

Otto Kontio

**PILVILASKENTA PIENISSÄ JA KESKISUURISSA
YRITYKSISSÄ**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS
2016

TIIVISTELMÄ

Kontio, Otto

Pilvilaskenta pienissä ja keskisuurissa yrityksissä

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2016, 43 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Seppänen, Ville

Pilvilaskennan merkitys on korostunut huomattavasti viimeisten vuosien aikana maailmanlaajuisesti ja se on mullistanut sekä informaatioteknologista alaa että yritysmaailmaa. Pilvilaskennan joustavuuden, skaalautuvuuden ja tarvittaessa saatavilla olevien resurssien on huomattu tuovan mukanaan merkittäviä etuja. Tämän seurauksena yhä useamman organisaation täytyy kyetä omaksumaan pilvilaskenta pärjätäkseen nykyaikaisessa kilpailuympäristössä. Pienet ja keskisuuret yritykset toimivat nykyaikaisten kansantalouksien innovaatioiden ajureina sekä tuottavat suuren osan kansantalouksien bruttokansantuotteesta. Omaksumisen merkitys korostuu pienten ja keskisuurten yritysten tapauksessa, sillä ne kohtaavat usein haasteita liittyen rajoitettuihin resursseihin ja kapasiteettiin. Tämä tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, jonka tarkoituksena oli selvittää lähdekirjallisuutta apuna käyttäen ja siitä johtopäätöksiä tehden ne mahdolliset hyödyt ja haitat, joita pienet ja keskisuuret yritykset voivat saavuttaa omaksuessaan pilvilaskentamallin toimintaansa. Tuloksena havaittiin se, että pienet ja keskisuuret yritykset voivat saada pilvilaskennan omaksumisesta merkittäviä hyötyjä. Pilvilaskennasta seuraavat haitat kyetään ratkaisemaan helposti, jonka seurauksena pilvilaskennan omaksuminen on hyvä ratkaisu pienille ja keskisuurille yrityksille.

Asiasanat: pilvilaskenta, pienet ja keskisuuret yritykset, pilvipalvelut

ABSTRACT

Kontio, Otto

Cloud computing in small and medium-sized enterprises

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2016, 43 p.

Information Systems, Bachelor's Thesis

Supervisor: Seppänen, Ville

The importance of cloud computing has experienced a radical growth during the last few years and it has transformed the IT industry and the business environment enormously. The flexibility, scalability and on-demand model of cloud computing are able to bring large-scale benefits to cloud users. Because of this, modern enterprises need to be able to adopt cloud computing in order to survive in the modern business environment. Small and medium-sized enterprises are known to be drivers of contemporary national economies, and they produce a major part of the GDP of these economies. The importance of cloud computing is highlighted in the case of small and medium-sized enterprises, because they often run into challenges regarding restricted capital and capacity. The purpose of this study was to examine the possible advantages and disadvantages that are able to emerge from the adoption of cloud computing for small and medium-sized enterprises. The research was conducted as a literature review. The source material for this study was acquired from existing literature addressing cloud computing and small and medium-sized enterprises. The key result of this study was that small and medium-sized enterprises are able to gain undeniable benefits from the adoption of cloud computing. It was also found that there are certain challenges regarding cloud computing adoption, but that these challenges can easily be overcome.

Keywords: cloud computing, small and medium-sized enterprises, cloud services

KUVIOT

KUVIO 1 Tiedonvälitys pilviympäristössä.....	11
KUVIO 2 Pilvilaskenta-arkkitehtuuri.....	12
KUVIO 3 Haasteet pilvilaskennan omaksumiselle.....	27

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Pilvilaskennan käyttöönottomallien ominaisuuksia.....	12
TAULUKKO 2 Pilvilaskennan omaksumisen mahdollistamia etuja pienille ja keskisuurille yrityksille.....	17
TAULUKKO 3 Gartnerin tietoturva haasteet.....	35

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT

TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Yleistä pilvilaskennasta.....	7
1.1.1	Pilvilaskennan määritelmä	7
1.1.2	Pilvilaskennan taustatekijöitä.....	8
1.1.3	Pilvilaskennan palvelumallit	9
1.1.4	Pilvilaskennan käyttöönottomallit.....	10
1.2	Yleistä pienistä ja keskisuurista yrityksistä	12
1.3	Tutkimuksen taustoittaminen, tutkimuskysymys ja rakenne.....	14
1.4	Tutkimusmenetelmä ja tiedonhankintatapa.....	15
2	PILVILASKENNAN HYÖDYT PIENILLE JA KESKISUURILLE YRITYKSILLE.....	16
2.1	Kuluvähennykset ja tuottavuuden lisääntyminen	18
2.2	Kilpailuun liittymisen helpottuminen	19
2.3	Skaalautuvuus ja elastisuus.....	20
2.4	Tietoturvaedut ja riskien vähentäminen	21
2.5	Helppokäyttöisyys, soveltuvuus ja riippumattomuus sijainnista.....	22
2.6	Luotettavuus.....	23
2.7	Muut edut	24
3	PILVILASKENNAN HAITAT PIENILLE JA KESKISUURILLE YRITYKSILLE.....	25
3.1	Tietoturvaongelmat	27
3.1.1	Tietoturvaongelmat SaaS-mallissa.....	29
3.1.2	Tietoturvaongelmat PaaS-mallissa	30
3.1.3	Tietoturvaongelmat IaaS-mallissa	31
3.2	Luotettavuus, suorituskyky ja katkokset saatavuudessa	32
3.3	Muut haitat	33
3.4	Pilvilaskennasta aiheutuvien ongelmien lieventäminen	34
4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	39
	LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

Pilvilaskenta on nouseva tietojenkäsittelyparadigma, jonka tarkoituksena on jakaa edullisia ja skaalautuvia tietojenkäsittelypalveluita ja -infrastruktuureja verkon kautta (Chang, Bacigalupo, Wills & De Roure, 2010; Haselmann & Vossen, 2011; Sultan, 2011). Pilvilaskennan merkitys on korostunut viime vuosien aikana merkittävästi ja se on muuttanut tapaa, jolla informaatioteknologia-alan yritykset kehittävät ohjelmistojaan ja tarjoavat niitä asiakkailleen (Armbrust ym., 2010; Brender & Markov, 2013; Budņiks & Didenko, 2014; Buyya, Yeo & Venugopal, 2008; Chang, Walters & Wills, 2013; Ojala, 2016; Sultan, 2014; Zhang, Cheng & Boutaba, 2010). Pilvilaskennalla on mahdollisuus muuttaa suuri osa informaatioteknologisesta alasta tekemällä ohjelmistojen tarjoamisesta palveluna yhä houkuttelevampaa ja muuttamalla tapaa, jolla laitteistoja suunnitellaan ja ostetaan (Armbrust ym., 2010).

Pilvilaskenta tuo mukanaan useita kiistattomia etuja, jotka tekevät sen omaksumisesta houkuttelevan vaihtoehdon yrityksille (Armbrust ym., 2010; Brender & Markov, 2013; Budņiks & Didenko, 2014; Buyya, Yeo & Venugopal, 2008; Chang ym., 2013; Moura & Hutchison, 2016; Ojala, 2016; Sultan, 2014; Zhang, Cheng & Boutaba, 2010). Pilvilaskennan myötä myös pienet ja keskisuuret yritykset kykenevät pääsemään käsiksi ensiluokkaisiin liiketoimintaohjelmistoihin (Budņiks & Didenko, 2014). Pilviresurssit ovat myös fyysisiä resursseja halvempia, helpommin hallittavia ja elastisempia (Moura & Hutchison, 2016).

Pilvilaskentaa pidetään kuitenkin myös hajottavana innovaationa, sillä se vaatii perustavanlaatuisen ja kulttuurillisen muutoksen tavassa, jolla organisaatiot käsittävät tuotteensa ja infrastruktuurinsa (Sultan, 2014). Pilvilaskenta ei ole muuttamassa pelkästään informaatioteknologista alaa, vaan se vaikuttaa myös jokaiseen yhteiskunnan osa-alueeseen (Ojala, 2016).

Pilvilaskennan merkitys tulee kokemaan jatkuvaa kasvua, sillä The PEW Research Centerin vuonna 2010 tekemän tutkimuksen mukaan yli 70 prosenttia yhdysvaltalaisista työntekijöistä tulee käyttämään pilvilaskentaa työssään vuoteen 2020 mennessä (Kourik, 2011). Merkityksen kasvamista korostaa myös se, että International Data Corporationin vuonna 2012 tekemän tutkimuksen

mukaan kansainvälinen kuluttaminen julkisiin pilvipalveluihin tulee kasvaamaan 40 miljardista dollarista 100 miljardiin dollariin vuoteen 2016 mennessä (Ojala, 2016). Lisäksi pilvilaskentamarkkinoiden arvon odotetaan kasvavan 41 miljardista dollarista vuonna 2011 yli 240 miljardiin dollariin vuoteen 2020 mennessä (Sultan, 2014).

Easynet Connectin teettämän tutkimuksen mukaan pilvilaskentaan siirtymiseen valmiina olevista yrityksistä 35 prosenttia mainitsi kulusäästöt pilvilaskennan suurimpana houkuttimena. ENISA-agentuurin tutkimuksen mukaan 68 prosenttia haastatelluista pienistä ja keskisuurista yrityksistä mainitsi laitteistoihin, ohjelmistoihin, ylläpitoon sekä tietoturvaan liittyvien pääomakulujen välttämisen taustatekijäksi mahdolliseen pilvilaskennan omaksumiseen (Sultan, 2011). 64 prosenttia vastanneista ilmoitti taustatekijäksi informaatioteknologisten toimintojen joustavuuden sekä skaalautuvuuden (Sultan, 2011).

Organisaatiot ovat Kourikin (2011) mukaan saamassa lisäkokemusta pilvilaskennasta ja siirtämässä yhä useampia ydinliiketoimintojaan pilvialustoille. Suuret yritykset ovat onnistuneet hyödyntämään pilvilaskentaa nopeasti, mutta pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on edelleen vaikeuksia hyödyntää kaikkia pilvilaskennasta irti saatavia etuja (Gupta ym., 2013). Myös Bili ja Raymond (1993) argumentoivat, että pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on suuriin yrityksiin verrattuna vähemmän resursseja ja ammattimaisuutta liittyen uusien teknologioiden hallitsemiseen.

1.1 Yleistä pilvilaskennasta

Pilvilaskennan pääajatus syntyi jo 1960-luvulla, kun John McCarthy (1960) visioi tietojenkäsittelyfasiliteettien tarjoamisen kansalle hyödykemuodossa. Termiä ”pilvi” on sen jälkeen käytetty lukuisissa konteksteissa, kuten suurten ATM-verkoston kuvaamisessa 1990-luvulla (Zhang ym., 2010). Zhangin ym. (2010) mukaan kyseinen termi alkoi kuitenkin vasta todellisuudessa saada suosiota, kun Googlen toimitusjohtaja Eric Schmidt käytti sitä kuvailemaan internetin kautta toimitettavien palveluiden liiketoimintamallia vuonna 2006.

1.1.1 Pilvilaskennan määritelmä

Lukuisat tietojenkäsittelyn tutkijat ja harjoittajat ovat yrittäneet määritellä pilvilaskentaa monin eri tavoin (Buyya ym., 2008; Zhang ym., 2010). Pilvilaskennalle ei ole kuitenkaan löydetty yleistä standardia tai määritelmää (Weinhardt ym., 2009). Tämä johtuu Zhangin ym. (2010) mukaan siitä, että pilvilaskenta ei ole uusi teknologia, vaan ennemminkin uusi toimintamalli, joka yhdistää valikoiman olemassa olevia teknologioita liiketoiminnan toteuttamiseksi uudella tavalla.

Kuitenkin määritelmä, joka kuvailee pilvilaskennan tarvittaessa resursseja ja palveluita tarjoavien levittyneiden tietokoneiden klustereina, näyttää olevan

yleisesti hyväksytty (Sultan, 2011). Runsaasti pilvilaskentaa käsittelevässä kirjallisuudessa siteerattu NIST (National Institute of Standard and Technologies) -instituutin määritelmä pilvilaskennalle on Botton, de Donaton, Persicon ja Pescapén (2016) mukaan seuraava:

Pilvilaskenta on malli, joka mahdollistaa ubiikin, käytännöllisen, tarvittaessa (engl. *on-demand*) saatavilla olevan tietoverkkopääsyn muunneltavien tietojenkäsittelyresurssien (esim. tietoverkkojen, servereiden, varastointitilan, applikaatioiden ja palveluiden) jaettuun varantoon. Näitä resursseja kyetään varaamaan ja vapauttamaan minimaalisen hallintotyöskentelyn ja palveluntarjoajainteraktion kautta.

NIST-instituutin määritelmä pilvilaskennasta nostetaan tutkimuksen kannalta keskeiseksi.

1.1.2 Pilvilaskennan taustatekijöitä

Sultan (2011) määrittelee pilvilaskennan nousevaksi tietojenkäsittelypalveluiden toimittamisparadigmaksi, joka perustuu useisiin olemassa oleviin teknologioihin, kuten internetiin ja virtualisointiin.

