu sidosryhmän toiveisiin ja vaatimuksiin
- suorituskyvyn vaatimusten määrittely on haastavaa ympäristöjen monimutkaisuuden ja sidosryhmien suuren roolin vuoksi
- ympäristöjen erilaisuuden takia samanlaisetkaan komponentit eivät välttämättä toimi kaikissa ympäristöissä samalla tavalla.

Molyneaux (2009) ja Barber (2007) listaavat ohjeita onnistuneen suorituskykytestauksen suorittamiseksi:

- Suorituskykytestaus pitää suorittaa soveltuvilla välineillä ympäristössä joka on valmisteltu testausta varten.
- suorituskykytavoitteiden pitää olla realistisia ja tilanteeseen soveltuvia
- liiketoimintakriittiset prosessit pitää tunnistaa ja käyttötapaukset pitää rakentaa niihin perustuen
- saatavilla pitää olla riittävästi laadukasta testidataa
- testien pitää olla laadukkaita
- järjestelmän tärkeimpien suorituskykymittareiden monitorointi pitää olla järjestetty
- testaukseen pitää olla varattuna riittävästi aikaa
- suorituskykytestauksen ja järjestelmän suorituskyvyn vaatimuksia ja tavoitteita on tarkasteltava käyttäjän näkökulmasta. Tulosten numeerisilla arvoilla ei ole merkitystä kun järjestelmän sidosryhmät ovat tyytyväisiä.

### 7.3 Suorituskykytestausprosessi

Suorituskyvyn riittävä testaaminen vaatii etukäteissuunnittelua, systemaattista prosessia ja riittävästi aikaa (Blumenstyk ja Decker 2001; Shaw 2005). Suorituskyvyn testaamisen aloittaminen riittävän aikaisin ja testauksen jatkaminen koko sovelluskehitysprojektin ajan auttaa parantamaan sovelluksen käytettävyyttä ja suorituskykyä, eli sovelluksen laatua. (Molyneaux 2009; Vokolos ja Weyuker 1998; Weyuker ja Vokolos 2000.)

Suorituskykytestausprosessin vaiheita eri näkökulmista ovat tarkastelleet muun muassa Gan (2006), Microsoft (2007), Molyneaux (2009) ja HP (2009). Gan (2006) painottaa järjestelmän käyttökuorman mahdollisimman tarkkaa simulointia ja vaatimusten ja määrittelyiden tärkeyttä. Ganin (2006) menetelmä vaatii että kohdejärjestelmästä on saatavilla riittävästi dataa, esimerkiksi aiempien järjestelmien tietokannoista ja palvelinten lokitiedoista.

Ganin (2006) suorituskykytestauksen vaiheet:

- 1 Mallinnetaan kohdejärjestelmän arkkitehtuuri.
- 2 Kerätään järjestelmän käyttödataa nykyisestä järjestelmästä riittävän pitkältä ajalta, jopa viimeisen vuoden ajalta.
- 3 Analysoidaan kerätty data.
- 4 Rakennetaan suorituskykytestauksen testitapaukset:
  - tunnistetaan järjestelmän suorituskykyyn vaikuttavat liiketoimintaprosessit
  - tunnistetaan parametrit jotka vaikuttavat liiketoimintaprosessien suorituskykyyn
  - määritetään parametreille realistiset arvot kerätystä datasta.
  - rakennetaan testitapaukset. (Gan 2006.)

Microsoft (2007) jakaa suorituskykytestauksen kuuteen vaiheeseen:

- 1 Kerätään ja analysoidaan testauksessa tarvittavat tiedot testiympäristöstä, testausvälineistä ja projektin resursseista. Määritetään kuinka paljon ja millaista dataa testauksessa tarvitaan, mitkä ovat järjestelmän kriittiset komponentit ja miten muut järjestelmät vaikuttavat kohdejärjestelmän suorituskykyyn.
- 2 Rakennetaan sekä suorituskykytestausprojektin hyväksymiskriteerit että järjestelmän suorituskyvyn hyväksymiskriteerit.
- 3 Rakennetaan käyttötapaukset liiketoimintaprosessien pohjalta, ja testitapaukset järjestelmän käyttömäärien pohjalta.
- 4 Varmistetaan testauksen kohdeympäristön ja testivälineen käyttöympäristön testausvalmius, esimerkiksi tietoliikenneyhteyksien toiminta ja riittävät käyttöoikeudet.

- 5 Ajetaan suorituskykytestejä kunnes on saatu riittävästi tietoa suorituskyvystä. Testauskierrosten välissä analysoidaan testien tulokset ja tehdään tarvittavat muutokset järjestelmään.
- 6 Analysoidaan ja raportoidaan tulokset.

Molyneaux (2009) jakaa suorituskykytestausprosessin myös kuuteen vaiheeseen:

- 1 Kerätään ja analysoidaan tiedot vaatimusten ja testien rakentamiseen:
  - suorituskykytestausprojektin tavoitteet, aikataulu ja resursointi
  - järjestelmäympäristön tietojen keruu
  - testaussovelluksen ympäristö
  - järjestelmän käyttötapaukset
  - testauksessa käytettävä data
  - testien ajosuunnitelma.
- 2 Varmistetaan kohdejärjestelmän testausvalmius. Rakennetaan testausvalmiiksi testaussovelluksen ympäristö ja liitännät testausympäristöön.
- 3 Ohjelmoidaan testiskenaariot käyttötapauksen pohjalta.
- 4 Luodaan testitapaukset testiskenaarioiden ja järjestelmän käyttötietojen pohjalta.
- 5 Ajetaan testit.
- 6 Analysoidaan testit, ajetaan tarvittaessa uusintatellit ja raportoidaan tulokset.

Suorituskykytestauksen prosessi HP:n (2009) mukaan:

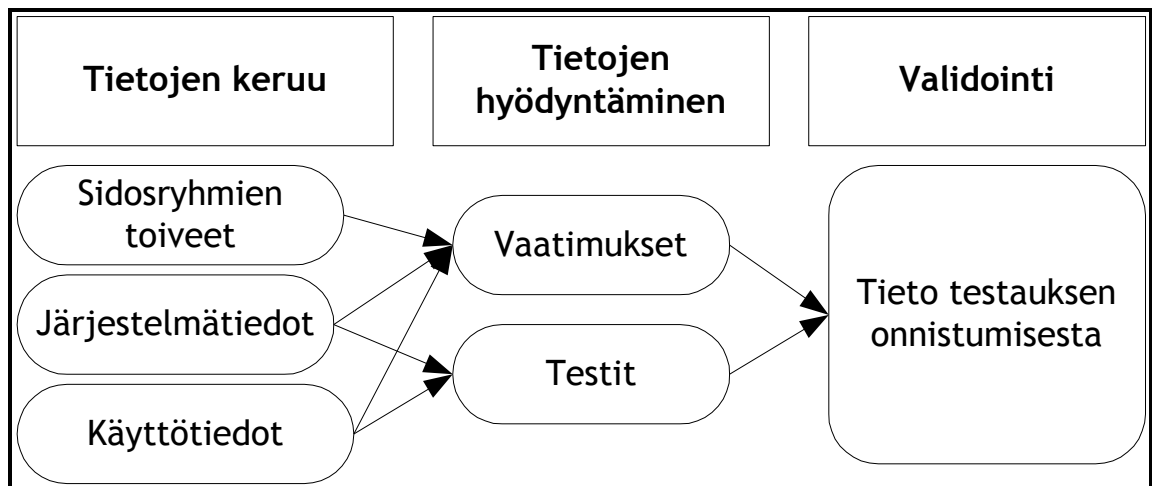
- 1 Kerätään ja analysoidaan järjestelmän arkkitehtuuriin ja käyttöön liittyvät tiedot.
- 2 Määritetään testauksen tavoitteet ja vaatimukset.
- 3 Luodaan tavoitteista ja vaatimuksista mitattavia kohteita.
- 4 Rakennetaan testausvälineen ympäristö
- 5 Ohjelmoidaan testiskenaariot.
- 6 Ajetaan testit.
- 7 Analysoidaan testit.

Blumenstyk ja Decker (2001) kuvaavat yrityksen liiketoiminnan johtajille suunnatussa artikkelissaan järjestelmän suorituskykytestausprosessia johtajien näkökulmasta. Prosessin vaiheet Blumenstykin ja Deckerin (2001) mukaan:

- 1 Rakennetaan järjestelmän suorituskykyä kuvaava mittaristo.
- 2 Kerätään ja luodaan suorituskykyyn kohdistuvat vaatimukset ja kriteerit.
- 3 Kuvataan mitä aiotaan testata ja miten aiotaan testata.
- 4 Hyväksytetään suunnitelman liiketoiminnalla.
- 5 Päätetään ulkoistetaanko testaus tai osa siitä vai testataanko omilla resursseilla.

#### 7.4 Suorituskykytestauksen vaiheet tiedon käsittelyn näkökulmasta

Edellisissä kappaleissa on kuvattu suorituskykytestausprosessia melko suoraviivaisesti. Testausprosessin vaiheet voivat kuitenkin olla päällekkäisiä ja niillä voi tavoitteista riippuen olla erilaisia painotuksia. Edellä kuvatuista prosesseista voidaan johtaa tietojen käsittelyyn perustuva parannettu kolmivaiheinen suorituskykytestausprosessi (kuva 6), jonka vaiheet ovat tietojen keruu, tietojen hyödyntäminen ja tietojen validointi.



Kuva 6: Suorituskykytestauksen vaiheet

Prosessin ensimmäisessä vaiheessa kerätään suorituskykytestauksessa tarvittavat tiedot. Toisessa vaiheessa analysoidaan kerätyt tiedot ja rakennetaan niiden pohjalta järjestelmän suorituskykyvaatimukset ja varsinaiset suorituskykytestit. Viimeisessä vaiheessa analysoidaan testien tuloksena saatua tietoa järjestelmän suorituskyvystä. Vertaamalla testien tuloksia asetettuihin suorituskykyvaatimuksiin voidaan arvioida järjestelmän suorituskykyisyys ja suorituskykytestauksen onnistuminen.

Suorituskykytestauksen vaiheet tiedon käsittelyn näkökulmasta:

##### 1 Tietojen keruuvaihe

- Kerätään tietoja järjestelmän kokoonpanosta ja ympäristöstä.
- Kerätään tietoja järjestelmän käytöstä ja käyttäjistä.
- Kerätään tietoja suorituskykytestauksen sidosryhmien toiveista ja testaukseen liittyvistä vaatimuksista.

## 2 Tietojen hyödyntäminen

- Hyödynnetään tietoja vaatimusten rakentamiseen määrittämällä sekä järjestelmän suorituskyvyn vaatimukset että suorituskykytestauksen hyväksymiskriteerit.
- Hyödynnetään vaatimuksia vertailukohtana testauksen onnistumisen evaluoinnissa.
- Hyödynnetään tietoja suorituskykytestauksen käyttötapausten ja testitapausten rakentamisessa.

## 3 Validoidaan järjestelmän suorituskyky testauksen tuloksiin perustuen

- Analysoidaan testauksen tulokset ja analyysin perusteella validoidaan sekä järjestelmän suorituskykyisyys että suorituskykytestauksen onnistuminen.

### 7.5 Tietojen keruuvaihe

Tietojen keruuvaiheessa kerätään sekä suorituskykyvaatimukseen että järjestelmän suorituskyvyn vaikuttaviin tekijöihin, kuten järjestelmän kokoonpanoon, ympäristöön ja järjestelmän käyttöön liittyviä tietoja. Tiedot kerätään järjestelmädokumenteista ja suorituskykytestausprojektin sidosryhmiltä joita ovat muun muassa järjestelmän liiketoiminnan edustajat, järjestelmän käyttäjät ja tekniset asiantuntijat. (Pande 2005; Barber 2005; Microsoft 2007.)

Testauksen kohteena olevaan järjestelmään liittyvien tietojen lisäksi kerätään yleisiä testausprosessiin liittyviä tietoja kuten:

- Suorituskykytestausprojektin tavoitteet ja tarkoitus, eli mitä suorituskykytestauksella halutaan saavuttaa ja mitä lisäarvoa sovelluskehitysprojektille voidaan tuottaa
- sidosryhmien toiveet järjestelmän suorituskyvylle ja suorituskykytestaukselle
- suorituskykytestausprojektia koskevien organisaation toimintatavat
- suorituskykytestausprojektin aikataulu ja resurssit. (Microsoft 2007.)