Armbrustin ym. (2010) palvelulähtöisen näkökulman mukaan pilvilaskenta viittaa sekä internetin kautta palveluina tarjottaviin applikaatioihin että laitteistoihin ja ohjelmistoihin datakeskuksissa, jotka tarjoavat kyseisiä palveluita. Myös Leimeister, Böhm, Riedl ja Krcmar (2010) tarjoavat pilvilaskennalle palvelulähtöistä määritelmää. Heidän mukaansa pilvilaskenta on virtualisointiin perustuva informaatioteknologinen käyttöönottomalli, jossa resurssit otetaan käyttöön internetin kautta jaettuna palveluna yhdeltä tai useammalta palveluntarjoajalta (Leimeister ym., 2010). Myös Sultanin (2014) käsitys pilvilaskennasta on palvelulähtökohtainen; hänen mukaansa pilvilaskentaparadigma edustaa uudenlaista palvelukeskeistä liiketoimintamallia, joka perustuu alun perin fyysisessä muodossa olleen palvelun toimittamiseen verkon kautta.

Buyyan ym. (2008) teknisemmän näkökulman mukaan pilvilaskenta ei ole ensivaikutelmastaan huolimatta grid computing -teknologian ja tietokoneklustereiden yhdistelmä, vaan seuraavan sukupolven datakeskus, joka hyödyntää virtualisointia, dynaamista resurssien varaamista ja Web 2.0 -teknologioita. Lisäksi esille nostetaan pilvilaskennan tarjoaminen personalisoituna resurssikoelmana, jonka täytyy täyttää spesifi palvelutasosopimus (Buyya ym., 2008). Myös Kim, Kim, Lee ja Lee (2009) tarjoavat pilvilaskennan taustalle teknistä näkökulmaa, sillä heidän mukaansa pilvilaskenta perustuu kehitykseen virtualisaatioissa, verkkoteknologioissa, skaalausteknologioissa sekä infrastruktuurin laitteisto- ja ohjelmistoteknologioissa.

Armbrust ym. (2010) argumentoivat pilvilaskennan mahdollistaneeksi taustatekijäksi äärimmäisten laajaskaalaisten datakeskusten rakentamisen ja operoinnin pienikuluisissa sijainneissa. Tämä mahdollisti kulujen alentamisen sähkön, verkon kaistanleveyden, operaatioiden, ohjelmistojen ja laitteistojen suhteen. Nämä tekijät yhdistettynä tilastollisen lomittamisen (engl. *statistical multiplexing*) mahdollistamaan käyttöasteen kehittämiseen perinteisiin datakes-

kuksiin verrattuna johtivat siihen, että pilvilaskenta pystyi tarjoamaan palveluita keskikokoista datakeskusta pienemmillä kuluilla, tehden silti liikevoittoa. (Armbrust ym., 2010.)

Sultanin (2011) mukaan pilvilaskenta perustuu www-sovelluspalveluille luvaten samanlaisen ohjelmistojen etätoimittamisen sekä tietojenkäsittelyyn liitoksissa olevan toiminnallisuuden. Tämä toiminnallisuus perustuu vahvasti virtualisaatioon, joka on tietojenkäsittelyresurssien fyysiset ominaisuudet piilottava teknologia. Virtualisaation tarkoituksena on yksinkertaistaa tapaa, jolla toiset järjestelmät, applikaatiot tai loppukäyttäjät vuorovaikuttavat fyysisten laitteiden kanssa. (Sultan, 2011; Vouk, 2008.) Lisäksi pilvilaskennan pohjaksi määritellään ryväs-laskenta (engl. *grid computing*), joka käyttää ohjelmistojen useiden samaan verkkoon kytkettyjen tietokoneiden yhdistämiseksi yhden, spesifin ongelman ratkaisemiseksi. Täten verkkotietojenkäsittelyä voidaan pitää teknologiana, joka mahdollistaa verkon kautta jaetun rinnakkaisen prosessoinnin sekä jaetun ja laajaskaalaisen klusteritietojenkäsittelyn. (Sultan, 2011.)

Marston ym. (2011) määrittelevät pilvilaskennan ilmiöksi, joka muuttaa fundamentaalisesti niitä tapoja, joilla informaatioteknologisia palveluita keksitään, kehitetään, otetaan käyttöön, skaalataan, päivitetään, ylläpidetään sekä maksetaan. Pilvilaskennan voisi määritellä heidän mukaan formaalisti informaatioteknologisena palvelumallina, jossa tietojenkäsittelypalvelut toimitetaan tarpeen perusteella riippumatta laitteesta tai sijainnista. Tarvittavat resurssit riittävän palvelun laadun toimittamiseksi ovat jaettavia, dynaamisesti skaalautuvia, nopeasti varustettuja, virtualisoituja sekä vapautettuja minimaalisen palveluntarjoajan kanssa käydyn interaktion kautta. Käyttäjät maksavat palvelusta toimintakuluna ilman merkittäviä pääomakuluja, sillä pilvipalvelut käyttävät mittaussysteemiä, joka jakaa tietojenkäsittelyresurssit sopiviin osiin. (Marston ym., 2011.)

Pilvilaskenta on luonut myös paradigman muutoksen, jossa informaation tuottajat ja kuluttajat eivät sijaitse välttämättä fyysisesti toistensa lähellä (Gupta ym., 2013).

Tässä tutkielmassa sitoudutaan pilvilaskennan palvelulähtöiseen määritelmään. Tämä määritelmä valitaan sen vuoksi, että pilvilaskentaa pienissä ja keskisuurissa yrityksissä käsittelevässä kirjallisuudessa pilvilaskentaa käsitellään kaikkein yleisimmin palvelulähtöisestä näkökulmasta.

1.1.3 Pilvilaskennan palvelumallit

Pilvilaskenta on jaettu sitä käsittelevässä kirjallisuudessa kaikkein yleisimmin kolmeen eri palvelumalliin (Gupta ym., 2013; Marston ym., 2011; Sultan, 2011).

Budņiks ja Didenko (2014), Chang ym. (2013), Gupta ym. (2013), Leavitt (2009), Moura ja Hutchison (2016), Ojala (2016) ja Sultan (2011) jakavat pilvilaskennan seuraaviin palvelumalleihin:

- Software-as-a-Service (SaaS)
- Platform-as-a-Service (PaaS)

- Infrastructure-as-a-Service (IaaS)

SaaS-mallissa erilaiset sovellukset, kuten CRM ja ERP tehdään saataviksi ja loppukäyttäjän kulutettavaksi internetin kautta, kun taas perinteisessä mallissa ohjelmistot asennettaisiin asiakkaan tietokoneelle ja päivitetäisiin säännöllisillä versiopäivityksillä (Gupta ym., 2013). SaaS on Guptan ym. (2013) mukaan pilvilaskennan palvelumalleista kaikkein kypsä. Haselmannin ja Vossenin (2011) mukaan SaaS-malli on erityisen houkutteleva pienille ja keskisuurille yrityksille. Kaupallisia SaaS-palveluita ovat mm. Gmail, Hotmail ja Google Apps.

PaaS-mallissa vältytään erilaisten alustojen, kuten käyttöjärjestelmien, tietokantojen ja väliohjelmistojen sekä ohjelmistolisenssien ostamiselta ja tarjotaan loppukäyttäjälle nämä alustat ja ohjelmistokehityspaketit sekä -työkalut internetin kautta. Kaupallisia PaaS-palveluita tarjoavat mm. Microsoft Azure Services, Amazon Web Services ja Google App Engine. (Gupta ym., 2013; Leavitt, 2009; Sultan, 2011.)

IaaS-malli tarkoittaa palvelua, jossa samassa sijainnissa oleviin fyysisiin laitteisiin, kuten virtuaalikoneisiin ja varastointilaitteisiin, päästään käsiksi internetin kautta käyttäen sisäänkirjautumisen todentamisjärjestelmiä ja salasanoja. Kaupallisia IaaS-palveluita tarjoavat mm. Amazon EC2, Elastic Book Storage ja Rackspace. (Gupta ym., 2013 ; Leavitt, 2009; Sultan, 2011.)

Myös Data-as-a-Service (Daas) sekä Hardware-as-a-Service (HaaS) -malleja on käsitelty aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa (esim. Leimeister ym., 2010 ja Wang ym., 2008).

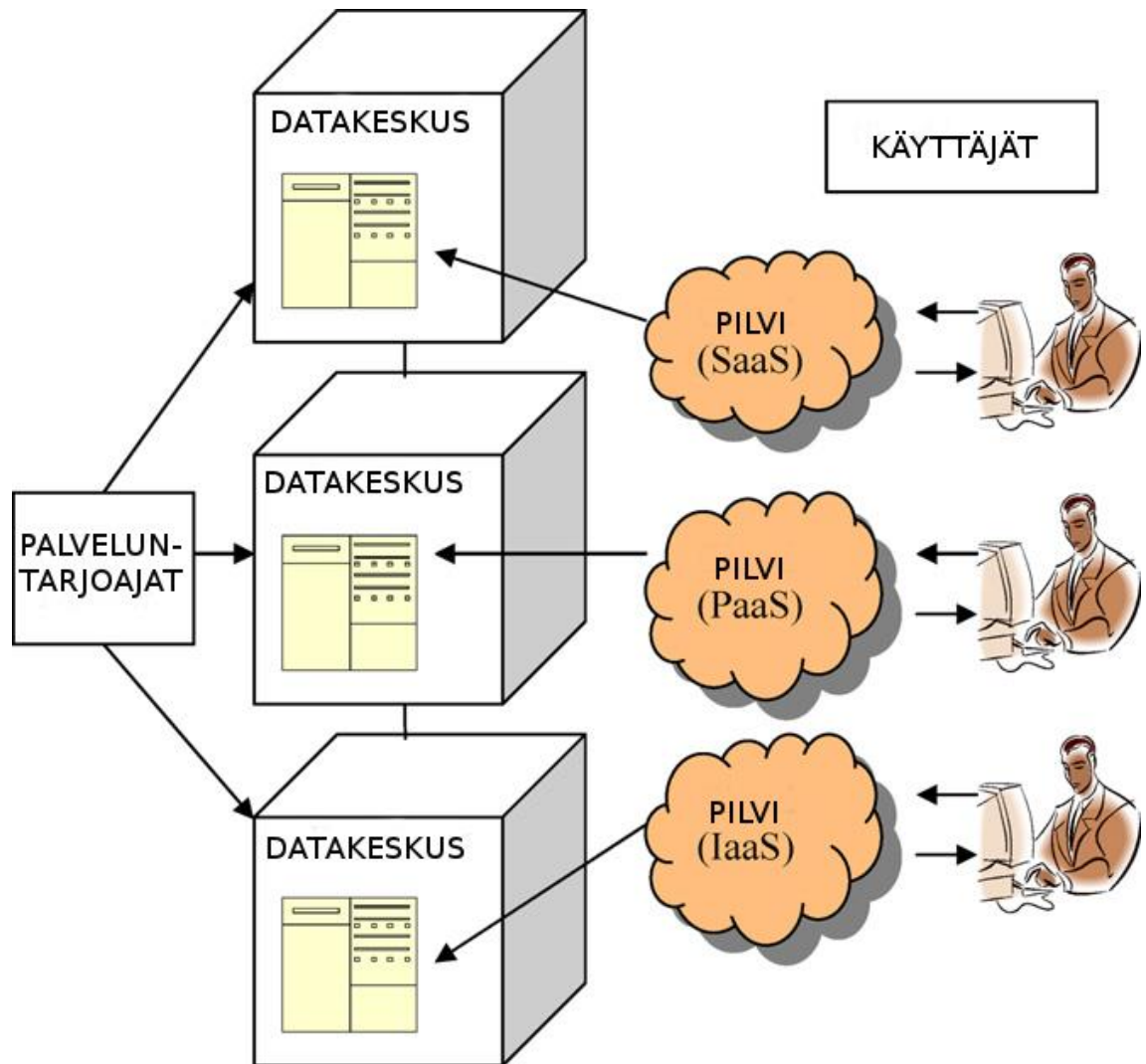
Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa (kuviot 1) havainnollistetaan tiedonvälitystä pilvilaskentaympäristössä yksinkertaistettuna.

1.1.4 Pilvilaskennan käyttöönottomallit

Pilvilaskenta jaetaan neljään eri käyttöönottomalliin suurimmassa osassa aiheesta käsittelevää kirjallisuutta. Esimerkiksi Ali ym. (2015), Chang ym. (2013), Gupta ym. (2013) sekä Sultan (2014) katsovat pilvilaskennan jakautuvan neljään eri käyttöönottomalliin:

- Julkinen pilvi (engl. *public cloud*)
- Yksityinen pilvi (engl. *private cloud*)
- Yhteisöpilvi (engl. *community cloud*)
- Hybridipilvi (engl. *hybrid cloud*)

Armbrust ym. (2010) määrittelevät datakeskuksen laitteistot ja ohjelmistot pilvilaskennan ytimeksi. Pilvilaskennan tarjoamista yleisölle käytön määrän perusteella laskutettavana palveluna kutsutaan julkiseksi pilveksi. Julkinen pilvi on saatavilla kolmannen osapuolen palveluntarjoajan kautta internetin kautta. Julkinen pilvi on erittäin kulutehokas vaihtoehto pienille ja keskisuurille yrityksille. (Armbrust ym., 2010; Gupta ym., 2013.)