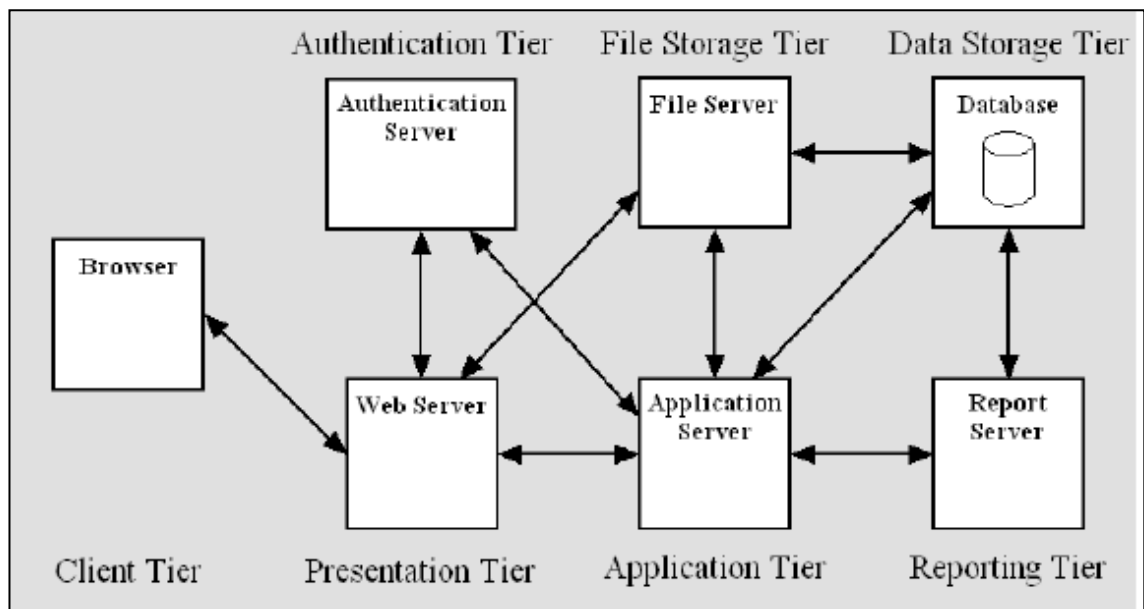
Järjestelmän käyttötarkoituksesta ja ympäristöstä riippuu mitä tietoja järjestelmän laitteisto- ja sovelluskokoonpanosta tulisi kerätä. Yleisimpiä ja tärkeimpiä kokoonpanotietoja ovat Panden ja Ganesanin (2005), Barberin (2007) ja Microsoftin (2007) mukaan:

- palvelimen tunnistetiedot, rooli, malli, resurssimäärät ja tärkeimmät prosessit
- käyttöjärjestelmän, sovellusalustan ja sovellusten tyyppi, malli ja konfiguraatio
- tietoliikennekomponenttien tunnistetiedot, rooli, verkko-osoite, malli ja konfiguraatio
- tietoliikenneverkon kaistanleveys
- kuvaus ulkoisten järjestelmien vaikutuksesta kohdejärjestelmään

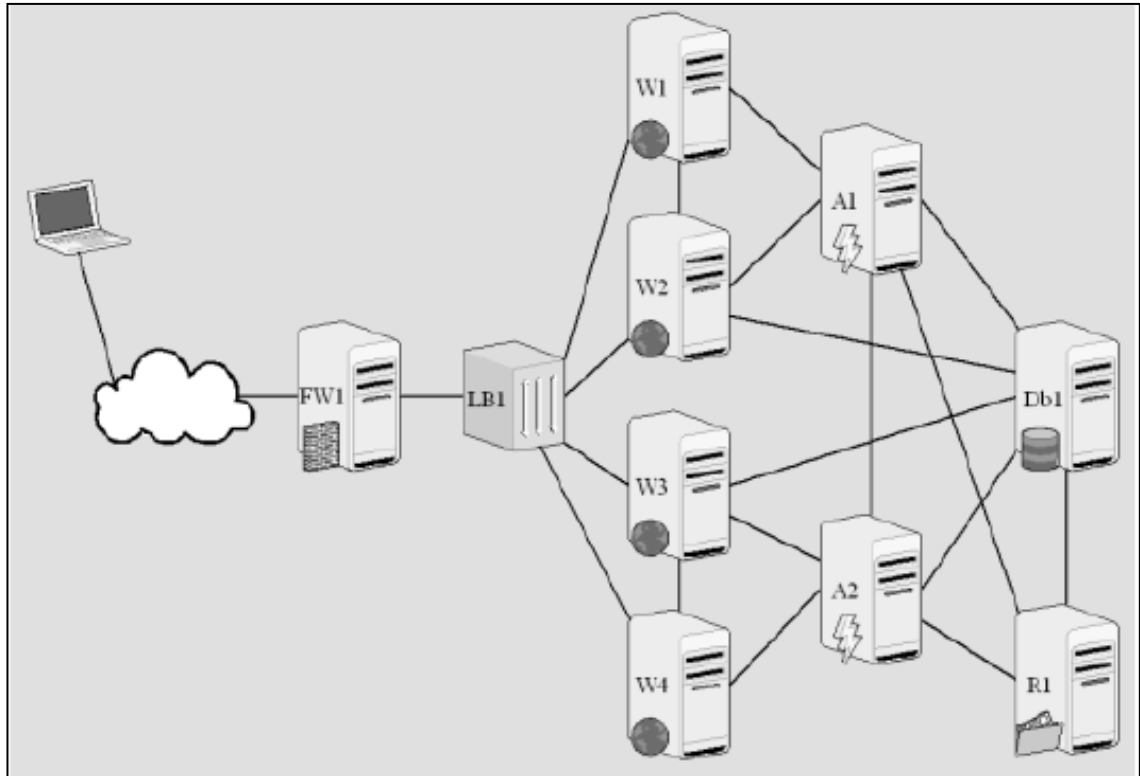
Pande ja Ganesan (2005) ehdottavat järjestelmäympäristön mallintamisen apuvälineeksi menetelmää jossa kuvataan järjestelmäympäristöä ja järjestelmän toimintaa muun muassa taulukoiden avulla. Järjestelmäkomponentit, järjestelmän käyttötiedot sekä järjestelmän käytötapaukset listataan taulukoihin, jolloin järjestelmäkokonaisuuden hahmottaminen helpottuu. Järjestelmäkokonaisuuden ja komponenttien keskinäisten suhteiden jäsentämiseksi voidaan piirtää kuvat järjestelmän fyysisestä ja loogisesta järjestelmäarkkitehtuurista (Microsoft 2007).

Järjestelmäarkkitehtuuriin, -laitteistoon ja -sovelluksiin liittyvien tietojen keräämisen ja analysoinnin tavoitteena on tunnistaa mahdollisia järjestelmän suorituskyvyn kannalta kriittisiä komponentteja. Tietoja käytetään lisäksi suorituskykytestien suunnittelussa ja järjestelmän käytön mallintamisessa. Vaikka järjestelmän tuotantokäytön täydellinen simulointi on mahdollista, on suorituskykytestauksessa pyrittävä saamaan mahdollisimman realistinen kuva järjestelmän tuotantokäytöstä. Järjestelmän käyttötietoja on kerättävä ensisijaisesti liiketoiminnan ja käyttäjän näkökulmasta. (Pande ja Ganesan 2005; Barber 2007; Microsoft 2007.)

Kuvissa 7 ja 8 on esimerkit järjestelmäarkkitehtuurin kuvaamisesta.



Kuva 7: Järjestelmän looginen laitteistoarkkitehtuuri. (Microsoft 2007.)



Kuva 8: Järjestelmän fyysinen laitteistoarkkitehtuuri. (Microsoft 2007.)

Järjestelmän käyttökuormalla tarkoitetaan sitä kokonaiskuormaa jonka järjestelmän käyttäjät ja järjestelmään vaikuttavat muut järjestelmät ja prosessit aiheuttavat. Käyttäjien toiminnasta järjestelmän käyttökuormaan vaikuttaa käyttäjien kokonaismäärä, yhtäaikaisten käyttäjien määrä, käyttötavat, käyttäjän toimintojen tyyppi ja intensiteetti. Käyttökuormaan vaikuttavat lisäksi järjestelmässä olevan datan määrä ja laatu sekä kohdejärjestelmän kanssa vuorovaikutuksessa olevat muut järjestelmät. (Pande ja Ganesan 2005.)

Järjestelmän käyttökuorma vaihtelee ajankohdasta riippuen. Tiettyinä kellonaikoina tai tiettyinä päivinä kuormitus voi olla huomattavasti normaalia isompi. Järjestelmän käyttökuormaa voidaan mallintaa piirtämällä kaavio jossa kuvataan käyttökuormien esiintyminen eri ajanjaksoina. Jos pystytään selvittämään yksittäisten käyttötapausten kuorma tiettyinä ajanhetkinä, voidaan tieto lisätä kaavioon. Kaaviota analysoimalla voidaan tunnistaa yleisimmät, kriittisimmät ja raskaimmat käyttötapaukset. (Pande ja Ganesan 2005; Microsoft 2007.)

Microsoftin (2007) mukaan järjestelmän suorituskykyyn yksittäisen käyttäjän toiminnasta järjestelmään vaikuttaa eniten sivulatausten lukumäärä, sivulatausten jakauma, käyttäjäistuntojen lukumäärä tietyssä ajassa sekä käyttäjäistuntojen kesto. Pieni vaikutus on myös käyttäjän



tehokkaan toiminnan kestolla sekä sillä kuinka suuri osa käyttäjistä jättää käytön kesken esimerkiksi liian hitaan järjestelmän takia. (Microsoft 2007.)

Järjestelmän suorituskyvyn näkökulmasta järjestelmän kokonaiskäyttäjämäärä ja yhtäaikaisten käyttäjien määrä tarkoittavat eri asioita. Kokonaiskäyttäjämäärä on järjestelmän käyttäjien yhteismäärä, kun taas yhtäaikaisten käyttäjien määrä on niiden käyttäjien määrä jotka samanaikaisesti tekevät järjestelmässä jotain. Jos käyttäjät esimerkiksi kirjautuvat järjestelmään yksitellen, kuormittuu järjestelmä vain vähän, mutta kaikkien käyttäjien kirjautuessa samanaikaisesti, kohdistuu järjestelmään huomattavasti suurempi kuormitus. Järjestelmää siis kuormittavat sekä järjestelmässä olevat käyttäjät että erityisesti samanaikaisesti jotain tekevät käyttäjät. (Barber 2007.)

Järjestelmässä olevan datan määrällä on suuri merkitys varsinkin tietokantojen suorituskykyyn. Mitä enemmän tietokannassa on dataa, sitä suuremmasta datamäärästä käyttäjän pyytämiä tietoja haetaan. Testauksessa käytettävän datan, esimerkiksi tietokannassa olevien asiakastietojen, pitää olla oikeellisia ja sitä pitää olla riittävä määrä. Käytettävä data voidaan joko kerätä nykyisestä tuotantoympäristöstä tai sitä voidaan luoda. (Microsoft 2007; Gan 2006; Pande ja Ganesan 2005.)

Myös järjestelmäympäristön ulkopuoliset järjestelmät ja prosessit voivat vaikuttaa järjestelmän suorituskykyyn (Microsoft 2007). Järjestelmäsovelluksen on esimerkiksi pyydettävä henkilötietojen tarkistusta ulkopuoliselta järjestelmältä. Vaikka oman järjestelmän suorituskyky olisikin hyvä, voi ulkopuolisen järjestelmän hitaus vaikuttaa haitallisesti oman järjestelmän suorituskykyyn. Ulkopuolisista järjestelmistä tulisi kartoittaa selkeästi kohdejärjestelmän suorituskykyyn vaikuttavat tekijät, kuten eräajot. Toisaalta jos esimerkiksi eräajot ajetaan öisin ja järjestelmää käytetään vain päivisin, ei eräajoilla ole vaikutusta käyttäjälle näkyvään suorituskykyyn.

Barberin (2005) mukaan yleinen järjestelmän käytön mallintamisen lähestymistapa on riittämätön. Lähestymistapa joka perustuu tietojen keräämiseen järjestelmädokumenteista ja sidosryhmiltä sekä muiden sivustojen arviointiin johtaa siihen että järjestelmän todellisesta tuotantokäytöstä ei saada realistista kuvaa. Tämä voi johtaa tuotantoon julkaisun jälkeisten suorituskykyongelmien todennäköisyyden kasvuun. Lähestymistapa voi myös johtaa siihen että suorituskykytestit suunnitellaan ja tehdään testausvälineen ehdoilla, eikä niin että suunnittelun jälkeen valitaan paras mahdollinen testausväline testien suorittamiseen. (Barber 2005.)

Barberin (2005) mukaan parempi toimintatapa olisi seuraava:

- Kerätään ja analysoidaan saatavilla oleva käyttödata nykyisestä järjestelmästä
- täydennetään tietoja haastatteluista ja järjestelmädokumenteista saatavalla materiaalilla
- julkaistaan sovelluksesta beetaversio ja kerätään tietoja sen käytöstä
- täydennetään järjestelmäympäristöstä kerättyjä tietoja esimerkiksi keräämällä tietoja kilpailevista järjestelmistä
- rakennetaan ja testataan järjestelmän käyttömalli
- rakennetaan suorituskykytestausvälineen avulla testiskriptit ja testitapaukset käyttömallin pohjalta.

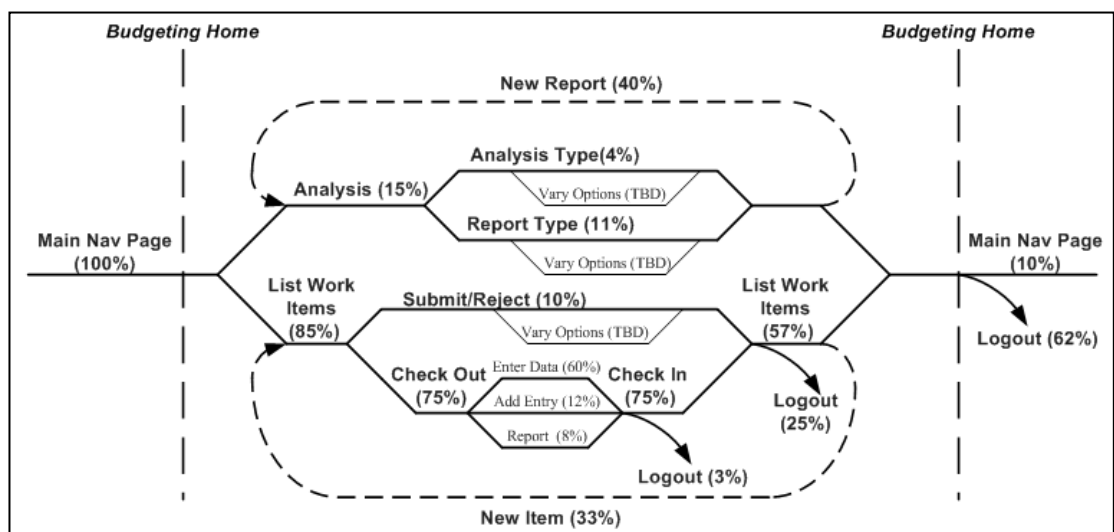
Tässä tutkimuksessa käyttötapauksella tarkoitetaan käyttäjän tekemien toimintojen ketjua. Esimerkiksi lipunmyyntijärjestelmän yksi käyttötapaus voisi olla matkan valinta. Käyttötapaukseen kuuluisivat toiminnot: kirjautuminen järjestelmään, matkan haku ja matkan valinta. Suorituskykytestauksessa käyttötapauksen avulla pyritään simuloimaan järjestelmän toimintaa tuotantokäytössä. Käyttötapauksen avulla suorituskykytestaus saadaan kohdistettua oikein. Suorituskykytestauksessa ei voida testata kaikkia mahdollisia käyttötapauksia, vaan käyttötapauksista on valittava ne joiden avulla arvioidaan pystyttävän parhaiten todentamaan järjestelmän suorituskyky.