KUVIO 1 Tiedonvälitys pilviympäristössä (Khalid, 2011)

Yrityksen tai organisaation sisäiset datakeskukset kuuluvat yksityisen pilven piiriin. Yksityistä pilveä hallitaan organisaation sisältä ja se on sopiva suurille yrityksille. (Armbrust ym., 2010.) Yksityinen pilvi tarjoaa julkisen pilven edut omien etujensa lisäksi. Lisäksi se toimii julkisen pilven tavoin lukuun ottamatta sen fyysistä sijaintia. (Armbrust ym., 2010; Gupta ym., 2013.)

Yhteisöpilveä käyttää ja hallitsee joukko yrityksiä, joilla on jaettuja intressejä. Hybridi pilvi on yhdistelmä julkisesta ja yksityisestä pilvestä. (Armbrust ym., 2010; Gupta ym., 2013; Kim ym., 2009; Sultan, 2014.)

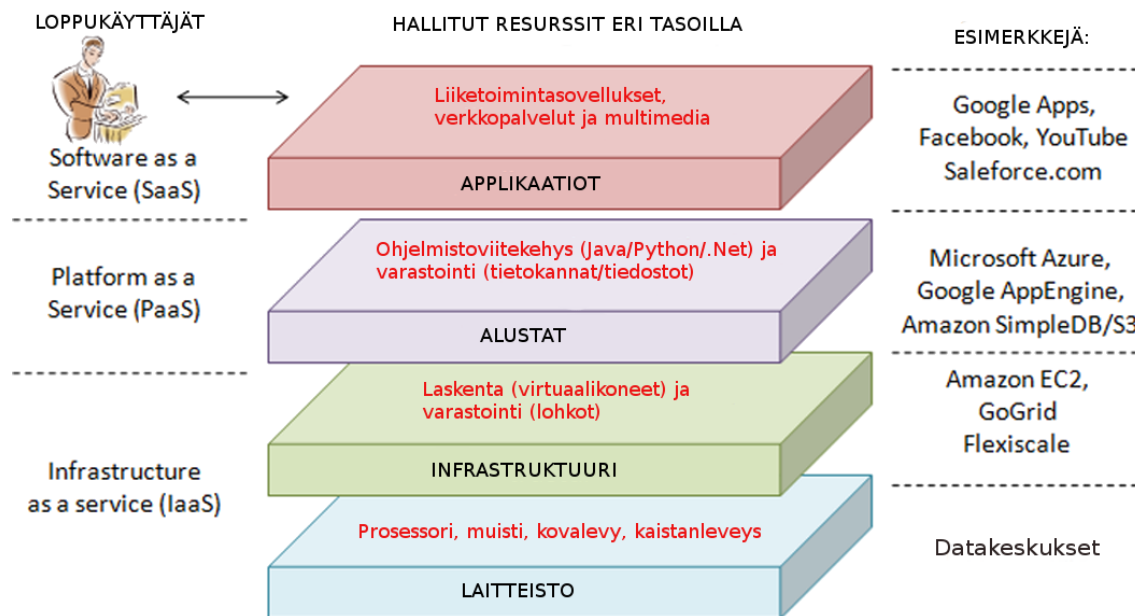
Myös virtuaalista yksityistä pilveä (engl. *virtual private cloud*), jonka tarkoituksena on käsitellä julkiseen ja yksityiseen pilveen liittyvät ongelmat VPN-tekniologiaa käyttäen, on käsitelty tuoreimmassa aiheetta käsittelevässä kirjallisuudessa (esim. Botta ym., 2016, 687; Dillon, Wu & Chang, 2010, 28).

Seuraavassa taulukossa (taulukko 1) käsitellään pilvilaskennan käyttöönottomallien ominaisuuksia tarkemmin.

TAULUKKO 1 Pilvilaskennan käyttöönottomallien ominaisuuksia (Subashini & Kavitha, 2011)

	Infrastruktuurin hallinta	Infrastruktuurin omistajuus	Infrastruktuurin sijainti	Pääsy ja kulutus
Julkinen pilvi	Kolmas osapuoli	Kolmas osapuoli	Organisaation tiloissa	Epäluotettu
Yksityinen pilvi / yhteisöpilvi	Organisaatio tai kolmas osapuoli	Organisaatio tai kolmas osapuoli	Organisaation tiloissa tai tilojen ulkopuolella	Luotettu
Hybridi pilvi	Organisaatio ja kolmas osapuoli	Organisaatio ja kolmas osapuoli	Organisaation tiloissa ja tilojen ulkopuolella	Luotettu ja epäluotettu

Lisäksi seuraavassa kuvassa (kuvio 2) havainnollistetaan pilvilaskenta-arkkitehtuurin eri kerrokset ja kerrotaan esimerkkejä eri kerroksiin kuuluvista applikaatioista.



KUVIO 2 Pilvilaskenta-arkkitehtuuri (Zhang ym., 2010)

1.2 Yleistä pienistä ja keskisuurista yrityksistä

Pienistä ja keskisuurista yrityksistä ei ole perinteisesti ollut olemassa yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Tästä konsensuksen puutteesta kertoo se, että American Small Business Administration (SBA) on luokitellut pienet ja keskisuuret yritykset alle 500 henkilöä työllistäviksi yrityksiksi, määrittelemättä kuitenkaan rajoituksia näiden yritysten liikevaihdolle. (Lu & Beamish, 2001.)

Toisaalta pienten ja keskisuurten yritysten määritelmästä on kuitenkin viime vuosina alkanut tulla entistä yhtenäisempi eri auktoriteettien määrittelemänä. Esimerkiksi Australian Bureau of Statistics laskee pienet ja keskisuuret yritykset alle 200 henkilöä työllistäviksi yrityksiksi (Meath, Linnenluecke & Griffiths, 2015), kun taas Euroopan unioni määrittelee pienet ja keskisuuret yritykset yrityksiksi, joiden vuosittainen liikevaihto on alle 50 miljoonaa euroa, vuosittainen tilinpäätössumma korkeintaan 43 miljoonaa euroa ja jotka työllistävät korkeintaan 250 henkilöä (Sebesta, 2013; Sultan, 2011). SPRING Singapore määrittelee pienet ja keskisuuret yritykset alle 200 henkilöä työllistäviksi yrityksiksi, joiden vuosittainen liikevaihto on korkeintaan 100 miljoonaa dollaria (Gupta ym., 2013).

Pienten ja keskisuurten yritysten merkitystä nykyaikaisissa kansantalouksissa täytyy korostaa, sillä ne muodostavat merkittävän osan kehittyneiden maiden kansantalouksista. Esimerkiksi vuonna 2009 pienet ja keskisuuret yritykset muodostivat 57,4 prosenttia Euroopan unionin vuosittaisesta liikevaihdosta. (Sebesta, 2013; Wiklund & Shepherd, 2003.) 95 prosenttia OECD-maiden yrityksistä on pieniä ja keskisuuria yrityksiä, muodostaen 60 – 70 prosenttia näiden maiden työpaikoista. Lisäksi kaksi kolmasosaa Euroopan unionin työpaikoista on pienten ja keskisuurten yritysten muodostamia, kun taas japanilaisista yrityksistä 78 prosenttia on pieniä ja keskisuuria yrityksiä. (Gupta ym., 2013.)

Huomionarvoista on myös se, että käsitys pienistä ja keskisuurista yrityksistä on erilainen eri maanosissa. Esimerkiksi eurooppalaiset yritykset ovat hyvin erilaisia, kuin aasialaiset tai yhdysvaltalaiset yritykset. (Gupta ym., 2013.) Myös pilvilaskennan omaksumisen tasoissa on eroja, sillä TCS:n (Tata Consultancy Services, India) tutkimuksen mukaan Yhdysvallat ja Eurooppa ovat olleet huomattavasti latinalaista Amerikkaa ja Aasiaa hitaampia pilvilaskennan omaksumisessa (Gupta ym., 2013).

Pienet ja keskisuuret yritykset kohtaavat usein merkittäviä haasteita tietojärjestelmien kehittämisen ja ylläpitämisen suhteen kapasiteettiensa ja resurssiansa rajallisuuden vuoksi. Pienet ja keskisuuret yritykset eivät ole ”pienikokoisia suuria yrityksiä”, vaan ne törmäävät usein huomattavan erilaisiin haasteisiin kuin suuret yritykset. (Blili & Raymond, 1993; Kourik, 2011.) Erityisesti resurssien puute on ollut merkittävä haaste pienille ja keskisuurille yrityksille. Näihin resursseihin kuuluu esimerkiksi aika sekä taloudelliset ja henkilöstöön liitoksissa olevat resurssit. (Blili & Raymond, 1993; Kourik, 2011.)

Pienet ja keskisuuret yritykset ovat usein heikkoja rahoituksen, suunnittelun, hallitsemisen, kouluttamisen sekä tietojärjestelmien suhteen tästä kroonisesta resurssien puutteesta johtuen. Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on usein rajoitettu teknologiatietämys sekä teknisen osaamisen puute. Niiden kuolleisuustaso on huomattavasti suuria yrityksiä suurempi johtuen sekä sisäisistä että ympäristöllisistä tekijöistä. (Blili & Raymond, 1993; Wong, 2005.) Lisäksi pienten yritysten kohtaamat ongelmat ovat erilaisia suuriin yrityksiin verrattuna ja niiden ratkaiseminen tarvitsee erilaisen lähestymistavan (Blili & Raymond, 1993; Wong, 2005). Wong (2005) nostaa myös esille pienten ja keski-

suurten yritysten kohtaaman avainhenkilöiden mahdollisen menettämisen yrityksen piiristä, sillä työntekijät etsivät jatkuvasti parempia uria, työmahdollisuuksia ja korkeampia palkkoja suuremmissa yrityksissä.

Toisaalta pienikokoisemmilla yrityksillä on myös omat etunsa, kuten päätösten nopea implementaatio ja toteutus, markkinoita lähellä oleva sijainti sekä sopeutumisen ja lyhytaikaisen uudelleenorientaation kapasiteetti (Blili & Raymond, 1993). Pienet ja keskisuuret yritykset voivatkin saada pilvilaskennan omaksumisesta sekä toimintojensa ulkoistamisesta kiistattomia hyötyjä (Gupta ym., 2013; Sebesta, 2013).

Pienten ja keskisuurten yritysten rakenne on usein orgaaninen yrittäjän persoonan jatke. Rakenteellisesti pienissä ja keskisuurissa yrityksissä ei ole usein erottelua osastojen välillä. (Blili & Raymond, 1993.)

Informaatioteknologian nopea kehittyminen tulee asettamaan jatkossakin suuria paineita organisaatioiden budjeteille. Jatkuvista laitteistojen ja ohjelmistojen päivityksistä on tullut tärkeitä osia monien näiden yritysten resurssitaapaamisissa. (Sultan, 2011.) Vaikeat taloudelliset olosuhteet tekevät tästä tilanteesta entistä vaikeamman. Pilvilaskenta voikin tuoda mukanaan monille ongelmassa oleville yrityksille mahdollisuuden jatkaa hyötymistä uusista teknologioista edullisin hinnoin, tehden pilvilaskennasta houkuttelevan vaihtoehdon pienille ja keskisuurille yrityksille. (Sultan, 2011.)

1.3 Tutkimuksen taustoittaminen, tutkimuskysymys ja rakenne

Olen kiinnostunut kyseistä aihepiiristä tutustuttuani aiheeseen liittyvään tutkimukseen usean eri kurssin kautta. Näiden kurssien avulla olen huomannut pilvilaskennan kasvaneen merkityksen sekä arkielämässä että liiketoimintaympäristössä. Lisäksi pilvilaskennan merkitys tulee lukuisten tutkimusten mukaan vain korostumaan seuraavien vuosien aikana. Kykenen yhdistämään tähän mennessä opintojani saaman osaamisen tietotekniikasta, tieto- ja viestintäteknologioista sekä liiketoimintaosaamisesta tekemällä tutkimuksen pilvilaskennan merkityksestä pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Minulta löytyy henkilökohtaista osaamista pilvilaskennasta esimerkiksi Microsoft Azuren, Google Appsin ja erilaisten sähköpostipalveluiden käyttämisen myötä.

Tutkimukseni hyödyttää aihepiirinsä vuoksi erityisesti yritysmaailmaa, mutta pilvilaskennan kehittyminen ja yleistyminen hyödyttävät Ojalan (2016) mukaan myös yhteiskunnan jokaista osa-aluetta. Uskon, että pilvilaskennan kehittyminen hyödyttää myös yksilöitä erilaisten innovaatioiden ja pilvilaskennan ominaisuuksien hyödyntämisen myötä.

Tutkimuksen tutkimuskysymykseksi asetetaan seuraava kysymys: ”Mitä hyötyjä ja haittoja pienet ja keskisuuret yritykset voivat saada pilvilaskennan omaksumisesta?”.

Tutkielma on jaettu kahteen päälukuun sekä johdanto- ja johtopäätöslukuihin. Johdantoluvussa esiteltiin tutkimuksen taustaa kertomalla pilvilaskennan kehityksestä ja niistä syistä, joiden vuoksi pilvilaskennan merkitys on ko-

rostunut. Lisäksi määriteltiin pilvilaskenta yleisesti ja kerrottiin pilvilaskennan yleisistä ominaisuuksista, palvelumalleista ja käyttöönottomalleista. Myös pienten ja keskisuurten yritysten ominaisuuksia ja niiden kohtaamia haasteita käsiteltiin. Ensimmäisessä varsinaisessa sisältöluvussa käsitellään niitä hyötyjä, joita pienet ja keskisuuret yritykset voivat pilvilaskennan omaksumisesta saada. Toisen sisältöluvun tarkoituksena on selvittää ne haitat, joita pienille ja keskisuurille yrityksille voi pilvilaskennan omaksumisesta aiheutua. Viimeinen luku sisältää tutkimuksen tuloksista tehdyt johtopäätökset sekä jatkotutkimuskysymysten esittämisen.

1.4 Tutkimusmenetelmä ja tiedonhankintatapa

Tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuskatsaus, joka on toteutettu Jyväskylän yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksen raportointiohjeen mukaisesti. Lähteiden etsimisessä on käytetty apuna sekä ScienceDirect- että Google Scholar -palveluita, joiden avulla on pyritty etsimään mahdollisimman tuoreita ja laadukkaissa julkaisuissa julkaistuja lähteitä.

Lähteinä on käytetty pelkästään sellaisia lähteitä, jotka ovat Julkaisuforumin julkaisuluokituksen mukaan laadultaan vähintään tasoluokkaa 1. Joitakin vanhempia lähteitä on käytetty pilvilaskennan kehityksen taustoittamiseksi sekä näkökulman saamiseksi niille tekijöille, jotka ovat muodostaneet pilvilaskennaksi kutsutun teknologian. Lähdemateriaalin etsimisessä on käytetty aiheeseen liittyviä avainsanoja sekä niiden yhdistelmiä. Lähteitä on pyritty etsimään maantieteellisesti mahdollisimman laajasti, ettei tutkielmasta tulisi liian yksipuolinen.

2 PILVILASKENNAN HYÖDYT PIENILLE JA KESKISUURILLE YRITYKSILLE

Tämän luvun tarkoituksena on selvittää ne hyödyt, joita pienet ja keskisuuret yritykset voivat saada pilvilaskennan omaksumisesta. Luku on jaettu seitsemään alalukuun, joista jokaisessa käsitellään yhtä tai useampaa pilvilaskennasta saatavaa hyötyä.

Kuten johdantoluvussa mainittiin, pilvilaskennan merkitys on korostunut ja sen omaksumisesta on tullut pienille ja keskisuurille yrityksille erittäin houkutteleva vaihtoehto.

Pilvilaskentaa käsittelevässä kirjallisuudessa vallitsee lähes yksimielinen yhteisymmärrys siitä, että pilvilaskennan omaksumisesta seuraa pienille ja keskisuurille yrityksille lukuisia, merkittäviä etuja (Gupta ym., 2013; Khalid, 2010; Kourik, 2011; Leavitt, 2009; Marston, ym. 2011; Ojala, 2016; Sultan, 2011; Sultan, 2014).

Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että pilvilaskenta ja siihen liitoksissa olevat palvelut voivat tuoda merkittäviä teknisiä hyötyjä ja liiketoimintaetuja sekä pilvilaskennan palveluntarjoajille että sen käyttäjille (Armbrust ym., 2010; Ojala, 2016). Lisäksi pilvilaskennan on huomattu luovan uusia työpaikkoja sekä edistävän kasvua ohjelmistoalalla sekä siihen liittyvillä aloilla (Ojala, 2016).

Useassa pilvilaskennasta saatavia hyötyjä käsittelevässä julkaisussa merkittävimpana pilvilaskennasta saatavana etuna mainitaan sen mahdollistama radikaali kulujen väheneminen. Tyypillisesti mainittuna on myös tuottavuuden lisääntyminen, kilpailusteiden alentaminen ja kilpailuun liittymisen helpottuminen, skaalautuvuus ja elastisuus, tietoturvaedut, helppokäyttöisyys, soveltuvuus ja sijainti-itsenäisyys sekä luotettavuus. (esim. Gupta ym., 2013; Khalid, 2010; Kourik, 2011; Marston ym., 2011; Ojala, 2016.)

Guptan ym. (2013) mukaan seuraavat edut ovat mahdollisia pilvilaskennan omaksuville pienille ja keskisuurille yrityksille (taulukko 2):

TAULUKKO 2 Pilvilaskennan omaksumisen mahdollistamia etuja pienille ja keskisuurille yrityksille (Gupta ym., 2013)

Etu	Ominaisuudet
Pilvilaskennan käyttäminen ja omaksuminen	<ul style="list-style-type: none"> • Helppokäyttöisyys • Luotettavuus • Tietoturva- ja yksityisyysedut
Kuluvähennykset, tuottavuuden lisääntyminen ja skaalautuvuus	<ul style="list-style-type: none"> • Toiminnallisten kulujen vähentäminen, • Pilvi-infrastruktuurin käyttäminen laitteistojen ja ohjelmistojen ostamisen sijasta, • Henkilöstön palkkaamisen välttäminen • Skaalautuvuuden helpottuminen
Tietoturva ja yksityisyys	<ul style="list-style-type: none"> • Ei datan menettämistä tai manipulaatiota verkkorikollisten toimesta • Ei datan väärinkäyttöä pilvilaskennan palveluntarjoajan toimesta • Parempi tietoturvan taso
Helppokäyttöisyys	<ul style="list-style-type: none"> • Työntekijöitä ei tarvitse kouluttaa • Mahdollisuus käyttää ja päästä käsiin työkaluihin ja dataan mistä tahansa sijainnista • Parantunut energian ja ajan keskitäminen kriittisempiin haasteisiin • Hyvä pilvipalveluiden yhteysnopeus
Luotettavuus	<ul style="list-style-type: none"> • Varmuuskopiointi • Parantuneet varastointimahdollisuudet • Erinomainen toipumismahdollisuus katastrofitapauksissa • Palveluntarjoajan toimesta tapahtuva varmuuskopiointi • Korkea käytettävyyssika ja saatavuus
Jakaminen ja kollaboraatio	<ul style="list-style-type: none"> • Datat ja tiedostojen jakaminen toisten toimitusketjun osapuolten kanssa • Saman data- ja dokumenttijoukon käyttäminen kumppaneiden kanssa • Liiketoimintamatkojen vähentäminen • Helppo jäljitettävyys

Kirjallisuudessa nostetaan usein esille pilvilaskennan mahdollistama resurssien jakamisen tarvittaessa (engl. *on-demand*), joka mahdollistaa optimaalisen resurs-

sien kohdentamisen ja kulutehokkuuden. Lisäksi informaatioteknologiseen infrastruktuuriin sijoittamisen tarpeen merkittävä väheneminen on mainittu lähes jokaisessa aiheita käsittelevässä julkaisussa. (Ali, Khan & Vasilakos, 2015.)

Olennaista pilvilaskennan mahdollistamalle kulujen vähentämiselle on myös se, että käyttäjät kykenevät maksamaan pilviresursseista käyttömäärän perusteella (engl. *pay-as-you-go*) (Botta ym., 2016; Gupta ym., 2013, Kourik, 2011; Sultan, 2010; Sultan, 2014; Weinhardt ym., 2009).

Pilvilaskennan *pay-as-you* -malli mahdollistaa etukäteissijoitusten poistamisen. Palveluntarjoajan ei tarvitse sijoittaa infrastruktuuriin kyetäkseen hyötymään pilvilaskennasta, vaan resurssit pystytään vuokraamaan suoraan pilvestä omien tarpeiden mukaan ja maksaminen toteutetaan käytön määrän perusteella. (Zhang ym., 2010.) Toimintakulut vähenevät, sillä pilviympäristön resurssit kyetään varaamaan ja palauttamaan tarpeen perusteella. Palveluntarjoajan ei tarvitse varata kapasiteettia maksimikuorman mukaan. (Botta ym., 2016; Kourik, 2011; Leavitt, 2009; Zhang ym., 2010.) Tästä seuraa valtavia säästöjä, sillä resurssit kyetään käyttämään toimintakulujen vähentämiseksi, kun kysyntä on alhaalla. Pilvilaskennan ansiosta pienten ja keskisuurten yritysten ei tarvitse enää ostaa eikä ylläpitää omia, kalliita laitteistojaan sekä ohjelmistoinfrastruktuurejaan. (Botta ym., 2016; Kourik, 2011.) Lisäksi kyetään välttämään ylläpitohenkilöstön palkkaaminen. Kompleksien infrastruktuurivaatiusten siirtäminen palveluntarjoajan vastuulle on myös huomattavasti perinteistä organisaation sisäistä osaamista helpompi ja kulutehokkaampi vaihtoehto. (Botta ym., 2016; Kourik, 2011; Leavitt, 2009; Zhang ym., 2010.)

2.1 Kuluvähennykset ja tuottavuuden lisääntyminen

Gupta ym. (2013) korostavat valtavia pilvilaskennan omaksumisen mukana tulevia, tilausmallin mahdollistamia, kulujen alennuksia: 70 prosenttinen kulujen vähentyminen on havaittu eräissä yrityksissä Amazon Web Services -palvelutoimittajan omaksumisen myötä. Tämä on johtanut kiinteiden informaatioteknologisten kulujen alenemiseen sekä ylläpitokulujen alenemiseen, erityisesti eurooppalaisten pienten ja keskisuurten yritysten parissa. Myös toimintoihin liittyviin kuluihin, datakeskuskuluihin, ylläpitokuluihin sekä valtaviin etukäteissijoituksiin liittyviä kulujen vähennyksiä on havaittu. (Gupta ym., 2013.)

Sultan (2011) tarjoaa pilvilaskennan omaksumisesta seuraaviksi mahdollisiksi hyödyiksi valtavan informaatioteknologisten kulujen alenemisen, vapautumisen organisaation sisäisestä applikaatioiden asentamisesta ja ylläpitämisestä sekä sen mahdollistaman, aiemmin mainitun, *pay-as-you-go* -mallin. *Pay as you go* -malli mahdollistaa huomattavia kuluvähennyksiä, kun organisaatio kykenee maksamaan ostamistaan palveluista pelkästään käytön määrän perusteella. (Sultan, 2011.)

Khalidin (2010) sekä Sultanin (2014) mukaan pilvilaskenta mahdollistaa kuluvähennyksiä, tehokkuuden lisäämistä ja resurssien säästämistä. Lisäksi resurssien ryhmittäminen mahdollistaa korkeamman suorituskyvyn, kuorman

kompetenssin hallitsemisen keskitetystä sijainnista sekä serverien kapasiteetin absoluuttisen hyödyntämisen. Pilvilaskennan omaksuminen johtaa parantuneeseen resurssien käyttämiseen, joka on ylläpito- ja näkökulmasta korvaamatonta. (Khalid, 2010; Sultan, 2014.) Informaatioteknologisten kulujen kohteileminen operationaalisisina kuluina auttaa myös vähentämään organisaation tietojenkäsittelykuluja huomattavasti, kun pilvestä tulee mukautuva infrastruktuuri, jota eri loppukäyttäjät voivat käyttää eri tavoin (Khalid, 2010; Sultan, 2014).

Lisäksi pienet ja keskisuuret yritykset saavat mahdollisuuden päästä käsiksi verkkopohjaisiin edistystyökaluihin resurssien muodossa. Pilven vuoksi teknologiaan käsiksi pääseminen ei ole enää ensisijainen kulu, vaan se voidaan rinnastaa toisiin hyödykepalveluihin. (Khalid, 2010; Kourik, 2011.) Maksu palveluista suoritetaan vain käytettyjen hyödykkeiden määrän perusteella. Näin pilvilaskenta säästää tärkeiden liiketoiminta-applikaatioiden kuluissa. (Khalid, 2010; Kourik, 2011.)

Pilvilaskenta helpottaa uusien teknologioiden omaksumista, sillä pilvipalvelut voivat tuoda mukanaan monille niitä käyttäville organisaatioille mahdollisuuden hyötyä uusista informaatioteknologisista kehityksistä huokein hinnoin. Organisaatiot saavat myös mahdollisuuden päästä käsiksi uusimpiin ohjelmisto- ja laitteistoteknologioihin ilman tarvetta käyttää merkittäviä rahasummia ohjelmistolisensseihin, -päivityksiin ja kalliisiin laitteistoihin. (Sultan, 2014.) Lisäksi palveluiden ulkoistaminen mahdollistaa kulunvähennykset laitteiston ylläpidossa sekä henkilöstön kouluttamisessa (Zhang ym., 2010). Pilvilaskenta onkin taloudellisesta näkökulmasta erittäin houkutteleva vaihtoehto pienille ja keskisuurille yrityksille (Sultan, 2014).

Sultan (2014) korostaa kuitenkin sitä, että jotkin pilvilaskennan ominaisuuksista voivat kuitenkin osoittautua lyhyellä aikavälillä perinteistä infrastruktuuria kalliimmiksi korkeiden kaistanleveyskulojen vuoksi. Schumacher Groupin mukaan pilvilaskentaan siirtyvä organisaatio tarvitsee kolmen vuoden ajanjakson ollakseen omillaan (engl. *break-even point*) ja yli viiden vuoden käytön todellisten taloudellisten etujen havaitsemiseksi (Sultan, 2014). Pilvilaskennasta saatavat kuluvähennykset tulevat siis usein esille vasta pitkällä aikavälillä.