Käyttötapauksen valintaa on mietittävä käyttäjän, teknisten asiantuntijoiden ja liiketoiminnan näkökulmasta. Käyttötapaukset voidaan jaotella esimerkiksi niiden kriittisyyden, yleisyyden ja kuormittavuuden mukaan, ja valita jaottelun perusteella parhaat käyttötapaukset. Kriittiset käyttötapaukset ovat järjestelmän toiminnan kannalta tärkeimpiä. Niihin kohdistuu suora suorituskykyvaatimus, esimerkiksi että käyttäjän on pystyttävä kirjautumaan järjestelmään alle viidessä sekunnissa. Muihin käyttötapauksiin ei välttämättä kohdistu suoraa suorituskykyvaatimusta, mutta ne ovat tärkeitä järjestelmän käytön mallintamiseksi ja suorituskyvyn todentamiseksi. Tällaisia ovat esimerkiksi eniten käytetyt käyttötapaukset tai järjestelmää eniten kuormittavat käyttötapaukset. Testaukseen tulisi valita riittävän laaja sekoitus käyttötapauksia eri näkökulmista ja ryhmistä, jotta välttyään liian kapea-alaiselta testaukselta. (Weyuker ja Vokolos 2000; Microsoft 2007; Barber 2007.)

Käyttötapauksen valinnan jälkeen määritellään tarkemmat navigointipolut valituille käyttötapauksille (Microsoft 2007). Navigointipolulla tarkoitetaan kaikkia toimintoja jotka käyttäjä tekee suorittaessaan yhtä käyttötapauksia. Esimerkiksi lipunmyynti käyttötapauksessa kuvataan tarkasti mitä käyttäjä syöttää kirjautumisikkunaan, mitä painiketta painetaan kun siirry-

tään seuraavaan ikkunaan ja niin edelleen. Kuvassa 9 näkyy millaisia järjestelmän mahdolliset navigointipolut voisivat olla.

Seuraavaksi määritetään järjestelmän käytön jakautuminen eri käyttötapausten kesken. Määrittelyssä voidaan käyttää apuna nykyisen järjestelmän käyttötietoja, mutta jos se ei ole mahdollista, voi määrittely perustua arviointiin. Seuraavassa kuvassa on esimerkki käytön prosentuaalisesta jakautumisesta eri käyttötapausten kesken (Microsoft 2007). Kuvasta voidaan huomata että tietyt käyttäjän toiminnot esiintyvät useissa käyttötapauksissa. Esimerkiksi kaikki navigointipolut kulkevat sovelluksen etusivun kautta.



Kuva 9: Käyttäjien jakautuminen käyttötapausten kesken (Microsoft 2007).

Viimeisessä vaiheessa määritetään varsinaiset käyttäjämäärät eri käyttötapauksille järjestelmän kokonaiskäyttömäärän ja sen jakautumisen mukaan. Käyttäjämäärien jakautuminen käyttötapausten kesken voidaan laskea esimerkiksi tutkimalla mikä on järjestelmän keskimääräinen käyttäjämäärä tunnin aikana ja jakamalla käyttäjät prosenttiosuuksien mukaan eri käyttötapauksille. (Barber 2007.)

## 7.6 Tietojen hyödyntäminen vaatimusten rakentamisessa

Järjestelmästä ja sen käytöstä kerättävien tietojen pohjalta rakennetaan järjestelmän suorituskyvyn vaatimukset sekä suorituskykytestausprojektin hyväksymiskriteerit. Järjestelmän suorituskykyvaatimuksia on tarkasteltu lähemmin kappaleessa 6.3.

Suorituskykytestausprojektille pitää asettaa selkeät onnistumiskriteerit testauksen onnistumisen todentamiseksi. Rothmanin (2002) mukaan onnistumisen edellytyksenä on ymmärrys siitä mikä suorituskykytestauksen on tarkoitus ratkaista, mitkä ovat projektille asetetut vaatimukset ja mitkä ovat testauksen kohteelle asetetut suorituskykyvaatimukset (Rothman 2002). Suorituskykytestauksen tavoitteiden määrittelyä voidaan tarkentaa suorituskykytestauksen onnistumiskriteerien avulla ja pohtimalla mihin alueisiin testauksella pitäisi keskittyä ja mitkä kerättävät tiedot ovat järjestelmän suorituskyvyn kannalta tärkeimpiä. (Barber 2007.)

Suorituskykytestauksen onnistumiskriteereitä Microsoftin (2007) mukaan:

- testatun järjestelmän suorituskyky täyttää vaatimukset
- testauksella löydetään suorituskyvyn pullonkaulat
- saadaan tietoa järjestelmän skaalautuvuuden ja kapasiteetin suunnitteluun
- testausprojekti pysyy aikataulussa ja budjetissa.

Suorituskykytestauksen tavoitteita Weyukerin ja Vokolosin (2000) mukaan:

- suunnitellaan ja rakennetaan testitapaukset niin että ne testaavat suorituskykyä eivätkä niinkään järjestelmän toiminnallisuutta
- määritellään suorituskyvyn mittarit niin että järjestelmäkokonaisuuden suorituskyky saadaan todennettua.

Vaatimusten määrittämistä varten tarvittavat tiedot järjestelmästä, sen käytöstä sekä sidosryhmien tavoitteista kerätään muun muassa järjestelmädokumenteista, sopimuksista ja sidosryhmien haastatteluista. Lukuun ottamatta järjestelmää koskevista sopimuksista saatavia suoria suorituskykyvaatimuksia, määritellään vaatimukset kerättyjen tietojen perusteella. Järjestelmää koskevissa sopimuksissa saattaa olla määritettynä suoraan järjestelmän suorituskykyyn liittyviä vaatimuksia. Sopimukseen kirjatut vaatimukset pitää siirtää järjestelmän suorituskykyvaatimukseen niin pienin muutoksin kuin mahdollista. Usein vaatimuksia joudutaan kuitenkin muokkaamaan ja tarkentamaan. Tällöin on huolehdittava että muokattu vaatimus täyttää sopimukseen kirjatun vaatimuksen. (Barber 2007.)

Järjestelmän sidosryhmät ovat avainasemassa järjestelmän suorituskyvyn ja sen testaamisen vaatimusten määrittelyssä. Suorituskykytestaajalla ei yleensä ole riittävästi tietoa tai kokemusta testattavan järjestelmän toiminnasta, jolloin kaikki järjestelmän suorituskykyyn liittyvä tieto on kerättävä järjestelmädokumenteista ja sidosryhmiltä. Sidoryhmiltä ei siis saada suoria vaatimuksia, vaan järjestelmän suorituskykyä koskevia toiveita ja tavoitteita. Vaikka

he ovat oman alueensa asiantuntijoita, ei heillä yleensä ole kokemusta järjestelmän suorituskykyyn liittyvien vaatimusten määrittelystä. (Barber 2007; Microsoft 2007.)

Sidosryhmät voivat esimerkiksi käsittää järjestelmän suorituskyvyn eri tavoin tai sidosryhmien toiveet voivat lisäksi olla epämääräisesti muotoiltuja, päällekkäisiä tai mahdottomia toteuttaa. Suorituskykytestaajan pitää pystyä keräämään, muokkaamaan ja analysoimaan sidosryhmiltä kerätyistä tiedoista laadukkaita vaatimuksia. Valmiit vaatimukset harvoin tyydyttävät kaikkia osapuolia, eikä kaikkia järjestelmän komponentteja välttämättä voida huomioida. Testaajan onkin pyrittävä kokonaisuuden kannalta mahdollisimman hyvään lopputulokseen. (Barber 2007; Microsoft 2007.)

## 7.7 Tietojen hyödyntäminen testien suunnittelussa

Kerättyjen tietojen pohjalta rakennetaan varsinaisessa suorituskyvyn testauksessa tarvittavat käyttötapaukset ja testitapaukset. Testauksen käyttötapaukset rakennetaan ohjelmoimalla järjestelmän käytön mallintamisessa luodut käyttötapaukset suorituskykytestausohjelmiston ymmärtämään muotoon. Useissa testausohjelmistoissa voidaan käyttöliittymän kautta käyttäjän toimintoketjuja simuloimalla luoda käyttötapaukskoodi automaattisesti. Koodia muokataan muun muassa lisäämällä sinne käyttäjän odotusaikaa kuvaavat merkinnät. Käyttäjän odotusajan avulla simuloidaan aikaa jona käyttäjä ei tee järjestelmässä mitään, vaan esimerkiksi lukee tekstiä sovelluksen ruudulta. Käytön simulointi on näin realistisempaa. (HP 2009.)

Kun testauksen käyttötapaukset on ohjelmoitu valmiiksi, suunnitellaan ajettavat testit. Testitapausten suunnittelussa on huomioitava ainakin 1) mitä käyttötapauksia käytetään kussakin testissä, 2) miten testin kokonaiskäyttäjämäärä jakautuu eri käyttötapauksille, 3) kuinka pitkiä testejä ajetaan ja 4) mikä on testissä käytettävien yhtaikaisten käyttäjien määrä. Suorituskykytestauksessa on testattava useita käyttötapauksia rinnakkain, koska yksittäinen käyttötapaus ei välttämättä aiheuta suorituskykyongelmia, mutta useiden käyttötapauksien yhteisvaikutus voi aiheuttaa suorituskykyongelmia. (Barber 2005.)

Suorituskykytestauksessa pyritään simuloimaan järjestelmän tuotantokäyttöä. Järjestelmän sisältämän datan, eli esimerkiksi tietokannan sisältämien asiakastietojen lisäksi on huomioita testeissä käytettävä data. Suorituskykytestauksessa pyritään simuloimaan järjestelmän tuotantokäyttöä mahdollisimman autenttisesti, joten testeissä tarvitaan esimerkiksi käyttäjätunnuksia järjestelmään kirjautumiseen ja käytön aikana syötettävää dataa.

Laadukkaan testidatan ominaisuuksia ovat Barberin (2005) ja Molyneauxin (2009) mukaan:

- dataa pitää olla riittävästi ja sen pitää vastata tuotannossa käytettävää dataa
- datan pitää olla riittävän yksilöllistä ja vaihtelevaa
- dataa pitää käyttää riittävän sattumanvaraisesti, ettei esimerkiksi välimuisti vääristä tietokannasta haettavien tietojen vastausaikaa
- tarvittaessa voidaan käyttää myös viallista dataa testaamaan järjestelmän suorituskykyä ja toimintaa virhetilanteissa.

Opinnäytetyössä testausympäristöjen valmistelua sivutaan vain lyhyesti. Testauksen kohdeympäristön tulee vastata mahdollisimman tarkasti järjestelmän tuotantoympäristöä. Kohdeympäristön valmistelussa tulee huomioida ainakin: 1) tietoliikenneavaukset kohdeympäristön testauslaitteiston välillä, 2) testauksessa simuloitavien käyttäjien luominen, 3) palvelinten rakentaminen ja konfigurointi, 4) sovellusten asennus ja konfigurointi sekä 5) tietokannan optimointi tuotantokäyttöä vastaavaksi. (Iyer 2005; Molyneaux 2009.)

## 7.8 Testauksen onnistumisen arviointi ja tulosten analysointi

Suorituskykytestauksen tulosten analysointivaiheessa tarkastellaan testien tuloksia suhteessa asetettuihin järjestelmän suorituskyvyn ja suorituskykytestauksen vaatimuksiin. Testauksen tuloksista voidaan suhteellisen helposti nähdä esimerkiksi sovelluksen vastausajat ja järjestelmäresurssien kuormitusaste. Haastavampaa on analysoida esimerkiksi vastausaikojen merkitystä järjestelmän suorituskyvyn kannalta. Yhteistyössä suorituskykytestausprojektin sidosryhmien, lähinnä teknisten asiantuntijoiden kanssa verrataan tuloksia, järjestelmän suorituskykyä, määritettyihin vaatimuksiin. (Iyer 2005; Molyneaux 2009.)

Vertailun perusteella voidaan määrittää onko järjestelmä riittävän suorituskykyinen. Vertailu on tärkeää, koska sen perusteella voidaan määrittää täyttääkö järjestelmä asetetut vaatimukset, eli voidaanko järjestelmä ottaa tuotantokäyttöön. Suorituskykytestauksen tulokset ja arvio järjestelmän suorituskyvystä raportoidaan oikeille kohderyhmille. Liiketoiminnan edustajille raportoidaan lyhyesti lähinnä siitä täyttikö järjestelmä suorituskykyvaatimukset ja teknisille henkilöille raportoidaan tarkemmin järjestelmän toiminnasta ja suorituskyvystä. (Iyer 2005; Molyneaux 2009.)

## 8 Tutkimuksen tulokset

Tässä kappaleessa esitellään opinnäytetyön tulokset. Tuloksia ovat suorituskykytestauksen kannalta soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit, järjestelmän suorituskykyvaatimusten määrittely niin, ne helpottaisivat järjestelmän suorituskyvyn todentamista, suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräysmenetelmä sekä Sysart Oy:n uusi suorituskykytestauspalvelukonsepti.

### 8.1 Suorituskyvyn mittarit ja suorituskykyvaatimusten määrittäminen

Tämän tutkimuksen mukaan suorituskykytestauksen kannalta toimivimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit ovat vastausaika, resurssien käyttöaste sekä välityskyky. Vastausaika on aika joka kuluu järjestelmän vastatessa käyttäjän pyyntöön. Välityskyky määrittää sen kuinka usein järjestelmään liittyvät tapahtumat ilmenevät, esimerkiksi montako hintakyselyä sovelus pystyy käsittelemään tietyssä ajassa. Resurssin käyttöaste määrittää sen kuinka paljon resurssin teoreettisesta kapasiteetista on käytössä, toisin sanoen mikä on resurssin kuormitus.