2.2 Kilpailuun liittymisen helpottuminen

Kuten edellä todettiin, pilvilaskenta mahdollistaa huomattavan kulujen alenemisen pienille ja keskisuurille yrityksille. Tämä johtaa siihen, että pienten ja keskisuurten yritysten on huomattavasti aiempaa helpompaa liittyä mukaan kilpailuympäristöön.

Gupta ym. (2013) sekä Marston ym. (2011) mainitsevat pilvilaskennan hyödyistä merkittävimpänä dramaattisen kilpailuun mukaan tuleminen kulujen alenemisen pienemmille yrityksille, jotka yrittävät hyötyä tähän mennessä pelkästään suurimmille yrityksille saatavilla olevasta liiketoiminta-analytiikasta. Pilvilaskennan omaksuminen myös helpottaa kilpailuun mukaan pääsemistä huomattavasti (Gupta ym., 2013; Marston ym., 2011).

Yritykset kykenevät pilvilaskennan taloudellisesti tehokkaan tilausmaksullin myötä pääsemään käsiksi esimerkiksi ERP-, CRM-, SFA- ja SCM-järjestelmiin. Välitön käsiksi pääseminen laitteistoresursseihin on mahdollista ilman etukäteen suoritettavia pääomasijoituksia. (Gupta ym., 2013.) Tämä johtaa nopeampaan pääsyyn markkinoille, kun informaatioteknologisista kuluista tulee operationaalisia kuluja (Gupta ym., 2013)

Pilvilaskennan mahdollistama lähes välitön käsiksi pääseminen laitteistoresursseihin ilman välittömiä pääomasijoituksia johtaa nopeampaan markkinoille pääsemiseen useille yrityksille. Käyttäjät ovat täysin eristyksissä toisistaan ja infrastruktuurin joustavuus mahdollistaa tietojenkäsittelykuorman tasa-painottamisen yhä useamman käyttäjän liittyessä järjestelmään. (Marston ym., 2011.)

2.3 Skaalautuvuus ja elastisuus

Houkuttelevasta, tarpeen mukaan saatavilla olevasta, prosessointitehosta sekä varastointimahdollisuudesta on tulossa todellisuutta. Pilvilaskennan skaalautuva infrastruktuuri mahdollistaa taloudellisen edun, kun organisaatio kykenee kasvattamaan pilvikapasiteettia tarpeen kasvaessa sekä laskemaan sitä, kun tarve pilvikapasiteetille vähenee. (Botta ym., 2016; Gupta ym., 2013.) Esimerkiksi riskialttiit liiketoimintamallit voivat saada valtavan kilpailuedun tämän skaalautuvuuden myötä, jos kysyntä kasvaa merkittävästi lyhyen ajan sisällä. Tietojenkäsittelykapasiteetin kasvattamisesta on tullut yhtä yksinkertaista kuin rakennusosien lisäämisestä olemassa olevaan verkkoon. (Gupta ym., 2013.) Pilvilaskenta takaakin taloudellisten etujen lisäksi useita teknisiä etuja, kuten energiatehokkuutta, laitteiston optimointia, ohjelmistoresurssien hyötykäyttöä, elastisuutta, suorituskyvyn eristämistä ja organisationaalista joustavuutta (Botta ym., 2016; Gupta ym., 2013).

Pilvilaskenta helpottaa yrityksiä palveluiden skaalaamisessa asiakasvaatimusten perusteella. Kun tietojenkäsittelyresursseja kyetään hallitsemaan ohjelmistojen kautta, ne voidaan ottaa käyttöön hyvin nopeasti vaatimusten ilmetessä. (Marston ym., 2011.) Pilvilaskennan tavoitteena onkin Marstonin ym. (2011) mukaan resurssien skaalaaminen dynaamisesti sekä ylös että alas ohjelmointirajapinnoilla minimaalisen palveluntarjoajan kanssa käydyn vuorovaikutuksen kautta. Yritykset voivat siirtää pilvilaskennalle ominaisen skaalautuvuuden ja elastisuuden myötä komponenttejaan pilveen askel askeleelta, sen sijaan että kaikki siirrettäisiin pilveen kerralla. Näin pilvilaskennan omaksumisen taso voi kasvaa samaa tahtia yrityksen kasvun myötä. (Marston ym., 2011.) Suurin osa pilvipalveluntarjoajista ei vaadi sopimuksia, vaan antaa käyttäjille joustavan tavan työskennellä palveluillaan tarpeen mukaan. Tästä johtuen pilvilaskenta on hyvä tapa ylimääräisten resurssien keskittämiseksi esimerkiksi tuote- ja palvelukehitykseen. (Gupta ym., 2013; Leavitt, 2009.)

Myös Kourik (2011) nostaa esille pilvilaskennan nopean elastisuuden, jonka myötä kuluttaja kykenee lähes välittömästi ottamaan käyttöönsä lisäresurs-

seja pilvilaskennan toimittajalta. Infrastruktuurin tarjoajat varaavat suuria resurssimääriä datakeskuksista ja tekevät niistä helposti saatavilla olevia (Kourik, 2011). Palveluntarjoaja kykenee helposti laajentamaan palveluidensa skaalaa hallitakseen nopeaa kasvua palvelun kysynnässä (Zhang ym., 2010). Tämä tarkoittaa sitä, että kuluttaja kykenee vastaamaan radikaaliin asiakasvaatimusten nousuun erittäin nopeasti, kasvattamalla esimerkiksi verkkopalvelimien määrää sadasta kappaleesta tuhanteen kappaleeseen lähes välittömästi ja automaattisesti. Kuluttajan täytyy kyetä hankkimaan lisäresurssit tarpeen mukaan pilvilaskennan toimittajalta. (Kourik, 2011.) Aiemmin mainittu resurssien saatavuus tarpeen perusteella (engl. *on-demand*) korostuu siis myös pilvilaskennan skaalautuvuudessa. Tarpeen vaatiessa käyttöön otettava elastisuus mahdollistaa nopean resurssien skaalaamisen yrityksen kasvaessa, tuoden samalla potentiaalista kilpailuetua. (Kourik, 2011.)

Pilvilaskennan ominaisuudet yhdistävät tietojenkäsittelytarjonnan ja -menekin mahdollistaen siten välittömän skaalautuvuuden. Virtualisointitekнологia pilvilaskennan taustalla voi myös auttaa laitteisto- ja ohjelmistoredundanssin vähentämisessä. (Sultan, 2014.) Yritykset joilla on tarve päästä käsiksi laitteistoihin voivat vuokrata nämä resurssit palveluntarjoajilta niiden ostamisen sijaan (Sultan, 2014).

Organisaatioiden ei myöskään tarvitse enää tuhlata resursseja ylivarustautumalla sellaista palvelua varten, joka ei vastaakaan organisaation odotuksia. Myös alivarustautumisen kautta tapahtuva potentiaalisten asiakkaiden ja liikevaihdon menettäminen voidaan välttää. (Sultan, 2014.) Tällainen resurssien käyttämisen elastisuus ilman suuren skaalan investointeja on ennennäkemätöntä informaatioteknologisessa historiassa (Sultan, 2014).

2.4 Tietoturvaedut ja riskien vähentäminen

Gupta ym. (2013) nostavat erityisesti esille pilvilaskennan tietoturvan kritisoinnin. Heidän mukaansa pilvilaskennan tietoturvaa kritisoivilla organisaatioilla ei ole usein riittävää tietoa pilvilaskennan ominaisuuksista. Pilvilaskennan tietoturva-asioissa piilee paradoksi, kun tietoturvasta huolissaan olevat pienet ja keskisuuret yritykset valitsevat usein pilven käyttöönottomalliksi muita käyttöönottomalleja haasteellisemmän julkisen pilven sen tarjoamien edullisten standardipalveluiden vuoksi (Gupta ym., 2013).

Guptan ym. (2013) mukaan pilvilaskennan tietoturvan taso on hyvä, sillä riskit minimoidaan käyttäjien todentamisen sekä salauksen kautta. Turvallisuuden tasoa parantaa myös esimerkiksi monitorointi, transaktioiden jäljittäminen, selektiivisen pääsyn tarjoaminen käyttäjille sekä vahvan salasanan hyödyntäminen (Gupta ym., 2013). Pilvi parantaa Khalidin (2010) mukaan tietoturvan ja valvonnan tasoa keskitetyn dataan pääsyn muodossa. Pilvilaskenta on myös Sultanin (2011) mukaan tietoturvaluolistaan huolimatta perinteisiä järjestelmiä turvallisempi vaihtoehto.

Parantuneen tietoturvan taustalla on Guptan ym. (2013) mukaan mitta-kaavaetu sekä kulusäästöistä seuraava mahdollisuus erinomaisten tietoturvasiantuntijoiden palkkaamiseen. Tietoturva vaikuttaa suoraan järjestelmän luotettavuuteen. Siksi korkean tietoturvatason omaavan pilvilaskentajärjestelmän suunnitteleminen on erittäin tärkeää. (Gupta ym., 2013.)

Zhangin ym. (2010) mielestä infrastruktuurin ulkoistaminen pilveen parantaa organisaation tietoturvan tasoa, sillä palveluinfrastruktuurin ulkoistamisesta seuraa liiketoimintariskien siirtäminen infrastruktuurin tarjoajille, joilla on usein parempi asiantuntemus ja paremmat työkalut liiketoimintariskien hallitsemiseksi. Lisäksi pilvilaskenta vähentää huomattavasti organisationaalisia riskejä, kun informaatioteknologinen kuorma siirretään organisaation käsistä palveluntarjoajien hallintaan. (Khalid, 2010.) Myös Botta ym. (2016a) argumentoivat riskien vähenemisen puolesta, sillä palveluinfrastruktuurin ulkoistaminen siirtää liiketoimintariskit kohti palveluntarjoajaa, joka on usein huomattavasti tyypillistä yritystä paremmin varustautunut riskien kohtaamiseen.

Kourik (2011) nostaa esille tietoturvaedut, joita pilvilaskenta voi mahdollistaa yksittäisiä häiriöpisteitä vähentämällä replikaation ja useiden sijaintien kautta. Pilvilaskennan toimittajat työllistävät tietoturva- sekä vakuutusasiantuntijoita pieniä ja keskisuuria yrityksiä todennäköisemmin. (Kourik, 2011.)

Monien pilvilaskennan käyttäjien sekä analyytikkojen mukaan pilvilaskenta voi parantaa tietoturvan tasoa sekä tuoda mukanaan korkeamman luotettavuuden kuin organisaation sisäiset järjestelmät (esim. Gupta ym., 2013.) Useiden analyytikoiden mielestä pilvilaskennalla on lisäksi hyvä käytettävyyssäikä ja luotettavuus. Palveluntarjoajat ymmärtävät asiakkaidensa herkkyyden häiriöaikojen suhteen, jonka vuoksi useisiin pilvilaskentasopimuksiin on integroitu vikaturvallisia ominaisuuksia. (Sultan, 2014.) Tämän mahdollistaa useiden datakeskusten olemassaolo. Jos palveluntarjoajan pääasiallinen datakeskus kaatuu, toinen datakeskus vastaanottaa kuormituksen kuluttajalle näkymättömästi. (Sultan, 2014.) Katastrofitapauksissa monilla palveluntarjoajilla on menetelmiä, joilla kyetään palauttamaan normaali palvelutaso erittäin nopeasti (Sultan, 2014).

Kuten edellä todettiin, pilvilaskennan tietoturvan taso on kuitenkin saanut osakseen myös huomattavaa kritiikkiä ja tietoturvaan liittyviä ongelmia pidetään aihetta käsittelevässä kirjallisuudessa yleisesti suurimpana pilvilaskennan haittapuolena. Tietoturvahaittoja käsitellään yleisesti luvussa 3.1.

2.5 Helppokäyttöisyys, soveltuvuus ja riippumattomuus sijainnista

Gupta ym. (2013) korostavat kasvavan verkkotransaktioiden määrän sekä työntekijöiden tarpeen päästä käsiksi dataan etäsijainneista, johtavan pilvilaskentaratkaisun tarpeeseen.

Gupta ym. (2013) mainitsevat pilvilaskennan mahdollistamaksi eduksi sen helppokäyttöisyyden ja soveltuvuuden. Pienten yritysten työntekijät työskentelevät usein tosiasiallisten toimistosijaintien ulkopuolella, joten helppo pääsy dataan on suuri etu. Laskentatoimi sekä rahoitus on usein ulkoistutettu pilveen, jättäen lisää aikaa yritysten toimitusjohtajille strategisen työn ja aloitteiden parissa työskentelemiseen. (Gupta ym., 2013.) Laskentatoimen ulkoistaminen mahdollistaa myös jatkuvien laitteistopäivitysten sekä erilaisten koneiden käyttöönottoon liittyvien ylläpito-ongelmien välttämisen. Pilvilaskenta auttaa lisäksi hallinnollisten yleiskustannusten eliminoimisessa sekä mahdollistaa pääsyn mistä tahansa maantieteellisestä sijainnista, millä tahansa laitteella ja mistä tahansa organisaatiosta. (Gupta ym., 2013.) Myös sovelluskehitys voidaan ulkoistaa ja sovelluskehittäjät voivat päästä käsiksi kehityshyödykkeisiin maailmanlaajuisesti, mihin tahansa aikaan ja lähes miltä tahansa laitteelta (Gupta ym., 2013). Myös Zhang ym. (2010) korostavat helppoa pääsyä pilvipalveluihin, sillä pilvessä tarjotut palvelut ovat yleisesti verkkopohjaisia. Siksi niihin kyetään pääsemään helposti käsiksi suuresta määrästä laitteita, joissa on internetyhteys (Zhang ym., 2010).