Tämän tutkimuksen mukaan suorituskykytestauksen kannalta järjestelmän suorituskyvyn todentamista voidaan helpottaa määrittämällä malli suorituskykytestausvaatimusten rakentamiseen. Vaatimuksen rakentamismalli helpottaa yhtenäisten vaatimusten kokoamista. Mallin mukaan rakennetut vaatimukset täyttävät hyvän vaatimuksen kriteerit, jolloin muun muassa yksittäisten vaatimusten vertailu ja vaatimusten kattavuuden todentaminen helpottuu. Järjestelmän suorituskykyvaatimusten perusteella voidaan todentaa onko järjestelmä riittävän suorituskykyinen vai ei.

Suorituskykytestauksessa järjestelmän suorituskykyä mitataan normaalin tuotantokäytön mukaisissa olosuhteissa. Järjestelmästä kerättyjen tietojen perusteella määritetään muun muassa järjestelmän suorituskyvyn kannalta kriittiset tai enintään kuormitetut järjestelmäkomponentit. Näille komponenteille määritetään suorituskykyvaatimukset. Vaatimusten perusteella voidaan arvioida onko järjestelmä suorituskykyinen. Esimerkiksi käyttöaste kuvaa prosessoriresurssin suorituskykyä. Prosessorille voidaan siis rakentaa seuraavanlainen suorituskykyvaatimus: Prosessoriresurssin käyttöaste pitää olla enintään 90 % kun käyttäjämäärä on keskimäärin 500 kolmen tunnin ajanjaksolla.

Taulukossa 4 on kuvattu tässä tutkimuksessa luotu malli järjestelmäkomponenttien suorituskyvyn vaatimusten rakentamiseksi. Vaatimus kuvaa komponentin tai resurssin suorituskyky-mittarin arvoa tietyssä tilanteessa ja tietyn ajan verran.

Resurssin	käyttöaste	pitää olla	vähintään	A	prosenttia		kun	käyttäjämäärä on	vähintään	C	D	ajan-jaksolla
			enintään		sekuntia	enintään						
Komponentin	vastausaika		keskimäärin		pyyntöä	B			keskimäärin			
	välityskyky				megatavua							

Taulukko 4: Suorituskykyvaatimusten rakentaminen

A = numeerinen mittarin arvo (95)

B = aikamääre (sekuntia, tuntia)

C = numeerinen käyttäjämäärän arvo (500)

D = aikamääre (sekuntia, tuntia)

Resurssit ja komponentit ovat esimerkiksi sovelluspalvelin, keskusmuisti tai prosessori. Suorituskyvyn vaatimuksissa käytettyjen resurssien ja komponenttien ei tarvitse olla samantasoisia, vaan niissä voidaan käyttää esimerkiksi komponenttia palvelin tai resurssia keskusmuisti. Järjestelmän suorituskyvyn soveltuvimmat mittarit suorituskykytestauksen kannalta ovat käyttöaste, vastausaika ja välityskyky. Taulukossa voidaan käyttää myös muita mittareita. Suorituskykytestauksessa soveltuvinta on määrittää mittareiden arvojen keskiarvo, pienin arvo ja suurin arvo. Mittarien arvoja kuvaavat suureet ovat esimerkiksi prosentteja tai megatavuja. Järjestelmän suorituskykyä arvioidaan kun järjestelmässä on tietty määrä käyttäjiä tietyn ajan kuluessa, esimerkiksi kun käyttäjiä on keskimäärin 500 kahden tunnin aikana.

Esimerkkejä vaatimusten rakentamisesta taulukon 4 avulla:

- 1 Sovelluspalvelin -komponentin välityskyky pitää olla keskimäärin 5 megatavua sekunnissa kun käyttäjämäärä on enintään 1000 käyttäjää tunnin ajanjaksolla.
- 2 Sovelluksen etusivu -komponentin vastausaika pitää olla enintään 3 sekuntia kun käyttäjämäärä on vähintään 1000 puolen tunnin ajanjaksolla.
- 3 Tietokantapalvelimen prosessorin käyttö -resurssin käyttöaste pitää olla enintään 85 prosenttia, kun käyttäjämäärä on keskimäärin 500 käyttäjää tunnin aikana.



## 8.2 Suorituskykytestaukseen liittyvien tietojen keräys- ja analysointimenetelmä

Suorituskykytestauksessa kohdejärjestelmän sidosryhmillä on merkittävä rooli mm. suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen toimittamisessa. Tietojen tulee olla riittävän kattavia, oikeellisia ja tarkkoja. Ongelmia tietojen hankkimiseen aiheuttavat muun muassa ihmisten välisen viestinnän haasteet sekä tietojen keräämisen välineiden ja menetelmien puute.

Opinnäytetyössä rakennetulla menetelmällä voidaan eri lähteistä kerättäviä suorituskykytestauksessa tarvittavia tietoja jäsentää ja analysoida. Menetelmän ydin on yhdistelmätaulukko, jonka avulla vaatimukset ja toiveet voidaan linkittää järjestelmän käyttötapauksiin ja järjestelmäkomponentteihin. Suorituskykytestauksessa tarvittavat kohdejärjestelmän ympäristö- ja käyttötiedot kerätään järjestelmädokumenteista ja sidosryhmien haastatteluilla. Sidoryhmiltä kerätään lisäksi toiveita järjestelmän suorituskykyyn liittyen. Kerättäviä tietoja voidaan menetelmän avulla jäsentää, analysoida ja vertailla.

Taulukoita on kahdeksan:

- 1 Järjestelmäkomponenttien tiedot
- 2 Järjestelmäsovellusten tiedot
- 3 Järjestelmän tärkeimpien prosessien tiedot
- 4 Ulkoisten järjestelmäkomponenttien kuvaus
- 5 Liiketoiminnan käyttötapausten tiedot
- 6 Järjestelmän käyttäjämäärät
- 7 Käyttäjien toiveet ja muut vaatimukset
- 8 Vaatimusten yhdistäminen järjestelmäkomponentteihin

Taulukoihin 1-4 kerätään järjestelmäympäristön tietoja, kuten järjestelmäpalvelinten roolit ja kokoonpanotiedot, sovellusten rooli- ja versiotiedot sekä järjestelmän tärkeimpien prosessien tunnistetiedot. Lisäksi kerätään järjestelmän suorituskykyyn vaikuttavien ulkoisten komponenttien kuvaukset. Taulukkoon 5 kerätään tiedot järjestelmän suorituskyvyn kannalta merkittävimmistä käyttötapauksista ja taulukkoon 6 järjestelmän käyttäjämäärätiedot. Taulukon 7 avulla rakennetaan varsinaiset järjestelmän suorituskykyvaatimukset. Taulukon 8 avulla suorituskykyvaatimukset voidaan linkittää järjestelmän käyttötapauksiin ja ympäristötietoihin. Liitteessä 2 on kuvattu taulukkomallit sisältöesimerkkeineen.

### 8.3 Uusi Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelukonsepti

Palvelukonseptilla kuvataan palvelun sisältöä, eli sitä mikä palvelun tarkoitus on, mitä asiakas siitä hyötyy ja miten lopputulos asiakkaalle tuotetaan. Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelun tarkoituksena on tuottaa laadukasta tietoa järjestelmän suorituskyvystä ja toiminnasta suuren kuormituksen alla. Suorituskykytestauspalvelu tarjoaa ammattitaitoista suorituskykytestauksen huippuosaamista, innostuneita ja motivoituneita tekijöitä, laadukkaan testausprosessin, luotettavat suorituskykytestauksen tulokset sekä hyödyntää asiakkaan asiantuntemuksen ja huomio asiakkaan tarpeet.

Suorituskykytestauspalvelun arvo on:

- suorituskykytestauksen lopputuloksena saatava laadukkaasti suorituskykytestattu järjestelmä
- ammattitaitoisen testaushenkilöstö ja laadukas testausprosessi
- asiakkaan tarpeita ja tavoitteita noudattaen tehty suorituskykytestaus. Asiakkaan sitouttamisella lisätään sekä palvelun läpinäkyvyyttä että varmistetaan suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen hyvyys ja laadukkuus asiakkaan näkökulmasta.
- Palvelukonseptin avulla määritetty suorituskykytestausprosessi varmistaa testauksen lähtökohtana olevien tietojen hyvyden, tietojen laadukkaan hyödyntämisen ja testauksen tulosten laadukkuuden.

Suorituskykytestauspalvelussa asiakkaan kulut ovat työtä jonka asiakas joutuu tekemään jotta palvelulta saataisiin tyydyttävä lopputulos. Asiakkaan on esimerkiksi tuotettava tietoa palvelun tarpeisiin, sekä usein huolehdittava suorituskykytestauksen käytännön järjestelyistä, kuten tilojen ja resurssien varaamisesta.

Suorituskykytestausprosessin lopputuloksena kohdejärjestelmän suorituskyky on testattu laadukkaasti ja järjestelmän suorituskykyisyys voidaan arvioida vertaamalla järjestelmän suorituskykyä asetettuihin suorituskykyvaatimuksiin. Suorituskykytestauksen tärkeimpänä tavoitteena on varmistaa sekä järjestelmän komponenttien riittävän suorituskykyinen toiminta tuotantoympäristössä että järjestelmän liiketoimintaprosessien suunnitellun mukainen toiminta suuren kuormituksen alla. Suorituskykytestauksella voidaan siis todentaa täyttääkö järjestelmä suorituskykyvaatimukset ja -kriteerit vaatimusten mukaisilla käyttökuormilla.

Suorituskykytestauspalvelun konkreettisen lopputuloksena saadaan mittaustulokset suorituskykytestauksesta ja raportti suorituskykytestauksen tuloksista. Raportti sisältää mittaustulos-

ten lisäksi arvion järjestelmän suorituskyvystä. Mittaustulosten perusteella voidaan muun muassa tunnistaa mahdolliset suorituskykyongelmat, paikallistaa suorituskyvyn pullonkaulat, arvioida järjestelmän resurssien riittävyys sekä arvioida sovelluksen vastausaikoja.

Suorituskykytestauspalvelu on asiantuntijapalvelua jossa suorituskykytestaajan toiminta ja osaaminen vaikuttavat huomattavasti palvelun onnistumiseen. Myös sidosryhmien toiminnalla ja testauksen ympäristöllä on vaikutusta palvelun onnistumiseen. Testauksen kohdejärjestelmän ja suorituskykytestausvälineen ympäristön tulee olla valmiina testausta varten. Järjestelmien sovellusten ja palvelinten pitää olla asennettuina ja konfiguroituina. Testauksen kohdejärjestelmässä pitää lisäksi olla muun muassa tarvittava määrä testidataa kopioituna.

Sidosryhmillä on osaamista ja testauksen kohdejärjestelmän tuntemusta jota ilman suorituskykytestausprojektia ei voida viedä läpi. Sidosryhmät avustavat vaatimusten määrittämisessä ja testitulosten analysoinnissa. Sidosryhmien vastuulla on myös testauksen kohdejärjestelmän ja suorituskykytestausjärjestelmän rakentaminen. Sidosryhmien tuottamaa tietoa tarvitaan:

- järjestelmän käytön mallintamisessa
- järjestelmän toiminnan tarkoituksen kuvaamisessa liiketoiminnan näkökulmasta
- järjestelmän kokoonpanoon ja ympäristöön liittyvien tietojen hankkimisessa
- järjestelmän suorituskyvyn vaatimusten ja suorituskykytestauksen onnistumiskriteerien määrittämisessä. Sidosryhmien toiveita hyödynnetään varsinkin testauksen onnistumiskriteerien määrittämisessä.

Projektipäällikkö toimii ensisijaisena yhteyshenkilönä suorituskykytestaajan ja asiakasorganisaation välissä ja on vastuussa suorituskykytestausprojektista asiakkaan puolelta. Projektipäällikkö vastaa testauksen käytännön järjestelyistä, kuten siitä että tarvittavat resurssit ja tilat ovat projektin käytössä. Projektipäällikkö myös hyväksyy testausprojektin vaiheita ja päättää esimerkiksi testauksen keskeyttämisestä sovelluksen korjaamisen ajaksi.

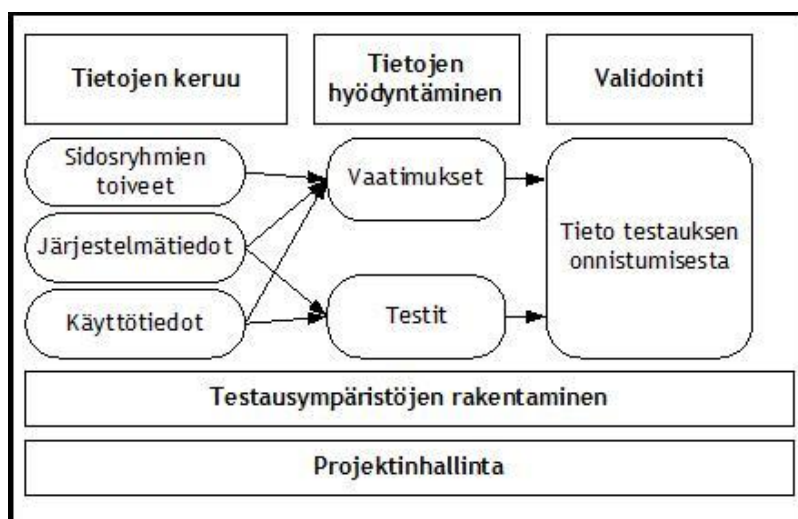
Järjestelmäasiantuntijat avustavat testausprojektin eri tehtävissä ja varmistavat että suorituskykytestauksen ympäristö on valmiina testausta varten. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä että testauksen kohdeympäristö on valmiina testausta varten. Järjestelmäasiantuntijat tuottavat myös tietoa omalta asiantuntija-alueeltaan suorituskykytestauksen tarpeisiin.

Suorituskykytestaaja vastaa suorituskykytestausprosessista ja hallinnoi kaikkia suorituskykytestauksen aktiviteetteja. Suorituskykytestaaja suunnittelee ja toteuttaa testauksen sekä vastaa siitä että suorituskykytestauksen ympäristöt ovat testausvalmiina.

Asiakas kokee suorituskykytestauspalvelun palvelutapahtumien kautta. Tavoitteena on että asiakas tuntee saavansa ammattitaitoista, laadukasta ja odotuksia vastaavaa palvelua. Asiakkaan odotuksiin voidaan vastata tarjoamalla laadukasta palvelua ja selvittämällä asiakkaalle heti projektin aluksi mitä suorituskykytestaus on, mitä sillä voidaan saavuttaa ja mitä sillä ei voida saavuttaa.

Sysart Oy:n suorituskykytestauspalvelun prosessi kuvaa suorituskykytestausta tiedon käsittelyn näkökulmasta. Prosessin kulku voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: 1) tietojen keruu, 2) tietojen hyödyntäminen ja 3) tietojen validointi. Ensimmäisessä vaiheessa kerätään suorituskykytestauksessa tarvittavat tiedot. Toisessa vaiheessa kerättyjen tietojen pohjalta rakennetaan testauksen kohdejärjestelmän suorituskykyvaatimukset sekä varsinaiset suorituskykytestit. Testien ajon jälkeen viimeisessä vaiheessa arvioidaan kohdejärjestelmän suorituskyky vertaamalla testien tuloksia suorituskykyvaatimuksiin. Prosessia tukevat projektinhallinta ja testiympäristöjen rakentaminen -vaiheet kestävät prosessin alusta loppuun.

Testiympäristöjen rakentaminen sisältää testauksen kohdeympäristön ja suorituskykytestausvälineympäristön rakentamisen. Projektinhallinta sisältää suorituskykytestausprosessiin liittyvät hallinnolliset asiat, kuten kokoukset ja dokumentoinnin. Kuvassa 10 on suorituskykytestausprosessin yleiset vaiheet. Liitteessä 1 on kuvattu suorituskykytestausprosessin vaiheet sidosryhmien tuottamien tietojen näkökulmasta.



Kuva 10: Suorituskykytestausprosessi

Suorituskykytestausprojekti aloitetaan palvelutapahtumalla jossa määritetään suorituskykytestausprojektin tavoitteet, aikataulu, käytettävissä olevat resurssit, sekä muut hallinnolliset

asiat. Palvelutapahtuman tärkeimpinä tavoitteina on määrittää projektin tavoite ja sitouttaa sidosryhmät projektiin määrittämällä projektin roolit ja tehtävät. Projektin aikana seurataan projektin etenemistä erillisissä palvelutapahtumissa ja käsitellään tarvittaessa testauksessa ilmenneitä poikkeustilanteita.

Tietojen keruuvaiheessa kerätään suorituskykytestauksen kannalta oleellisia tietoja testauksen kohdeympäristöstä, järjestelmän käyttämisestä, sidosryhmien tavoitteista sekä muista suorituskykytestausprojektiin liittyvistä asioista. Tiedot kerätään järjestelmädokumenteista ja täydennetään palvelutapahtumissa tapahtuvilla haastatteluilla. Palvelutapahtumat ovat keskusteluita sidosryhmien kanssa; puheluita kokouksia ja muita vastaavia. Palvelutapahtumien tarkoituksena on saada kerättyä riittävä määrä oikeellista tietoa järjestelmän ja sen käytön mallintamiseen ja vaatimusten rakentamiseen.

Seuraavassa kuvataan suorituskykytestauksen vaiheiden sisältö. Vaiheista kuvataan vaiheen tarkoitus, vaiheeseen osallistuvat henkilöt, mitä vaiheessa tehdään, mitkä ovat vaiheen konkreettiset tulokset, ja mitä toimia hyvien tulosten saavuttamiseksi vaaditaan.

#### Vaihe 1: Alustavien suorituskykytestausprojektin tietojen keruu

Toiminto	Alustavien projektitietojen keruu
Tarkoitus	Projektin hallinnollisten asioiden määrittäminen Projektin tavoitteiden määrittäminen Sidosryhmien sitouttaminen roolien ja tehtävien määrittämisen avulla
Osallistujat	Liiketoiminta, projektipäällikkö, testaaaja
Vaiheet	Määritetään testauksen hallinnolliset asiat, tavoitteet, roolit ja tehtävät
Tulos	Projektin käynnistämiseksi tarvittavat asiat on määritetty
Mitä vaaditaan	Riittävä valmistautuminen, mm. sidosryhmillä tulisi olla selvillä omat toiveensa ja tavoitteensa projektia kohtaan.

## Vaihe 2: Järjestelmän kokoonpanon ja ympäristön tietojen keruu

Toiminto	Järjestelmän kokoonpanon ja ympäristön tietojen keruu
Tarkoitus	Järjestelmäympäristön ja kokoonpanon tietojen keruu
Osallistujat	Liiketoiminta, projektipäällikkö, asiantuntijat, testaaja
Vaiheet	Kerätään järjestelmädokumentit ja muut tietolähteet Analysoidaan järjestelmädokumentit ja muut tietolähteet Kerätään täydentävää materiaalia osallistujien haastatteluilla
Tulos	Järjestelmäympäristön tiedot on kerätty ja analysoitu
Mitä vaaditaan	Järjestelmädokumentit ja muut kuvaukset testauksen kohdejärjestelmästä Sidosryhmien on valmistauduttava haastatteluihin mm. keräämällä tietoja omasta osa-alueestaan suorituskyvyn ja sen testaamisen näkökulmasta.
Haasteet	Ei saada kerättyä riittävästi tietoa, esimerkiksi koska kohdejärjestelmästä ei ole saatavilla riittävästi materiaalia tai koska sidosryhmät eivät tunne järjestelmän toimintaa ja tarkoitusta riittävän hyvin. Sidosryhmät eivät osaa tarkastella järjestelmää suorituskyvyn näkökulmasta, jolloin kerättävät tiedot eivät ole riittävän laadukkaita.

## Vaihe 3: Järjestelmän käyttö- ja käyttäjätietojen keruu

Toiminto	Järjestelmän käyttö- ja käyttäjätietojen keruu
Tarkoitus	Järjestelmän käyttöön ja käyttäjiin liittyvien tietojen kerääminen. Tiedot kerätään järjestelmäkuvauksista, jos mahdollista nykyisen järjestelmän käyttödatasta, kuten lokitiedoista, sekä sidosryhmien haastatteluilla. Kerättyjen tietojen perusteella voidaan rakentaa malli järjestelmän käyttötavoista ja käyttömäärien jakautumisesta eri käyttötapojen kesken.
Osallistujat	Liiketoiminta, projektipäällikkö, asiantuntijat, käyttäjä, testaaja
Vaiheet	Kerätään järjestelmän käyttödataa. Datan perusteella voidaan arvioida järjestelmän käyttäjämäärät eri aikoina Kerätään tietoa järjestelmän käyttötavoista Kerätään tietoja järjestelmän käyttäjätyypeistä. Analysoidaan järjestelmästä kerätyt tiedot
Tulos	Järjestelmän käyttötiedot on kerätty ja analysoitu
Mitä vaaditaan	Järjestelmädokumentit ja muut kuvaukset testauksen kohdejärjestelmästä Sidosryhmien on valmistauduttava haastatteluihin mm. keräämällä tietoja omasta osa-alueestaan suorituskyvyn ja sen testaamisen näkökulmasta.
Haasteet	Ei saada kerättyä riittävästi tietoa, esimerkiksi koska kohdejärjestelmästä ei ole saatavilla riittävästi materiaalia tai koska sidosryhmät eivät tunne järjestelmän toimintaa ja tarkoitusta riittävän hyvin. Sidosryhmät eivät osaa tarkastella järjestelmää suorituskyvyn näkökulmasta, jolloin kerättävät tiedot eivät ole riittävän laadukkaita.

## Vaihe 4: Sidosryhmien toiveiden ja vaatimusten kerääminen

Toiminto	Sidosryhmien toiveiden ja vaatimusten kerääminen
Tarkoitus	Sidosryhmillä on toiveita ja vaatimuksia sekä järjestelmän suorituskykyä että sen testaamista kohtaan. Toiveita ja tavoitteita käytetään materiaalina suorituskykytestauksen tavoitteita ja vaatimuksia rakennettaessa.
Osallistujat	Liiketoiminta, projektipäällikkö, asiantuntijat, käyttäjä, testaaja
Vaiheet	Kerätään sidosryhmien tavoitteita ja vaatimuksia haastatteluilla.
Tulos	Sidosryhmien toiveet ja tavoitteet on kerätty
Mitä vaaditaan	Sidosryhmien on valmistauduttava haastatteluihin mm. miettimällä testauksen kohdejärjestelmää ja omia tavoitteitaan järjestelmän suhteen suorituskyvyn näkökulmasta.
Haasteet	Sidosryhmät eivät osaa tarkastella järjestelmää suorituskyvyn näkökulmasta, jolloin kerättävät tiedot eivät ole riittävän laadukkaita.

## Vaihe 5: Tietojen analysointi ja vaatimusten rakentaminen.

Toiminto	Tietojen analysointi ja vaatimusten rakentaminen
Tarkoitus	Analysoidaan järjestelmästä ja sidosryhmiltä kerättävät tiedot ja rakennetaan järjestelmän suorituskyvyn ja sen testaamisen vaatimukset.
Osallistujat	Testaaja, järjestelmäasiantuntija, projektipäällikkö
Vaiheet	Analysoidaan kerätyt tiedot Rakennetaan suorituskykyvaatimukset Rakennetaan suorituskykytestauksen onnistumiskriteerit
Tulos	Suorituskyvyn vaatimukset on rakennettu Suorituskykytestauksen onnistumiskriteerit on määritetty
Mitä vaaditaan	Tarvittavat tiedot on kerätty
Haasteet	Tietoja ei ole riittävästi

## Vaihe 6: Tietojen analysointi ja testien rakentaminen.

Toiminto	Tietojen analysointi ja testien rakentaminen
Tarkoitus	Analysoidaan järjestelmätiedot ja rakennetaan suorituskykytestit
Osallistujat	Testaaja, järjestelmäasiantuntija, projektipäällikkö
Vaiheet	Analysoidaan kerätyt tiedot Rakennetaan testauksen käyttötapaukset ja testauksen testitapaukset
Tulos	Suorituskykytestauksen käyttötapaukset ja testitapaukset on rakennettu
Mitä vaaditaan	Tarvittavat tiedot on kerätty
Haasteet	Tietoja ei ole riittävästi eivätkä tiedot ole riittävän oikeellisia

Vaihe 7: Varsinainen suorituskyvyn testaus.

Toiminto	Suorituskykytestaus
Tarkoitus	Ajetaan varsinaiset suorituskykytestit
Osallistujat	Testaaja
Vaiheet	Testataan järjestelmä testausuunnitelman mukaisesti
Tulos	Testit on suoritettu suunnitelman mukaisesti
Mitä vaaditaan	Testit on rakennettu ja testausympäristöt ovat testausvalmiina
Haasteet	Ympäristöt muuttuvat testauksen aikana Testeillä ei pystytä testaamaan haluttuja asioita

Vaihe 8: Testauksen tulosten analysointi.

Toiminto	Testauksen tulosten analysointi
Tarkoitus	Vertaamalla testien tuloksia vaatimuksiin tutkitaan onko testaus saavuttanut tavoitteensa onko järjestelmä suorituskykyinen.
Osallistujat	Testaaja, järjestelmäasiantuntija, projektipäällikkö
Vaiheet	Analysoidaan testien tulokset Arvioidaan järjestelmän suorituskyky ja testauksen onnistuminen
Tulos	Testauksen tulokset on analysoitu. Järjestelmän suorituskykyisyys ja testauksen onnistuminen on arvioitu
Mitä vaaditaan	Riittävä osaaminen järjestelmästä Oikeat resurssit mukana analysoinnissa ja arvioinnissa
Haasteet	Testeillä ei ole saatu riittävästi tietoa järjestelmän suorituskyvystä Analysoinnissa ei ole mukana oikeita henkilöitä määrittämään järjestelmän suorituskykyisyyttä

Vaihe 9: Testauksen tulosten esittely.

Toiminto	Suorituskykytestauksen tulosten esittely
Tarkoitus	Suorituskykytestauksen tulokset ja projektin loppuraportti esitellään sidosryhmille.
Osallistujat	Liiketoiminta, projektipäällikkö, asiantuntijat, käyttäjä, testaaja
Vaiheet	Esitellään testauksen tulokset
Tulos	Testauksen tulokset on esitelty ja testausprojekti hyväksytty
Mitä vaaditaan	Oikeat henkilöitä paikalla jotta testausprojektin hyväksymisestä voidaan päättää.
Haasteet	Paikalla ei ole oikeita henkilöitä päättämään projektin hyväksymisestä



## 9 Pohdinta ja johtopäätökset

Järjestelmän suorituskyvyn määrittäminen on haastavaa, koska suorituskyky rakentuu kokonaisuudesta jonka muodostavat yksittäiset toisistaan riippuvat komponentit, kuten sovellukset. Suorituskykyyn vaikuttaa järjestelmän käyttötarkoitus, käyttäjämäärät sekä tietyssä määrin muut järjestelmät. Jokainen järjestelmäympäristö on ainutlaatuinen, jolloin yleisistä suorituskyvyn suosituksista pitää rakentaa juuri kyseistä ympäristöä koskevat suorituskyvyn määritykset ja vaatimukset.

Myös järjestelmän suorituskykyvaatimusten määrittäminen on haastavaa. Määrittämistä toisaalta helpottaa se, ettei suorituskykytestauksessa ole tarkoitus löytää järjestelmän optimaalista suorituskykyä, riittää että järjestelmä on tarpeeksi suorituskykyinen tehtäviin joihin se on tarkoitettu. Laadukkaasti toteutetulla suorituskykytestauksella voidaan todentaa onko testauksen kohteena oleva järjestelmä riittävän suorituskykyinen. Edellytyksenä on että järjestelmän toiminta on kartoitettu ja että suorituskykytestaus perustuu oikein määriteltyihin suorituskykyvaatimuksiin.