Pilvilaskenta on teknologiana huomattavan helposti käytettävä, sillä käyttäjillä ei tarvitse olla ammattitaitoa liittyen pilvilaskentateknologioiden käyttämiseen (Ali ym., 2015). Lisäksi pilvilaskenta tuo mukanaan automatisoitujen käyttöliittymien käyttömahdollisuuden. Käyttäjien ei tarvitse välittää back end -työskentelystä, ylläpitotehtävistä eikä käynnissä olevien toimintojen vianetsinnästä. (Sultan, 2011.)

2.6 Luotettavuus

Loppukäyttäjätietojen siirrettävyys toiselle pilvilaskennan palveluntarjoajalle on äärimmäisen tärkeää. Eri pilvilaskentatoimittajien tarjoamien palveluiden välinen yhteentoimimattomuus on suuri haaste pilvilaskentateollisuuden parissa. (Gupta ym., 2013.) Automaattinen katastrofeista selviäminen ja varmuuskopiointi lisäävät kuitenkin luottamusta pilvipalveluihin. Pilvipalvelut ovat saatavilla kellon ympäri, joka lisää luotettavuutta perinteisiin järjestelmiin nähden. (Gupta ym., 2013.) Datan redundanssi on rakennettu sisään pilvivarastointiratkaisuihin varmistaen sen, että tiedostot ovat aina saatavilla, jopa sähkökatkosten ja verkkohäiriöiden aikaan. Esimerkiksi vuonna 2010 Gmail oli noin 32 kertaa perinteisiä sähköpostijärjestelmiä luotettavampi datan redundanssin vuoksi. (Gupta ym., 2013.) Pilvipalveluiden luotettavuus ei ole kuitenkaan pienille ja keskisuurille yrityksille yhtä tärkeää kuin suurille yrityksille (Gupta ym., 2013).

Leavittin (2009) mukaan pilvilaskenta parantaa saatavuutta ja luotettavuutta huomattavasti verrattuna perinteisiin organisaation sisäisiin infrastruktuureihin. Tämä johtuu siitä, että suurilla palveluntarjoajilla on usein riittävät resurssit ja laitteistot saatavuuden varmistamiseksi (Leavitt, 2009).

Pilvilaskennan luotettavuutta on kuitenkin myös kritisoitu aihetta käsittelevässä kirjallisuudessa. Luotettavuuteen liittyviä ongelmia ja haasteita käsitellään tarkemmin luvussa 3.2.

2.7 Muut edut

Pilvilaskennalla on mahdollisuus vähentää yrityksen hiilidioksidijalanjälkeä ja samalla vähentää sähkökuluja. Julkisten pilvipalvelumallien tilaaminen mahdollistaa organisaatioille pienemmän kulutuksen tietojenkäsittelylaitteistojen virranhallinnan ja jäähdyttämisen suhteen. (Sultan, 2014.) Lisäksi se mahdollistaa pienemmän tilantarpeen informaatioteknologisen infrastruktuurin ja resursien sijoittamiseksi. Kasvavien, hallitusten asettamien, hiilidioksidijalanjälkien pienentämistavoitteiden vuoksi pilvilaskenta voi osoittautua erinomaiseksi vaihtoehdoksi pienille ja keskisuurille yrityksille. (Sultan, 2014.) Pilvipalveluiden kuluttajat pääsevät suotuisaan asemaan ympäristöasioiden suhteen ja mahdollistavat sekä ympäristöystävällisemmän ja vihreämmän tulevaisuuden että entistä eettisempiä tietoisempia asiakkaita (Sultan, 2014).

Pilvilaskennan avulla pienet ja keskisuuret yritykset kykenevät vastaamaan älypuhelin- ja sosiaalisen median mukanaan tuomiin kommunikointihaasteisiin ja -mahdollisuuksiin. Pilvitiedostovarastointi mahdollistaa pienten ja keskisuurten yritysten eri sidosryhmien välisen informaation ja datan jakamisen, varastoimisen sekä hakemisen. (Gupta ym., 2013.) Pilven mahdollistamat videokonferenssit sekä välitön viestintä ovat myös tekijöitä yhteistyön helpottamisessa. Esimerkiksi Google Docsin kautta tapahtuva tiedostojen jakaminen sekä muokkaaminen usean ihmisen toimesta samaan aikaan on houkutteleva syy pilvilaskentaan siirtymiselle. (Gupta ym., 2013.)

Pilvilaskenta lisää organisationaalista tuottavuutta mahdollistaen informaation jakamisen ja yhteistyön tekemisen työntekijöiden, ryhmien sekä yhteisöjen välillä. Lisäksi se mahdollistaa tehokkaan datan prosessoinnin sekä liiketoiminnallisten näkemysten saamisen suuresta datan määrästä. (Ojala, 2016.)

Pilvilaskenta mahdollistaa myös uusia applikaatioluokkia ja aikaisemmin mahdottomien palveluiden toimittamisen. Tällaisia applikaatioita ja palveluita ovat esimerkiksi sijainti-, ympäristö ja kontekstitiedostavat mobiili-interaktiiviset applikaatiot, jotka reagoivat reaaliajassa erilaiseen informaation ympäristöstään. (Marston ym., 2011.) Yritysten on mahdollista myös omaksua liiketoiminta-analytiikkatyökaluja, joilla voi käyttää suuria määriä tietokoneresursseja asiakkaiden tarpeiden, ostotottumusten ja toimitusketjujen ymmärtämiseksi (Marston ym., 2011).

3 PILVILASKENNAN HAITAT PIENILLE JA KESKISUURILLE YRITYKSILLE

Tämän luvun tarkoituksena on selvittää ne haitat, joita pilvilaskennan omaksumisesta voi seurata pienille ja keskisuurille yrityksille. Luku on jaettu neljään alalukuun, joista kolmessa ensimmäisessä käsitellään yhtä tai useampaa pilvilaskennan omaksumiseen liittyvää haittaa, kun taas neljäs alaluku käsittelee keinoja, joilla näiltä haitoilta voidaan välttyä. Lisäksi luku 3.1 on jaettu kolmeen alalukuun, joista jokaisessa käsitellään johdantoluvussa käsiteltyihin pilvilaskennan palvelumalleihin liittyviä tietoturvaongelmia.

Pilvilaskenta on nouseva palveluparadigma, johon liittyy Sultanin (2011) mukaan sen laajuuden, kompleksisuuden ja uutuuden vuoksi pelkoja, epävarmuutta ja huolia.

Yhä useampi organisaatio on siirtämässä ydinliiketoimintojaan pilvialustoille, mutta pilvilaskennan omaksuminen on kuitenkin osoittautunut odotettua kompleksimmaksi. Osa yrityksistä on siirtymässä pilvilaskentaa kohti pelkäämään vallitsevan trendin vuoksi, kun taas toiset yritykset eivät kykene edes harkitsemaan ajatusta arkaluontoisten tietojensa sijaitsemisesta organisaation ulkopuolella. (Avram, 2013.) Kumpikin näistä tapauksista edustaa sellaisia organisaatioita, jotka eivät ole Avramin (2013) mukaan tietoisia pilvilaskennan realiteeteista.

Joissain tapauksissa pilvilaskenta vaihtoehtona on jopa suoranaisesti hylätty. Monet yritykset ja tutkimusorganisaatiot ovat haluttomia luottamaan pilvilaskentaan täysin digitaalisten omaisuuseriensä siirtämiseksi kolmannen osapuolen palveluntarjoajille. (Sultan, 2011.) Perinteinen infrastruktuurimalli pitää digitaaliset omaisuuserät organisaatioiden hallintopiirien sisällä. Pilvilaskenta johtaa taas siihen, että palveluiden ja infrastruktuurin hallinta siirtyy organisaation ulkopuolelle. (Sultan, 2011.) Pilvilaskennan palveluntarjoajien suorittamat tietoturvatointenpiteet ovat usein näkymättömiä asiakkaille. Lisäksi suuri organisaation kuulumattomien käyttäjien määrä kärjistää tietoturvaluolia entisestään. (Sultan, 2011.) Näistä syistä johtuen pilvilaskennan omaksuminen on monelle organisaatiolle epähoukutteleva vaihtoehto (Ali ym., 2015; Sultan, 2011).

Pilvilaskenta on saanut osakseen myös avointa kritiikkiä. Esimerkiksi Richard Stallman, GNU-käyttöjärjestelmän kehittäjä, on kuvaillut pilvilaskentaa ansaksi. Hänen mukaansa pilvilaskennan tarkoituksena on pakottaa ihmiset hyväksymään lukitut, yksityisomisteiset järjestelmät, jotka tulevat todennäköisesti osoittautumaan kalliiksi vaihtoehtoiksi tulevaisuudessa. (Sultan, 2011.) Lisäksi Stallman on kritisoinut pilvilaskentaa kuvailemalla sitä ylimainontakampanjaksi. Myös Oraclen perustaja, Larry Ellison, on kritisoinut pilvilaskentaa muoti-ilmiöksi. (Sultan, 2011.) Hänen mukaansa pilvilaskenta on teknologiana epätaloudellinen, sillä siitä puuttuu selkeä liiketoimintamalli (Ali ym., 2015; Sultan, 2011).

Suuri osa pilvilaskentaan liittyviä haasteita ja ongelmia käsittelevästä, erityisesti vanhemmasta, kirjallisuudesta nostaa merkittävimpänä haasteena esille pilvilaskennan tietoturvaongelmat. Suuri osa tästä kirjallisuudesta tarjoaa myös ratkaisuja tietoturvaan liittyville haasteille. (esim. Brender & Markov, 2013; Chang, Kuo & Ramachandran, 2016b; Gupta ym., 2013; Khalid, 2010; Khan & Malluhi, 2010; Kim ym., 2009; Kourik, 2011; Popović & Hocenski, 2010; Ryan, 2011; Sultan, 2014.)

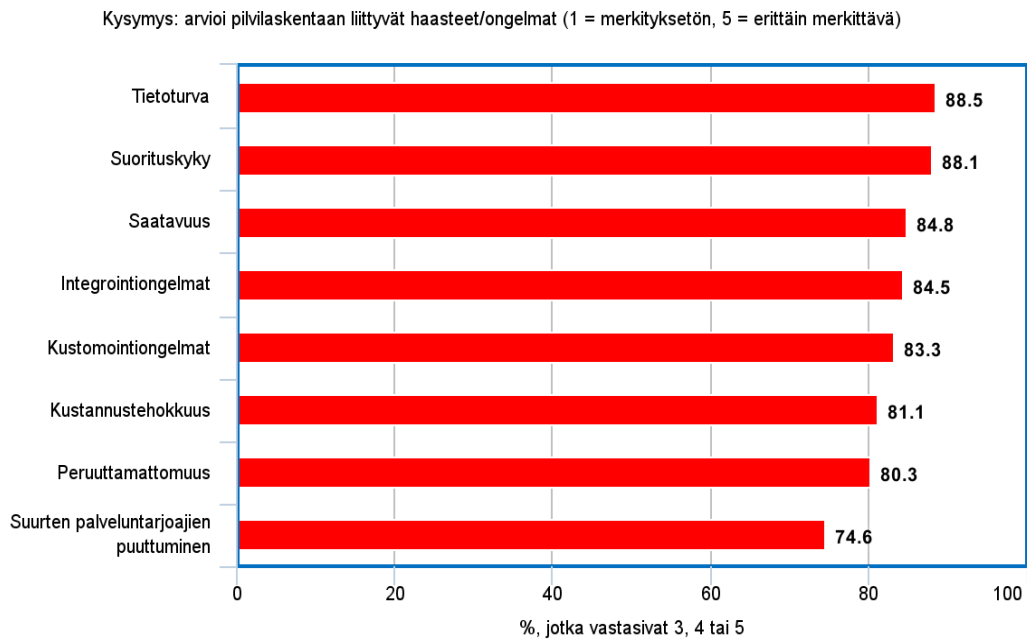
Sultan (2011) nostaa merkittävimpinä pilvilaskentaan liittyvinä haasteina esille hallintaan, palveluntarjoajaan lukittumiseen, suorituskykyyn, latenssiin, tietoturvaan, yksityisyyteen sekä luotettavuuteen liittyvät epävarmuustekijät. Myös Ryan (2011) korostaa pilvilaskentaan liittyvän yksityisyys- ja luottamuksellisuushuolia, sillä palveluntarjoajalla pääsee käsiksi kaikkeen dataan ja voi mahdollisesti tai tarkoituksellisesti paljastaa sen tai käyttää sitä luvattomasti.