Tässä tutkimuksessa rakennettiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen menetelmin parannettu suorituskykytestauspalvelu Sysart Oy:n tarpeisiin. Johtopäätöksiä voidaan todeta että 1) palvelun kehittäminen paransi suorituskykytestauspalvelua, 2) soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit suorituskykytestauksen näkökulmasta ovat vastausaika, välityskyky ja resurssien käyttöaste, 3) suorituskyvyn todentamisessa käytettävien vaatimusten rakentamista voidaan helpottaa keräämällä riittävästi oikeellista ja tarkkaa tietoa järjestelmästä, ja käyttämällä yhtenäistä vaatimusten rakentamiskaaviota, 4) suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräys- ja analysointimenetelmän avulla voidaan helpottaa ongelmia jotka johtuvat suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen hajanaisuudesta ja testauksen osapuolten viestinnän haasteista.

Tässä opinnäytetyössä määritettiin suorituskykytestauksen kannalta soveltuvimmat järjestelmän suorituskyvyn mittarit: vastausaika, resurssin käyttöaste ja välityskyky. Opinnäytetyössä kehitetyn suorituskykyvaatimusten rakentamismallin avulla voidaan helpottaa yhtenäisten suorituskykyvaatimusten kokoamista. Mallin mukaan rakennetut suorituskykyvaatimukset täyttävät Mannionin ja Keepencen (2995) hyvän vaatimuksen kriteerit, jolloin muun muassa yksittäisten vaatimusten vertailu ja vaatimusten kattavuuden todentaminen helpottuu.

Suorituskykytestauspalvelun nykytilaa pystyttiin parantamaan muun muassa rakentamalla uusi suorituskykytestauksen palvelukonsepti. Palvelukonseptin rakentamisen osana kuvattiin uusi palveluprosessi, luotiin uusi malli suorituskykyvaatimusten rakentamiseen, sekä rakennettiin menetelmä helpottamaan suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräystä ja analysointia. Kehittämisen tuloksena pystyttiin korjaamaan nykytilassa havaittuja puutteita ja näin parantamaan suorituskykytestauspalvelun laatua.

Sidosryhmillä on merkittävä rooli suorituskykytestauksen onnistumisen kannalta kriittisten, järjestelmäympäristöön, järjestelmän käyttöön ja suorituskykyvaatimuksiin liittyvien tietojen keräämisessä. Sidosryhmien iso rooli voi vaikeuttaa riittävän kattavan ja luotettavan tiedon hankkimista, koska laajojen järjestelmien täydellinen kartoittaminen ja testauksen kannalta oikeiden asioiden löytäminen on haastavaa. Lisäksi ongelmia aiheuttavat muun muassa ihmisten välisen viestinnän haasteet sekä riittävän tarkkojen tietojen keräämisen välineiden ja menetelmien puute.

Opinnäytetyössä rakennettu menetelmä helpottaa tietojen keräystä ja analysointia. Menetelmä auttaa muun muassa todentamaan että oikeellista tietoa on kerätty riittävä määrä, että linkittämään kerätyt tiedot sekä toisiinsa että suorituskykyvaatimuksiin. Menetelmä ei itsessään takaa suorituskykytestauksen onnistumista, koska myös kerättävien tietojen on oltava riittävän tarkkoja ja oikeellisia kuvaamaan järjestelmän tilaa, ja koska tietojen analysointi ja hyödyntäminen vaatii osaamista sekä suorituskykytestauksesta että testauksen kohdeympäristöstä. Toisaalta ilman keräys- ja analysointimenetelmää tietokokonaisuuden hahmottaminen olisi vielä haastavampaa.

Opinnäytetyötä arvioitiin 1) vertaamalla tuloksena saatua parannettua suorituskykytestauspalvelua sekä palvelun kehittämisen lähtötilanteeseen että soveltuvilta osin suorituskykytestauskirjallisuuden parhaisiin menetelmiin, 2) vertaamalla tutkimusprosessin ja tutkimuksen tulosten hyvyttä Järvisen ja Järvisen (2004) kuvaamiin tieteellisyyden kriteereihin ja Hevnerin ym. (2004) määrittelemiä suunnittelutieteellisen tutkimuksen tekemisen ohjeisiin.

Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tuloksia arvioidaan suhteessa lähtötilaan tarkastelemalla paransiko kehittämistyö tutkimuksen lähtötilannetta ja ratkaisiko se lähtötilan ongelmat. Opinnäytetyössä rakennetun suorituskykytestauspalvelun parannuksia arvioitiin suhteessa kehittämisen alkutilaan. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5) kuvataan kehittämisen tuloksena rakennetut ratkaisut palvelun nykytilassa havaittuihin puutteisiin.

Palvelun nykytilassa havaittu puute	Ratkaisu havaittuun puutteeseen
Sidosryhmien tehtävien ja vastuiden epätarkkuudet vaikuttavat työskentelyn tehokkuuteen ja laatuun, aiheuttamalla esimerkiksi epähuomiossa suorittamatta jääneitä tehtäviä.	Sidosryhmien tehtävien ja vastuiden epätarkkuuksia vähennettiin rakentamalla palvelukonsepti. Palvelukonseptissa tehtävät ja vastuut on tarkasti määritelty, jolloin sidosryhmät tunnistavat sekä omat tehtävänsä että heiltä odotetut tulokset.
Sidosryhmien riittämätön testauksen kohdejärjestelmän tuntemus tai suorituskkytestauksen tuntemus voivat aiheuttaa epärealistisia odotuksia suorituskkytestausta kohtaan tai puutteellista valmistautumista ja sitoutumista.	Vaikka ihmisten toimintaa ei voida liiallisesti ohjata, voidaan seuraavilla keinoilla vähentää nykytilan puutteen vaikutusta. 1) Epärealististen odotusten ja puutteellisen valmistautumisen aiheuttamia ongelmia voidaan vähentää ja niiden vaikutusta pienentää sitouttamalla sidosryhmät palvelun tuottamiseen ja tutustuttamalla sidosryhmät suorituskkytestauksen tavoitteisiin ja vaatimuksiin. 2) Sidosryhmien osallistuminen palveluprosessin tietojen tuottamiseen lisää sidosryhmien ymmärrystä kohdejärjestelmästä suorituskkytestauksen näkökulmasta.
Järjestelmäympäristöstä ja järjestelmän käytöstä on saatava kerättyä riittävä määrä täsmällisiä ja oikeellisia tietoja.	Tietojen keräys- ja analysointitaulukoiden avulla saadaan kerättyä riittävä määrä jäsenettyä ja täsmällistä tietoa. Tietojen täydellisestä oikeellisuudesta ei voida varmistua, mutta koska suorituskkytestaus on kokonaisuuden suorituskkyyn testaamista, ei tietojen välttämättä tarvitse olla täydellisen tarkkoja ja oikeellisia. Testaajan on arvioitava tietojen analysointivaiheessa onko käytettävissä riittävän laadukasta tietoa.
Järjestelmän suorituskkyyn tai sen testaamiseen kohdistuvia toiveita ja vaatimuksia ei tunnisteta tai niitä ei saada hyödynnettyä oikein.	Tietojen keräysmenetelmän ja vaatimusten rakentamismallin avulla testaamiseen liittyvät toiveet ja vaatimukset saadaan kerättyä ja analysoitua laadukkaasti. Tietojen hyödynnettävyys ja samalla testauksen tulosten hyvyys riippuu testattavasta ympäristöstä ja siitä saatavilla olevien tietojen oikeellisuudesta ja määrästä. Voidaan kuitenkin olettaa että suurimmassa osassa suorituskkytestausprojekteja tässä työssä kehitetyt menetelmät yhdessä suorituskkytestaajan asiantuntemuksen kanssa tuottavat riittävän hyviä testaustuloksia.

<p>Palvelukonseptin laatua pitäisi kehittää muun muassa prosessia selkeyttämällä ja dokumentoimalla, yksittäisten palvelutapahtumien tavoitteita ja tuloksia tarkentamalla, palvelutapahtumien kulkua, rooleja ja tehtäviä selkeyttämällä.</p>	<p>Palvelukonseptin avulla 1) palveluprosessia selkeytettiin, 2) prosessin vaiheiden tulostavoitteita selkeytettiin ja dokumentoitiin, 3) palvelutapahtumien kulkua, rooleja ja tavoitteita määritettiin ja dokumentoitiin.</p>
--	---

Taulukko 5: Palvelun kehittämiskohteet ja parannukset

Muun muassa Pande ja Ganesan (2005) sekä Microsoft (2007) ovat käsitelleet suorituskykytestauksessa tarvittavien tietojen keräämistä ja painottaneet tietojen keräämisen tärkeyttä. Kirjoittajat listaavat tietoja joita järjestelmästä ja sen käyttämisestä tulisi kerätä, lisäksi Pande ja Ganesan (2005) esittelevät menetelmän jossa järjestelmäympäristön ja järjestelmän käytön tiedot kerätään eri taulukoihin.

Tässä tutkimuksessa rakennettu tietojen keräys- ja analysointimenetelmä täydentää Panden ja Ganesanin (2005) menetelmää muun muassa tarkentamalla käyttötapauksista kerättäviä tietoja sekä lisäämällä taulukon johon kerätään suorituskykyvaatimuksia ja käyttäjien toiveita järjestelmän suorituskykyä kohtaan. Sekä Panden ja Ganesanin (2005) että tässä tutkimuksessa rakennetun menetelmän hyödyntäminen vaatii asiantuntemusta. Tässä tutkimuksessa rakennetun menetelmän täydennykset kuitenkin helpottavat sekä järjestelmäkokonaisuuden suorituskyvyn hahmottamista että järjestelmäympäristön linkittämistä suorituskykyvaatimuksiin.

Tämä opinnäytetyö tehtiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen menetelmin. Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tulosten ja tutkimusprosessin hyvyttä voidaan arvioida muun muassa Hevnerin ym. (2004) suunnittelutieteellisen tutkimuksen tekemisen ohjeisiin perustuen. Hevnerin ym. (2004) ohjeet suunnittelutieteellisen tutkimuksen tekemiselle (Taulukko 6):

Ohje	Ohjeen toteutuma opinnäytetyössä
1. Suunnittele artefakti	Kehitystyön tuloksena rakennettiin parannettu suorituskykytestauspalvelu. Parannettu palvelu on kuvattu tarkasti ja on siksi sovellettavissa käytettäväksi myös yleisti. Vertailemalla parannettua suorituskykytestauspalvelua sekä kehittämisen alkutilaan että muihin tässä työssä kuvattuihin suorituskykytestausprosesseihin, voidaan todeta parannetun rakennetun artefaktin hyvyys. Esimerkiksi suori-

	tuskykytestausprosessin tarkastelu tiedon näkökulmasta tekee kehitetystä palvelusta muita paremman. Artefaktin hyvyys todistaa myös kehittämisprosessin onnistumisen.
2. Painota suunnittelussa liiketoimintaongelman relevanttiutta	Palvelun kehittäminen parantaa palvelun liiketoimintaedellytyksiä. Palvelun kehittäminen on tiiviisti sidoksissa palvelua tuottavaan organisaatioon ja sen liiketoimintaan. Palvelun kehittäminen täyttää organisaation tavoitteen paremmasta suorituskykytestauspalvelusta.
3. Osoita artefaktin relevanssi arvioimalla	Artefaktin arvioinnissa käytettiin Hevnerin ym. (2004) kuvaamaa menetelmää jossa vertailemalla kehitettyä artefaktia muihin palveluihin todetaan parannus. Artefaktia voidaan verrata sekä nykyiseen palveluun että suorituskykytestauskirjallisuudessa kuvattuihin parhaisiin menetelmiin. Parannetun palvelun osana käytettävä tietojen keruu- ja analysointimenetelmä lisää palvelun hyvyttä.
4. Tuota tutkimuksella uutta tietoa, uusia menetelmiä tai merkittävä artefakti	Tutkimuksessa sekä parannettiin suorituskykytestauspalvelua että rakennettiin uusia välineitä suorituskykytestauksen avuksi. Uusia välineitä ovat tietojen keruu- ja analysointimenetelmä sekä malli suorituskykyvaatimusten rakentamiseen. Lisäksi näkökulma jossa suorituskykytestausprosessia tarkastellaan tiedon hyödyntämisen perspektiivistä, tuottaa uutta tietoa suorituskykytestauksen tarkasteluun.
5. Painota tutkimuksessa tieteellistä tarkkuutta	Opinnäytetyö perustuu suunnittelutieteellisen tutkimuksen ja palvelun kehittämisen teorioihin. Opinnäytetyössä käytettiin suunnittelutieteellistä tutkimusmenetelmiä ja palvelun kehittämisen toimintamallia. Kehittämistyö arvioidaan suunnittelutieteellisen tutkimuksen arviointimenetelmillä.
6. Tarkastele suunnitteluprosessia ratkaisujen etsintäprosessina	Palvelun kehittämisprosessin pohjan loivat palvelun nykytila ja suorituskykytestauksen teorit. Näihin perustuen aloitettiin parannetun palvelun kehittäminen. Kehittämisen tavoitetila oli tiedossa ja se perustui suorituskykytestauskirjallisuudessa kuvattuihin parhaisiin menetelmiin. Kehittämisen lopputuloksena saatu palvelu on siis parempi kuin palvelun nykytila ja vähintäänkin yhtä hyvä kuin suorituskykytestauksen parhaat menetelmät joihin se pohjautuu.
7. Esittele uudet tulokset sekä tutkijayhteisöille että hyödyntäjyhteisöille	Tutkimuksen tulokset ja tutkimusprosessi esiteltiin soveltuvalle kohdeyleisölle Laurea ammattikorkeakoulussa Espoon Leppävaarassa. Työ julkaistaan opinnäytetyönä joka on myös hyödyntäjyhteisön ja tutkijayhteisön käytettävissä.

Taulukko 6: Opinnäytetyön arviointi vertaamalla Hevneriin ym. (2004).

Tässä opinnäytetyössä suorituskykytestausta tarkasteltiin tiedon käsittelyn näkökulmasta. Aiemmissa suorituskykytestausta tarkastelevissa tutkimuksissa ei riittävästi ole painotettu tiedon merkitystä, joten tämä työ tuo myös uutta näkökulmaa suorituskykytestauksen tarkasteluun. Opinnäytetyössä määritettiin suorituskykytestausprosessi tiedon käsittelyn näkökulmasta ja rakennettiin menetelmä tiedon hyödyntämisen helpottamiseksi.

Suorituskykytestauksessa tiedon kerääminen ja hyödyntäminen on kriittisessä asemassa muun muassa siksi, että kerättävien tietojen perusteella rakennetaan suorituskykytestausvaatimukset joilla järjestelmän suorituskykyisyys todennetaan. Tämän näkökulman käyttämisessä ajatuksena on se, että tästä tarkastelukulmasta suorituskykytestausprosessin ydinajatus, kerättävä ja hyödynnettävä tieto, pysyy koko prosessin ajan tekemisen keskipisteenä.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin suorituskykytestauspalvelua ensisijaisesti perinteisestä palvelunäkökulmasta, eikä niinkään tietotekniikan palvelukäsityksen kannalta. Laurea-ammattikorkeakoulussa on vahva palveluliiketoiminnan tutkimuksen ja opetuksen osaaminen, ja palveluliiketoiminnan viimeisin tutkimustieto on helposti saatavilla. Tämän perusteella suorituskykytestauspalvelua tarkasteltiin myös poikkitieteellisestä näkökulmasta, tarkoituksena tuoda uusia näkökulmia, ja löytää uusia ideoita tietotekniikan asiantuntijapalvelun kehittämiseen.

Tietotekniikan asiantuntijapalvelu eroaa ehkä eniten perinteisestä palvelusta siinä, että perinteisessä palvelussa asiakkaan palvelukokemuksella on suuri merkitys palvelun lopputuloksen kannalta. Asiantuntijapalvelussa tärkeintä on palvelun lopputulos, esimerkiksi suorituskykytestattu järjestelmä. Asiakkaan panos palvelun tuottamisessa on usein kuitenkin merkittävä. Asiantuntijapalvelun tuottamisessa tarvitaan tietoa, jonka voi usein toimittaa vain asiakas. Perinteisen palvelun ominaisuudet kuten erottamattomuus ei välttämättä ole asiantuntijapalvelun ydin, mutta niiden olemukseen perehtymällä voidaan parantaa myös asiantuntijapalvelua. Mielestäni suorituskykytestauspalvelun tarkastelu myös perinteisen palvelun näkökulmasta toi palvelun kehittämiseen lisää leveyttä, ja sitä kautta se paransi uuden palvelun laatua.

Opinnäytetyön tuloksia arvioitiin myös Järvisen ja Järvisen (2004) sekä Hirsjärvi ym. (2006) kuvaamien tieteellisen tutkimuksen hyvyyden kriteerien mukaan. Heidän mukaansa tutkimuksen hyvyyden kriteereitä ovat muun muassa objektiivisuus, yleistettävyyys, osuvuus eli validiteetti, edustavuus sekä otoksen toistettavuus.

Objektiivisuudella pyritään siihen että tutkimus on tutkijan henkilökohtaisista asenteista ja näkemyksistä riippumatonta. Sitä voidaan mitata esimerkiksi tutkimalla päätyvätkö aihetta samassa tarkoituksessa tutkivat tutkijat samoihin tuloksiin. Tämän tutkimuksen objektiivisuutta voidaan arvioida tarkastelemalla rakennetun innovaation hyvyttä. Vaikka tässä tutkimuksessa tutkija työskentelee parannettavan palvelun kanssa, ei tutkijan henkilökohtaisilla näkemyksillä tai asenteilla ole suurta merkitystä tutkimuksen tuloksiin. Rakennettu palvelu toimii ja parantaa palvelun nykytilaa, joten suunnittelutieteellisen tutkimuksen kriteerit täyttyvät. Kehittämistyö perustuu muun muassa yleisiin palvelun kehittämisen teorioihin ja menetelmiin, joten voidaan olettaa myös muiden tutkijoiden päätyvän lähes samaan tulokseen.

Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan tutkimus on yleistettävää jos se on hyödyllistä, ja jos sen soveltamistapa ja käyttökelpoisuus näyttävät ilmeisiltä. Tässä tutkimuksessa rakennettu suorituskykytestauspalvelu ja siihen liittyvä tietojen keräysmenetelmä hyödyttävät palvelun tuottajaorganisaatiota. Palvelu ei ole liian riippuvainen kehittämisen kohteena olevasta ympäristöstä, vaan sitä voidaan soveltaa myös muihin ympäristöihin, jolloin kehitetty palvelu tutkimuksen tuloksena on käyttökelpoinen myös yleisesti. Opinnäytetyössä rakennettuja menetelmiä ei vielä ole sovellettu käytäntöön. Toisaalta koska menetelmät eivät merkittävästi muuta suorituskykytestauksen menetelmiä tai tarkastelutapoja, voidaan olettaa että menetelmistä on hyötyä myös käytännön työssä. Kehittämistyö tehtiin Sysart Oy:n tarpeisiin, ja on sovellettavissa Sysart Oy:n suorituskykytestauspalveluun.

Osuvuudella tarkoitetaan sitä kuvaako tutkimus tarkastelun kohteena olevaa aluetta. Edustavuudella tarkoitetaan sitä millä tarkkuudella tutkimuksessa tarkasteltu otos edustaa tutkimusalueen perusjoukkoa. Tässä tapauksessa perusjoukko on suorituskykytestausta tarkasteleva materiaali ja tutkimuksen kohde suorituskykytestaus. Tutkimuksessa tarkasteltiin materiaalia muun muassa johtavan suorituskykytestausvälineen valmistajalta HP:lta, Microsoft Corporationilta sekä alalla arvostetuilta kirjoittajilta, kuten Scott Barberilta. Kirjoittajia pidetään yleisesti merkittävinä alan kehittäjinä, joten tutkimuksessa tarkasteltavan otoksen voidaan todeta edustajan perusjoukkoa. Tutkimus perustuu muun muassa edellä mainittujen kirjoittajien artikkeleihin suorituskykytestauksesta. Kirjoittajien arvostukseen ja edustavuuteen pohjautuen voidaan todeta tutkimuksen olevan validia.

Tutkimuksessa rakennettiin uusi suorituskykytestauksen prosessimalli joka tarkastelee suorituskykytestausta tiedon hyödyntämisen näkökulmasta. Uusi näkökulma on erilainen, mutta se ei ole ristiriidassa aiempien tutkimusten kanssa. Tiedon hyödyntämisen näkökulma ei muuta itse tarkastelukohteen sisältöä, vaan siinä on kysymys saman asian tarkastelusta eri perspektiivistä. Aiemmissa tutkimuksissa suorituskykytestausta on tarkasteltu lähinnä teknisen suorit-

tamisen näkökulmasta, mutta voidaan olettaa että suorituskykytestauksen tutkijat voisivat päästä samaan lopputulokseen tutkimusnäkökulmaa vaihtamalla.

Opinnäytetyön tekeminen sujui suhteellisen hyvin huolimatta aiheen osittaisesta epämääräisyydestä. Palvelun kehittämisen alkutilanteessa puuttui selkeä kuva siitä löydetäänkö palveluun riittävästi parannuksia ja millaisia parannukset ovat. Haasteellista oli myös suorituskykytestauksen parhaiden menetelmien kartoittaminen. Suorituskykytestausta voidaan tehdä monella eri tavalla ja menetelmällä, eikä ole olemassa kovin selkeää parasta menetelmää, vaan lähestymistavan valinta riippuu kirjoittajasta ja tarkasteluympäristöstä. Tästä johtuen suorituskykytestauksesta kirjoitettu materiaali on hyvin laajaa ja hajanaista.

Tämän työn haasteena oli suorituskykytestauskirjallisuuden kartoituksella ja analyysillä yrittää löytää yksi ylivertainen menetelmä suorituskykytestauksen tekemiseen. Kirjallisuudesta ei kuitenkaan löydetty yhtä ylivertaista menetelmää, vaan paras menetelmä Sysart Oy:n palvelun kehittämisen tarpeisiin jouduttiin rakentamaan yhdistelemällä osia monista eri menetelmistä ja monilta eri kirjoittajilta. Toisaalta esimerkiksi suorituskykytestauksen prosessi ja testauksen tulokset riippuvat soveltamisympäristöstä, jolloin yleistä parasta menetelmää suorituskykytestauksen tekemiseen ei välttämättä ole mahdollista rakentaa. Tämä aihealueen moninaisuus ja parhaiden menetelmäosien kerääminen eri kirjoittajilta vaatii jo kohtuullista alan asiantuntemusta.

Sekä jatkotutkimuksen että suorituskykytestauspalvelun jatkokehittämisen seuraavana vaiheena voisi olla suorituskykytestauspalvelun tuotteistaminen. Tuotteistamisella voidaan parantaa suorituskykytestauspalvelun myyntiä ja markkinointia rakentamalla palvelusta selkeä tuotteenomainen paketti. Tämän opinnäytetyön tuloksena rakennettu palvelukonsepti ja palveluprosessi ovat hyviä lähtökohtia palvelun tuotteistamisen aloittamiseksi. Jatkotutkimuksena voidaan esimerkiksi tarkastella parannetun suorituskykytestauspalvelun soveltamista käytäntöön ja sen todellisia hyötyjä. Jatkotutkimuksena voidaan lisäksi syventää suorituskykytestauksen tarkastelua tiedon hyödyntämisen näkökulmasta ja sitä kautta löytää entistä parempia menetelmiä suorituskykytestauksen tekemiseen.



## 10 Lähdeluettelo

- Alter, S. 2008 a. Seeking Synergies between four Views of Service in the IS Field. Proceedings of the Fourteenth America Conference on Information Systems, Toronto, ON, Canada, 14-17.8.2008.
- Alter, S. 2008 b. Service System Fundamentals: Work system, Value Chain, and Life Cycle. IBM Systems Journal 1/2008, 71-85.
- Bakalova, R. Chow, A. Fricano, C. Jain, P. Kodali, N. Poirier, D. Sankaran, S. Shupp, D. 2004. WebSphere Dynamic Cache: Improving J2EE application performance. IBM Systems Journal. 2/2004, 351-370.
- Barber, S. 2005. Creating Effective Load Models for Performance Testing with Incomplete Empirical Data. World Congress for Software Quality. 9/2005 Munchen. Saksa. [http://www.perftestplus.com/resources/load\\_models\\_ppt.pdf](http://www.perftestplus.com/resources/load_models_ppt.pdf).
- Barber, S. 2007. Get performance requirements right – think like a user. Compuware Corporation.
- Bitner, M J. Ostrom, A L. Morgan, F N. 2008. Service Blueprinting: A practical technique for service innovation. California Management Review 3/2008, 66-94.
- Blumenstyk, M & Decker, R. 2001. Performance testing: Insurance for Web engagements. Consulting to Management. 12/2001, 57-60.
- Borland 2007. SilkPerformer Data Sheet.
- Chase, T. 2007. Using LoadRunner: Citrix Virtual User Best Practices ([www.loadtester.com](http://www.loadtester.com)) haettu 10.1.2008.
- Clark, G. Johnston, R. Shulver, M. 2000. Exploiting the service Concept for Service design and Development. New Service Development, 71-91.
- Edvardsson, B. Gustafsson, A, Johnson, M. Sanden, B. 2000. New Service Development and Innovation in the New Economy. Lund: Studentlitteratur AB.
- Edvardsson, B. Haglund, L. Mattsson, J. 1995. Analysis, planning, improvisation and control in the development of new services. Industry Management, 2/1995, 24-35.
- Edvardsson, B. Olsson, J. 1996. Key Concepts for New Service Development. The Service Industries Journal. 2/1996, 140-164.

Fitzsimmons, J. Fitzsimmons, M. 2006. Service Management - Operations, Strategy, Information Technology. 5. painos. Singapore: McGrawHill.

Fitzsimmons, J. Fitzsimmons, M. 2008. Service Management - Operations, Strategy, Information Technology. Kansainvälinen painos. Singapore: McGrawHill.

Gan, X. 2006 Software Performance Testing. Seminar Paper. Helsinki 26.09.2006

Grönroos, C. 2009. Palveluiden johtaminen ja markkinointi. Helsinki:WSOY.

Hannula, M. Lönnqvist, A. 2002. Suorituskyvyn mittauksen käsitteet. Metalliteollisuuden kustannus. Helsinki

Helenius, K & Nissilä, M. 2008. Tool for Mapping Business Process Needs to SLA Requirements and for Promoting Understanding between ICT and Business people. Proceedings of the Fourteenth Americas Conference on Information Systems, Toronto, ON, Canada 14.-17.8.2008.

Hevner, A. March, S. Park, J. 2004. Design Science in Information Systems Research. 1/2004, 75-105.

Hirsjärvi, S. Remes, P. Sajavaara, P. 2006. Tutki ja Kirjoita. 12. painos. Gummerus. Jyväskylä.

Iyer, L. Babita, G. Nakul, J. 2005. Performance, scalability and reliability in web applications. Industrial Management and Data Systems. 5/2005, 561-572.

Jonhston, R. Clark, G. 2005. Service Operations Management: Improving Service Delivery. Asford Colour Press Ltd. Gosport. 2. painos.

Järvinen P, Järvinen, A. 2004. Tutkimustyön metodeista. Opinpajan kirja. Tampereen yliopistopaino Oy Juvenes-Print, Tampere.

Järvinen, P. 2005. Research Questions Guiding Selection of an Appropriate Research Method. [www.cs.uta.fi/reports/dsarja/D-2004-5.pdf](http://www.cs.uta.fi/reports/dsarja/D-2004-5.pdf)

Järvinen, P. 2007 a. Action Research is Similar to Design Science. Quality & Quantity, 37-54

Järvinen, P. 2007 b. On reviewing results of design research. Presented at the 15th European Conference on Information Systems.

Lindstrom, M. 2009. Buyology - Ostamisen anatomia. 1.painos. Karisto. Hämeenlinna

Mannion, M & Keepence, B. SMART Requirements. Software Engineering Notes. 4/1995.

March, S. Smith, F. 1995. Design and Natural Science Research on Information Technology. *Decision Support Systems* 4/1995, 251-266.