Botta ym. (2016) mukaan pilvilaskentaan liittyy edelleen useita teknisiä ja liiketoiminnallisia ongelmia. Spesifejä haasteita on tunnistettu jokaisessa pilvilaskentapalvelumallissa. Suurin osa näistä ongelmista liittyy datan ja tietoverkkojen tietoturvaan, yksityisyyteen sekä palvelutasosopimuksiin, jotka voivat johtaa potentiaalisten asiakkaiden menettämiseen. (Botta ym., 2016.) Standardisointujen ohjelmointirajapintojen puute estää asiakkaita datan ja koodin helpolta siirtämiseltä sivustolta toiselle. Julkisen pilvilaskentamallin käyttäjät ovat alttiita hintojen nousemiselle, luotettavuusongelmille ja jopa palveluntarjoajan toiminnan lopettamiselle. (Botta ym., 2016.)

Sultan (2014) on määritellyt pilvilaskentaan liittyviksi ongelmiksi mm. hallinnan menettämiseen, palveluntarjoajaan lukittumiseen (engl. *vendor lock-in*), tietoturvaan, yksityisyyteen ja luotettavuuteen liittyvät riskit. Myös useiden hallitusten tietoturvasääntöihin liittyvät rajoitukset, jotka estävät tietynlaisen datan siirtämisen Euroopan unionin ulkopuolelle, ovat aiheuttaneet ongelmia (Sultan, 2014). Tästä ongelmasta on kuitenkin päästy Sultanin (2014) mukaan eroon, sillä useat pilvilaskennan palveluntarjoajat ovat kyenneet perustamaan osia datakeskuksistaan eri sijainteihin Euroopan unionin sisällä. Tämän seurauksena asiakkaat ovat saaneet mahdollisuuden valita datansa säilyttämissijainnin (Sultan, 2014).

International Data Corporation -tutkimusyhtiön tutkimuksen mukaan 75 prosenttia haastateltujen yritysten informaatioteknologisista johtajista pitää tietoturvaan liittyviä haasteita suurimpana pilvilaskentaan liittyvänä huolena, kun

taas 63 prosenttia vastanneista mainitsi suurimpana huolenaiheena suorituskyky- ja saatavuusongelmat (Sultan, 2014). International Data Corporationin tutkimuksen mukaan (kuvio 3) tietoturvaan liittyvät haasteet ja ongelmat sijoituivatkin suurimmaksi pilvilaskentaan liittyväksi huolenaiheeksi (Dillon ym., 2010; Popović & Hocenski, 2010).



KUVIO 3 Haasteet pilvilaskennan omaksumiselle (Dillon ym., 2010)

3.1 Tietoturvaongelmat

Pilvilaskenta-arkkitehtuuri perustuu useisiin olemassa oleviin teknologioihin, josta johtuen perinteiset tietoturvaongelmat ilmenevät myös pilvilaskennassa. Edistyksellisistä tietoturvamenetelmistä huolimatta kaikki data siirretään edelleen tavallisen internet-teknologian kautta. (Subashini & Kavitha, 2011.) Tästä johtuen internetiä uhkaavat tietoturvaongelmat uhkaavat myös pilvilaskentaa. Riskit ovat pilvilaskennan parissa kuitenkin huomattavasti suurempia pilvilaskentateknologian haavoittuvuuden sekä sen avulla siirrettävien resurssien luonteen vuoksi. (Subashini & Kavitha, 2011.)

Pilvijärjestelmät käyttävät edelleen normaaleja, internetissäkin käytettäviä, tietoturvaprotokollia ja -menetelmiä. Salauksjärjestelmät ja tietoturvaprotokollat vastaavat pilvilaskennan tarpeisiin tiettyyn laajuuteen saakka, mutta pelkästään vakaalla käytäntö- ja protokollajoukolla kyetään varmistamaan turvallinen datan siirtäminen pilvessä ja tekemään pilviympäristöstä turvallinen, yksityinen ja eristetty muusta osasta internetiä. (Subashini & Kavitha, 2011.)

Nykyisistä tietoturvamenetelmistä huolimatta kyberrikolliset voivat iskeä lähes jokaiseen järjestelmään. Useiden ammattilaisten mukaan kyberrikollisuus-

desta on tulossa entistä hienostuneempaa ja kohdeorientoituneempaa. (Khalid, 2010.) Lisäksi rikolliset ovat entistä koulutetumpia ja heillä on useampia mahdollisuuksia hyökkäysten tekemiseen (Khalid, 2010).

Virtuaalikoneissa on Khalidin (2010) mukaan harvoin esille nostettu vika: niillä ei kyetä takaamaan riittävää datan salausta. Riskien välttämiseksi pilvilaskennan osapuolten täytyy varmistaa kunnollinen ja turvallinen palvelusopimus. Pilvilaskentaympäristö voikin luoda merkittäviä riskejä ja pilviteknologia voi tehdä datan jäljittämistä vaikeaa. (Khalid, 2010.)

Tietokonejärjestelmien ja niissä säilytetyn datan turvallisuutta pystytään vaarantamaan niin monin tavoin, että Kimin ym. (2009) mielestä täydellistä tietoturva ei kyetä koskaan saavuttamaan. Osaavat henkilöt kykenevät murtautumaan lähes mihin tahansa tietokonejärjestelmään. Pilvilaskenta voi myös omalta osaltaan lisätä tietoturvamurtojen määrää. (Kim ym., 2009.) Lisäksi vahinkoja voi sattua, kun suurta datan määrää siirretään sähköisesti. Oma riskinsä piilee myös epärehellisissä työntekijöissä, jotka voivat vahingoittaa organisaation järjestelmiä ja dataa. (Kim ym., 2009.) Kim ym. (2009) korostavat kuitenkin sitä, että pilviympäristö ei ole millään tavalla perinteisiä organisaation sisäisiä tietojenkäsittelyjärjestelmiä turvattomampi. Parhaita tietoturvateknologioita ja prosesseja voidaan soveltaa ongelmitta myös pilvilaskentaan. Lisäksi pilvilaskennan tarjoajiin kohdistuvilla tietomurroilla on usein laajempia vaikutuksia kuin kuluttajina toimiviin organisaatioon kohdistuvilla murroilla, joten pilvilaskennan tarjoajilla on korkea motivaatio tehdä parhaansa turvatakseen serverinsä ja datansa. (Kim ym., 2009.)

Perinteiset lähestymistavat tietoturvaan ja vakuutukseen keskittyvät usein järjestelmien ulkoreunoille palomuurien ja muiden esteiden muodossa. Nämä ulkoreunat eivät ole kuitenkaan yhtä selkeästi asetettuja erityisesti julkisessa pilvessä. (Kourik, 2011.) Internetin tietoturvaheikkoutta lisää monien protokollien puutteellisuus tietoturvaominaisuuksien suhteen. Pilvilaskentaan liittyviä uusia haavoittuvuuksia ovat esimerkiksi murtumat virtuaalisten tietojenkäsittelytilojen välillä, verkkoprotokollien kautta toteutettava tietoturvan heikentäminen sekä monien protokollien rajatut salaussyvykkyudet. (Kourik, 2011.) Pilvilaskentaa voidaan myös käyttää hyväksi esimerkiksi palvelunestohyökkäyksissä ja salausten murtamisessa (Kourik, 2011).

Chang, Walters ja Wills (2016a) korostavat sitä tosiasiaa, että jokaiselle yrityksellä on erilaiset liiketoimintavaatimukset ja erilaiset käyttötarkoitukset pilvilaskennalle. Jokin yritys saattaa olla ulkoistanut kaiken datansa palveluntarjoajille, kun taas toinen yritys saattaa käyttää pilvilaskentaa pelkästään tietoturvatestien tekemiseen ja uusien tuotteiden kehitykseen. Datat menetyksestä seuraavat vaikutukset ovat selkeästi välittömämpiä ja vakavampia ensimmäisen yrityksen tapauksessa. (Chang ym., 2016a.)

Popović ja Hocenski (2010) listaavat pilvilaskentaan liittyvän yhdeksän tietoturva-ongelmaa.

- Tietoturva-ongelma nro. 1: Pilvilaskennan myötä fyysinen tietoturva katoaa muiden organisaatioiden kanssa jaettujen tietojenkäsittelyresurssien

myötä. Tästä johtuen organisaatiolla ei ole tietoa tai mahdollisuutta hallita sitä, missä resurssit liikkuvat.

- Tietoturvaaste nro. 2: Hallitus voi takavarikoida organisaation dataa, jos se rikkoo lakia.
- Tietoturvaaste nro. 3: Tietyn palveluntarjoajan tarjoamat pilvipalvelut eivät ole välttämättä yhteensopivia toisen palveluntarjoajan kanssa. Tämä voi aiheuttaa tietoturvaongelmia, jos käyttäjä päättää vaihtaa palveluntarjoajaa.
- Tietoturvaaste nro. 4: Salausavainten hallintaan liittyy riskejä, jos avaimet eivät ole asiakkaan hallinnassa.
- Tietoturvaaste nro. 5: Sellaisen standardin puuttuminen, joka mahdollistaisi datan siirtämiseen, varastointiin ja noutamiseen liittyvän datan jakamattomuuden.
- Tietoturvaaste nro. 6: Käyttäjien täytyy pysyä ajan tasalla applikaatiokehityksessä tietoturvan varmistamiseksi.
- Tietoturvaaste nro. 7: Jotkin hallitusohjesäännöt sisältävät tiukat rajoitukset siitä, mitä dataa sen kansalaisista voidaan säilöä ja kuinka pitkään tätä dataa voidaan pitää tallessa. Myös osat pankeista vaativat asiakkaidensa taloudellisen datan pysyvän kotimaassa.
- Tietoturvaaste nro. 8: Virtuaalikoneiden dynaaminen ja muuttuva luonne tekee tietoturvan yhtenäisyyden ylläpitämisestä sekä pöytäkirjojen tarkastettavuuden varmistamisesta vaikeaa.
- Tietoturvaaste nro. 9: Asiakkaat saattavat kyetä haastamaan palveluntarjoajat oikeuteen tietoturvarikkomusten tapahtuessa. Ongelmia seuraa siitä, että yksilöt eivät välttämättä tiedä syytä henkilökohtaisten tietojensa pyytämiseksi eivätkä sitä, kuinka näitä tietoja käytetään tai jaetaan toisille osapuolille.

Pilvilaskennan tietoturvaongelmia on käsitelty aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa myös palvelumalleittain.

3.1.1 Tietoturvaongelmat SaaS-mallissa

Pilvilaskentaan liittyvät tietoturvariskit vaihtelevat palvelumallien välillä (Moura & Hutchison, 2016). Aihetta käsittelevässä kirjallisuudessa katsotaan usein, että SaaS-malli on pilvilaskennan palvelumalleista kaikkein ongelmallisimmin tietoturvan suhteen. Lisäksi SaaS-mallissa tietoturvan takaamiseen ja datan menettämiseen liittyy merkittäviä haasteita. (esim. Popović & Hocenski, 2010; Subashini & Kavitha, 2011.)

SaaS-toimitusmalli on Popovićin ja Hocenskin (2010) mukaan pilvilaskennan toimitusmalleista kaikkein tietoturvakriittisin, joten yritysten sekä loppukäyttäjien täytyy tutkia palveluntarjoajan tietoturvakäytänteitä ennen palveluiden käyttämistä, jotta datan menettäminen tai siihen käsiksi pääsemättömyys kyetään välttämään.

SaaS-mallin tietoturvataakka on palveluntarjoajan vastuulla. Tämä johtuu kyseisen mallin abstraktion tasosta. SaaS-malli perustuu korkeaan integroituun toiminnollisuuteen minimaalisella asiakkaan hallinnalla tai laajennettavuudella. (Subashini & Kavitha, 2011.) SaaS-mallin applikaatioiden tietoturvaasteet eivät eroa tavallisten applikaatioiden haasteista, mutta tavalliset tietoturvan menetelmät eivät puolusta SaaS-sovelluksia hyökkäyksiltä (Subashini & Kavitha, 2011).

SaaS-mallin riskeihin kuuluu datan vuotaminen saman pilvilaskentapalveluntarjoajan sisällä olevien asiakkaiden välillä. Tietoturvakäytänteiden avulla kyetään varmistamaan se, että organisaation dataa pidetään erillään muiden asiakkaiden datasta. (Subashini & Kavitha, 2011.) Palveluntarjoaja on vastuussa datan tietoturvan tasosta, kun dataa prosessoidaan ja varastoidaan. Tietoturva-huolia aiheuttaa mahdollinen palveluntarjoajan tietoturvapalveluiden ja varmuuskopiointitehtävien ostaminen kolmannelta osapuolelta. (Subashini & Kavitha, 2011.)

SaaS-mallissa määräystenmukaisuus on kompleksinen prosessi, sillä dataa säilytetään palveluntarjoajan datakeskuksissa, joka voi johtaa hallinnollisiin, datan yksityisyyteen, eristämiseen ja tietoturvaan liittyviin, haasteisiin. Applikaatioihin käsiksi pääseminen internetin kautta voi aiheuttaa tietoturvariskejä esimerkiksi epävarmojen tietoverkkojen ja laitteiden haavoittuvuuksien kautta. (Hashizume, Rosado, Fernández-Medina & Fernandez, 2013; Subashini & Kavitha, 2011.)