Matthing, J. Sanden, B. Edvardsson, B. New service development: learning from and with customers. *International Journal of Service Industry Management* 5/2004, 479-498.

Meyer Goldstein, S. Johnston, R. Duffy, J. Rao, J. The service concept: the missing link in service design research? *Journal of Operations Management* 20/(2002, 121-134.

Microsoft Corporation. 2007. Performance Testing Guidance for Web Applications. Microsoft. <http://www.codeplex.com/PerfTestingGuide> (19.11.2008)

Molyneaux, I. 2009. The art of application Performance Testing. 1. painos. Sebastopol: O'Reilly Media.

Nixon, B. 2000. Management of Performance Requirements for Information Systems. *IEEE Transactions on Software engineering*, 12/2000, 1122-1146.

Nunamaker, C. Chen, M. Purdin, T. 1990. Systems Development in IS Research. *Journal of Management Information Systems*, 3/1991, 89-106.

Ojasalo, K. Ojasalo, J. Developing Service Design Education. Teoksessa Miettinen, S. Koivisto, M. (toim.) *Designing Services with Innovative Methods*. Keuruu: Otava. 2009, 101-112.

Pande, M. Ganesan, R. 2005. Gathering Performance Requirements. [http://www.cmg.org/measureit/issues/mit23/m\\_23\\_2.html](http://www.cmg.org/measureit/issues/mit23/m_23_2.html). Haettu 12.08.2009

Parantainen, J. 2008. Tuotteistaminen: Rakenna palvelusta tuote 10 päivässä. Helsinki: Talentum.

Peffer, K. Tuunanen, T. Rothenberger, M. ja Chatterjee, S. 2008. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 3/2008, 45 - 77.

Rothman, J. 2002. Release Criteria: Is This Software Done? <http://www.jrothman.com/Papers/releasecriteria.html>. Haettu 11.12.2009

Shaw, J. 2000. Web Application Performance Testing - A Case Study of an Online Learning Application. *BT Technology Journal*. 4/2000, 79-86.

Sipilä, J. 1996. Asiantuntijapalvelujen tuotteistaminen. Porvoo: WSOY.

Vargo, S.L. Lusch R.F. 2004. The Four Service Marketing Myths. *Journal of Service Research*, 5/2004, 324-335.

Van Aken, J. 2004. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested. *Journal of Management Studies* 2/2000, 219-246.

Weiss, D. 2008. Specifying Performance. Haettu 15.10.2009.  
<http://unweary.com/2008/11/specifying-performance.html>

Weyuker, E & Vokolos, F. 2000. Experience with performance testing of software systems: Issues, an approach and case study. *IEEE Transactions on Software engineering*, 12/2000, 1147-1156.

Vokolos, F & Weyuker, E. 1998. *Performance Testing of Software Systems*

#### JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET

Iloranta, K. 2009. Cognitive barriers of strategic supply management.

Aarnio, J. 2007. Performance Testing Best Practices. *Esitys TietoEnator* 14.12.2007.

Alakoski, L. (2008). Luento Laurea YTI 18.01.2008.

## Kuvat

Kuva 1: Tutkimusotteet (Järvinen ja Järvinen 2004). .....	16
Kuva 2: Informaatiojärjestelmien tutkimuksen viitekehys (Hevner ym. 2004). .....	19
Kuva 3: Palvelun viitekehys (muokattu Grönroos, 2009).....	29
Kuva 4: Vastausajan muodostuminen.....	41
Kuva 5: Ongelmanratkaisun kulut tuotannossa ja ennen tuotantoa. (Aarnio 2007.) .....	48
Kuva 6: Suorituskykytestauksen vaiheet .....	53
Kuva 7: Järjestelmän looginen laitteistoarkkitehtuuri. (Microsoft 2007.) .....	55
Kuva 8: Järjestelmän fyysinen laitteistoarkkitehtuuri. (Microsoft 2007.) .....	56
Kuva 9: Käyttäjien jakautuminen käyttötapauksen kesken (Microsoft 2007). .....	59
Kuva 10: Suorituskykytestausprosessi .....	68
Kuva 11: Suorituskykytestauksen tietojen tuottamisen vaiheet .....	86

## Liitteet

Liite 1: Suorituskykytestausprosessi tietojen tuottamisen näkökulmasta

Liite 2: Järjestelmätietojen keräystaulukot

## Taulukot

Taulukko 1: Käsitteet .....	18
Taulukko 2: Ohjeet suunnittelutieteellisen tutkimuksen tekemiselle. ....	24
Taulukko 3: Palvelun ominaisuudet asiantuntijapalvelussa .....	36
Taulukko 4: Suorituskykyvaatimusten rakentaminen .....	64
Taulukko 5: Palvelun kehittämiskohteet ja parannukset .....	76
Taulukko 6: Opinnäytön arviointi vertaamalla Hevneriin ym. (2004). .....	77

LIITE 1: Suorituskykytestausprosessi tietojen tuottamisen näkökulmasta

	Tietojen keruu				Tietojen hyödyntäminen	Tietojen validointi
Liiketoiminta	Järjestelmän toiminnan tavoitteet			Toiveet suorituskyvyille SLA ym. vaatimukset		
Käyttäjä			Järjestelmän käytötavat	Toiveet suorituskyvyille		
Järjestelmä- asiantuntija		Järjestelmäympäristön tiedot Järjestelmäkomponenttien tiedot	Järjestelmän käyttödata	Toiveet suorituskyvyille		
Projekti- päällikkö	Projektin hallinnolliset tiedot		Järjestelmän käytötavat	Toiveet suorituskyvyille		
Testaaja	Vaihe 1: Alustavien projektitietojen keruu	Vaihe 2: Järjestelmän kokoonpanon ja ympäristön tietojen keruu	Vaihe 3: Järjestelmän käyttö- ja käyttäjätietojen keruu	Vaihe 4: Sidosryhmien toiveiden ja vaatimusten kerääminen	Vaihe 5: Tietojen analysointi ja vaatimusten rakentaminen. Vaihe 6: Tietojen analysointi ja testien rakentaminen. Vaihe 7: Varsinainen suorituskyvyn testaus.	Vaihe 8: Testauksen tulosten analysointi. Vaihe 9: Testauksen tulosten esittely.

Kuva 11: Suorituskykytestauksen tietojen tuottamisen vaiheet

LIITE 2: Järjestelmätietojen keräystaulukot

1. Järjestelmäkomponenttien tiedot									
ID	Nimi	Rooli	Malli	Resurssit			Tunnistetiedot	Prosessit	Huomiota
				CPU	Muisti	Levytila			
1.1	WebSrv1	Web edustapalvelin	HP ProLiant BL460 c G6	2.00 Ghz	4 GB	64 GB	192.192l.192.1		
1.2	WebSrv2	Web edustapalvelin	HP ProLiant BL460 c G6	2.00 Ghz	4 GB	64 GB	192.192l.192.2		
1.3	AuthSrv1	Autentikointipalvelin	HP ProLiant BL460 c E5205 1G	2.00 Ghz	1 GB	32 GB	192.192l.192.3	AuthenticateUsers.exe	Käyttää ulkoista tunnistuspalvelinta (ID 4.2)
1.4	DBSrv1	Tietokantapalvelin	HP ProLiant BL460 c G6	2.00 Ghz	8 GB	256 GB	192.192l.192.4	SqlServer.exe	

A. Taulukko: Järjestelmäkomponenttien tiedot

2. Järjestelmäsovellusten tiedot					
ID	Nimi	Rooli	Isäntäpalvelin	Malli / versiotiedot	Huomioita
2.1.1	Windows 7 Server	Käyttöjärjestelmä	WebSrv1	7.0 SP 1	
2.1.2	IIS 6.0	Web palvelinsovellus	WebSrv1	6.0	
2.2.1	Windows 7 Server	Käyttöjärjestelmä	WebSrv2	7.0 SP 1	
2.2.2	IIS 6.0	Web palvelinsovellus	WebSrv2	6.0	

B. Taulukko: Järjestelmäsovellusten tiedot

3. Järjestelmän tärkeimpien prosessien tiedot				
ID	Nimi	Tehtävä	Isäntäpalvelin	Huomioita
3.3.1	AuthenticateUsers.exe	Käyttäjien autentikointi	AuthSrv1	
3.1.1	IISServer.exe	IIS palvelinprosessi	WebSrv1	

C. Taulukko: Järjestelmäprosessien tiedot

4. Ulkoisten järjestelmäkomponenttien kuvaus				
ID	Nimi	Rooli	Kuvaus	Vaikutus testauksen kohdejärjestelmään
4.1	DBFIX	Eräajo	Tietokannan korjausajo	Kuormittaa järjestelmää joka päivä 02:00-05:30. Ei vaikuta käyttäjän toimintaan
4.2	UserValidation	Käyttäjätietojen varmistus	Varmistaa autentikointipalvelimen käyttäjätiedot henkilötietokannasta	Jos yhteys palvelimeen ei toimi, ei käyttäjätietoja voida varmentaa. Järjestelmä toimii hitaammin kuin varmennuksen toimisessa

D. Taulukko: Ulkoisten järjestelmien tiedot

5. Liiketoiminnan käyttötapausten tiedot							
ID	Liiketoiminta prosessi	Aliprosessi	Käyttötiedot				Huomiota
			Käyttäjätyytit	Prosessin käyttäjämäärä %	Käyttäjämäärä keskiarvo	Käyttäjämäärä maksimi	
5.1	Varaa lento		Käyttäjä	25	250	500	
5.1.1		Kirjautuminen		100	1000	2000	
5.1.2		Lennon valinta		25	250	500	
5.1.3		Lennon vahvistaminen		15	150	300	
5.1.4		Lennon maksaminen		15	150	300	
5.1.5		Kirjautuminen ulos		100	1000	2000	
5.2	Muokkaa lentotietoja		Ylläpitäjä	0,5	5	10	
5.2.1		Kirjautuminen		0,5	5	10	
5.2.2		Lennon valinta		0,5	5	10	
5.2.3		Lentotiedon muokkaus		0,5	5	10	
5.2.4		Kirjautuminen ulos		0,5	5	10	

E. Taulukko: Liiketoimintakäyttötapausten tiedot

6. Järjestelmän käyttäjämäärät			
Aikajakso	Käyttäjämäärä keskiarvo	Käyttäjämäärä maksimi	Huomiota
Tunti	100	200	
Päivä	800	1300	
Viikko	-	-	
Muu jakso: 08:00 - 09:00	200	350	
Käyttäjät yhteensä	1000	2000	

F. Taulukko: Järjestelmän käyttäjämäärä



7. Sidosryhmien toiveet ja vaatimukset										
ID	Kennel	Toiveen / vaatimuksen kuvaus	Mitä komponenttia koskee	Komponentti ID	Mitä käyttötapusta koskee	Käyttötapaus ID	Mittari	Mittarin arvo	Vaatuselväkielisenä	Vaatimus ID
7.1	Liiketoiminta	Järjestelmän pitää kestää vähintään 500 yhtaikaisen käyttäjän kuorma	WebSrv1, WebSrv2, AuthSrv1	1.1, 1.2, 1.3	Kaikki	Kaikki	Resurssit	CPU < 85 %, Muisti > 500 MB	Palvelinten CPU alle 85 % ja muistia jäljellä yli 500 MB kun järjestelmässä on yhtaikaisia käyttäjiä 500.	V.1
7.2	SLA sopimus	kaikkien sivujen vastausajan pitää olla alle 6 sek.	Kaikki käyttötapaukset		Kaikki	Kaikki	Vastausaika	6 sekuntia		
7.3	Liiketoiminta	Järjestelmään kirjautumisen pitää sujua alle 4 sek.	Kirjautuminen, WebSrv1, WebSrv2, AuthSrv1	5.1.1, 5.2.1, 1.1, 1.2, 1.3	Kaikki	Kaikki	Vastausaika	4 sekuntia	Kirjautumisen vastausaika alle 4 sek.	V.2
7.4	Käyttäjä	Lentotietojen haku tietokannasta saa kestää max 10 sek.	WebSrv1, DBSrv1	1.1, 1.4	Lennonvalinta	5.2.1, 5.2.2	Vastausaika	10 sekuntia	Tietokannan vastausaika alle 10 sek.	V.3
7.5	Ylläpitäjä	Palvelinten muistia oltava vapaana 500 MB, muuten web-cache ei toimi.	Palvelinmuisti	Palvelinmuisti		Kaikki	Muistin käyttö	Vapaana vähintään 500 MB	Palvelimen muistia pitää olla vapaana vähintään 500 MB	V.4

G. Taulukko: Sidosryhmien toiveet ja vaatimukset

8. Yhdistelmätaulukko						
ID	Vaatus	Vaati- musID	Käyttö- tapaus	Käyttö- tapausID	Komponentti	Kompo- nentti ID
8.1 .1	Kirjautuminen alle 4 sek.	V.2	Kirjau- tuminen	5.1.1	WebSrv1	1.1
8.1 .2	Kirjautuminen alle 4 sek.	V.2	Kirjau- tuminen	5.1.1	AuthSrv1	1.3
8.1 .3	Kirjautuminen alle 4 sek.	V.2	Kirjau- tuminen	5.1.1	Authentica- teUsers.exe	3.1
8.2 .1	Palvelinten CPU alle 85 % ja muistia jäljellä yli 500 MB kun järjestelmässä on yhtaikaisia käyttäjiä 500.	V.1			WebServer1	1.1
8.2 .2	Palvelinten CPU alle 85 % ja muistia jäljellä yli 500 MB kun järjestelmässä on yhtaikaisia käyttäjiä 500.	V.1			WebServer2	1.2
8.2 .3	Palvelinten CPU alle 85 % ja muistia jäljellä yli 500 MB kun järjestelmässä on yhtaikaisia käyttäjiä 500.	V.1			AuthSrv1	1.3
8.2 .4	Palvelinten CPU alle 85 % ja muistia jäljellä yli 500 MB kun järjestelmässä on yhtaikaisia käyttäjiä 500.	V.1			DBSrv1	1.4

H. Taulukko: Vaatimusten linkittäminen komponentteihin ja käyttötapauksiin