Subashinin ja Kavithan (2011) mukaan seuraavat avaintietoturvatekijät tulisi ottaa huomioon SaaS-palvelumallia omaksuessa:

- Datatietoturva
- Verkon tietoturva
- Datat sijainti
- Datat ehjyys
- Datat eristäminen
- Pääsy dataan
- Käyttäjän todentaminen ja auktorisointi
- Datat luottamuksellisuus
- Verkkapplikaatioiden tietoturva
- Datat murrot
- Virtualisoinnin haavoittuvuus
- Saatavuus
- Varmuuskopiointi
- Identiteetin hallinta ja kirjautumisprosessi

3.1.2 Tietoturvaongelmat PaaS-mallissa

PaaS-malli tarjoaa SaaS-mallia korkeamman laajennettavuuden sekä asiakkaan hallinnan tason. PaaS-malli turvautuu SaaS- ja IaaS -mallien ohella turvalliseen ja luotettavaan verkkoon ja verkkoselaimeen. (Subashini & Kavitha, 2011.)

PaaS-mallin tietoturva koostuu kahdesta ohjelmistokerroksesta: PaaS-alustasta sekä alustalla kehitetyistä applikaatioista. Palveluntarjoajat ovat myös tässä tapauksessa vastuussa riittävästä tietoturvan tasosta. (Subashini & Kavitha, 2011.) Kuten SaaS-mallissa, myös PaaS-mallissa on haasteita tietoturvan suhteen. PaaS-mallissa haasteita aiheuttavat myös kolmannen osapuolen suhteiden kautta mahdollisesti perityt tietoturvaongelmat, kehitystyöhön liittyvät haasteet sekä perustana olevan infrastruktuurin tietoturva-asteet. (Subashini & Kavitha, 2011.)

Toisaalta PaaS-malli mahdollistaa SaaS-mallia korkeamman tietoturvan tason joustavuutensa ansiosta. Sisäänrakennettu tietoturvakapasiteetti on SaaS-mallia heikompi, mutta käyttäjät kykenevät lisäämään PaaS-malliin ylimääräisiä tietoturvasoja. (Subashini & Kavitha, 2011.) PaaS-ohjelmistokehittäjien tulisi kuitenkin olla perillä siitä, että muutokset PaaS-komponenteissa voivat asettaa applikaatioiden tietoturvan tason uhatuksi. Myös datan varastointisijainnista tulisi olla tietoinen lakitekniisten ongelmien välttämiseksi. (Hashizume ym., 2013; Subashini & Kavitha, 2011.)

3.1.3 Tietoturvaongelmat IaaS-mallissa

IaaS-mallin suhteellisen matala abstraktion taso tarjoaa SaaS- sekä PaaS -malleja paremman tietoturvan hallintamahdollisuuden asiakkaalle. IaaS-mallin käyttäjillä on parempi hallinta tietoturvastaan kuin SaaS- ja PaaS -mallien käyttäjillä, kunhan virtuaalikoneissa ei ole tietoturva-aukkoja. (Subashini & Kavitha, 2011.)

Virtuaalikoneissa käytettyjen ohjelmistojen sekä tietoturvakäytänteiden määrittely on käyttäjien käsissä. Tästä huolimatta alla oleva tietojenkäsittely-, verkko- ja varastointi-infrastruktuuri on palveluntarjoajan hallinnassa. (Subashini & Kavitha, 2011.) Palveluntarjoajien täytyy kyetä vastaamaan järjestelmien luomiseen, kommunikaatioon, valvontaan, muokkaukseen sekä liikkuvuuteen liittyviin uhkiin (Subashini & Kavitha, 2011).

Virtualisointi tuo hyökkääjille uusia mahdollisuuksia virtuaalikoneisiin kuuluvien fyysisten ja virtuaalisten rajapintojen kautta. IaaS-malliin liittyvistä riskeistä merkittävä osa liittyy virtuaalikoneiden ja -verkkojen tietoturvaan. (Hashizume ym., 2013; Subashini & Kavitha, 2011.) Myös pilvilaskennan käyttöönottomallilla on merkitystä, sillä julkinen pilvi on IaaS-mallille huomattavasti yksityistä pilveä tietoturvariskialttiimpi (Hashizume ym., 2013; Subashini & Kavitha, 2011).

Tuoreimpien julkaisuiden mukaan tietoturva-asteet ovat kuitenkin liioiteltuja ja pilvilaskennan avulla kyetään jopa parantamaan organisaation tietoturvaa (Ali ym., 2015; Gupta ym., 2013).

3.2 Luotettavuus, suorituskyky ja katkokset saatavuudessa

Kim ym. (2009) korostavat pilvilaskentaan liittyviä haasteita saatavuudessa. Katkokset saatavuudessa voivat olla väliaikaisia ja pysyviä. Pysyvä katkos tapahtuu, kun palveluntarjoaja lopettaa toimintansa. (Kim ym., 2009.) Väliaikaiset katkokset pilvipalveluissa tuntuvat olevan väistämättömiä ja niitä voi tapahtua muutaman kerran vuodessa. Kestoltaan tällaiset katkokset ovat yleensä muutamasta tunnista jopa päivään. (Kim ym., 2009.) Pilvilaskennan käyttäjien täytyisi noudattaa varovaisuutta ja ryhtyä varotoimenpiteisiin katkosten varalta. Pilvilaskennan palveluntarjoajan toiminnan lopettamisella voi olla vakavia seurauksia, jos asiakasorganisaatio on siirtänyt suuren osan datastaan kyseisen palveluntarjoajan hallintaan. (Kim ym., 2009.) Tämä voi pakottaa mahdolliset pilvilaskennan käyttäjät valitsemaan palveluntarjoajaksi suuria, vakiintuneita yrityksiä, jotka ovat todennäköisemmin toiminnassa vielä tulevaisuudessaakin (Sultan, 2014).

Sekä Sultan (2014) että Leavitt (2009) mainitsevat luotettavuuden pilvilaskentaan liittyvänä vakavana ongelmana. Sultanin (2014) mukaan pilvilaskenta ei sovi kaikille yrityksille, sillä palvelun menettäminen voi johtaa erityisesti suurissa yrityksissä merkittäviin liikevaihtomenetyksiin ja asiakastytymättömyyteen. Pilvilaskenta osoittautuu kuitenkin pienille ja keskisuurille yrityksille tästä huolimatta hyväksi vaihtoehdoksi kulurakenteensa ja joustavuutensa ansiosta. Huomionarvoista on kuitenkin myös se, että pilvilaskentaa käyttävän organisaation toimiala vaikuttaa merkittävästi siihen, millaisia seurauksia palvelukatkokksilla on. (Sultan, 2014.) Lisäksi pilvilaskentapalvelumallilla on merkitystä, sillä palvelukatkokset ovat pelkkää IaaS-palvelumallia käyttäville organisaatioille lähes merkityksettömiä. Edellä mainituista ongelmista huolimatta pilvilaskennan nykyiset edut ylittävät huomattavasti siitä aiheutuvat potentiaaliset haitat pienten ja keskisuurten yritysten kontekstissa. (Sultan, 2014.)

Suuri syy suorituskykyongelmille pilvipalveluissa on latenssi, eli kommunikointiajan ero asiakkaan tietokoneen ja pilvessä olevan verkkoserverin välillä. Tästä ongelmasta tulee vakava, kun samanaikaisten käyttäjien lukumäärä kasvaa ja pilveen siirretyn datan määrä kasvaa. (Kim ym., 2009; Leavitt, 2009.) Jopa laitteiden fyysinen sijainti voi kasvattaa latenssia. Ennen pilvilaskennan omaksumista organisaatioiden täytyy arvioida laajakaistavaatimukset ja arvioida applikaatioiden suorituskyvyn käyttäytymistä suuren datamäärän siirtämisen suhteen. (Kim ym., 2009; Leavitt, 2009.) Toinen syy suorituskykyongelmille on palveluntarjoajan kykenemättömyys skaalata tietojenkäsittelyinfrastruktuuriin ylöspäin, kun asiakkaiden vaatimukset nousevat alkuperäisten odotusten yli. Tästä johtuen organisaatioiden täytyy ennen pilvilaskennan omaksumista ymmärtää palveluntarjoajan kapasiteettiolettamukset ja skaalautuvuussuunnitelmat. (Kim ym., 2009; Leavitt, 2009.)

Jos käyttäjille annetaan etuoikeus hallita dataa pilvessä, niin mikä tahansa väärä transaktio voi aiheuttaa suorituskyvyn menettämistä, kun toiminnallista dataa siirretään organisaation sisäisten linkkien ylläpitämiseksi. Verkkopohjais-

ten applikaatioiden suorituskyky on täysin riippuvainen internetin nopeudesta sekä palveluntarjoajien servereiden suorituskyvyn tasosta. (Khalid, 2010.) Tämä pakottaa pilvilaskentaa käyttävän organisaation tyytymään palveluntarjoajan tarjoamaan suorituskyvyn tasoon. Joskus prosessointitoiminnoilta on mahdollonta saada normaalia suorituskykytasoa, jos verkkoyhteys on hidas tai organisaatio sijaitsee alueella, jossa ei ole mahdollista saada luotettavaa tai nopeaa yhteyttä. (Khalid, 2010.)

3.3 Muut haitat

Pilvilaskennan omaksumishaasteita ei yleensä yhdistetä kuluihin. Kim ym. (2009) mukaan pilvilaskennan markkinointimääritelmään kuuluva pay-as-you-go -malli on yleisesti hyväksytty absoluuttisena totuutena, vaikka todellisudessa kulusäästöt ovat olleet huomattavasti oletettuja pienempiä. Mahdollinen tarve organisaation sisäisiin varmuuskopioihin tai toissijaisiin pilvipalveluihin ajoittaisten katkosten vaikutusten torjumiseksi lisää huomattavasti kuluja. Kuluja lisää myös tarve kasvattaa kommunikointilaajakaistaa halutun suorituskytason ylläpitämiseksi. (Kim ym., 2009.)

Kim ym. (2009) nostavat myös esille sen tosiasian, että pilvilaskennan omaksuvat organisaatiot eivät voi luottaa täysin siihen, että pilvilaskennan tarjoajat kykenevät hallinnoimaan sekä applikaatioita, virtuaalikoneita että varastointitilaa. Monitorointityökalut auttavat hallinnointitehtävissä, mutta monitorointi vaatii henkilöstön aikaa ja mahdollista kaupallisten työkalujen ostamista. Seurauksena on kulujen lisääntyminen. (Kim ym., 2009.)

IaaS-palveluntarjoajat luovat virtuaalisia tietojenkäsittelyresursseja fyysisistä tietojenkäsittelyresursseista ja allokoivat virtuaalisia resursseja eri käyttäjille. Tästä johtuen useat käyttäjät jakavat yhteiset fyysiset tietojenkäsittelyresurssit. (Kim ym., 2009.) Jotkut organisaatiot vaativat kuitenkin dedikoidut fyysiset tietojenkäsittelyresurssit pilvessä estääkseen törmäykset muiden resurssien käyttäjien kanssa. Dedikoitujen fyysisten resurssien käyttäminen voi vähentää pilvilaskennan kuluhyötyjä merkittävästi. (Kim ym., 2009.)

Usein mainittu palveluntarjoajaan lukittuminen voi aiheuttaa ongelmia, sillä yritys ei välttämättä kykene helposti ja edullisesti vaihtamaan palveluntarjoajaansa tai palauttamaan ulkoistettuja toimintojaan takaisin organisaation sisälle (Leavitt, 2009).

Myös dataan käsiksi pääsemiseen, määräystenmukaisuuteen, varastointiin, säilyttämiseen, tuhoamiseen, auditointiin, monitorointiin ja tietoturvarikkomuksiin liittyy haasteita, joiden olemassaolosta olisi hyvä olla perillä (ks. Popović & Hocenski, 2010, 345).

3.4 Pilvilaskennasta aiheutuvien ongelmien lieventäminen

Kuten aiemmin mainittiin, yritykset ovat huolestuneita siitä, kuinka tietoturva ja määräystenmukaisuuden yhtenäisyys kyetään ylläpitämään pilvilaskentaympäristössä. Näiden huolien lieventämiseksi pilvilaskennan palveluntarjoajien täytyy varmistaa, että asiakkaat kykenevät säilyttämään entisen kaltaisen tietoturvan ja yksityisyyden tason sekä toimittaa asiakkailleen todistusaineistoa määräystenmukaisuuden noudattamisesta ja siitä, että asiakkaiden data on turvattu (Popović & Hocenski, 2010).

Popovićin ja Hocenskin (2010) mukaan kaikista ongelmallisimpia ovat sellaiset yritykset, jotka siirtyvät pilvilaskentaan täysin tietämättöminä kriittisten applikaatioiden ja datan pilveen siirtämisen seurauksista. Pilvilaskenta tarvitsee Popovićin ja Hocenskin (2010) mukaan myös standardisointia eri pilvilaskentatoimittajien välisen yhteentoimivuuden ja kommunikaation sekä pilvilaskentamarkkinoiden kehittämisen varmistamiseksi.

Suuri osa yrityksistä on huolissaan liiketoimintatansa turvallisuudesta julkisessa pilviympäristössä. Avainesteinä pidetään datan tietoturvaa, kun sitä siirretään toiseen julkiseen pilveen tai pilven sisäisesti. (Khalid, 2010.) Yritysten täytyy myös varmistaa sopimuksella se, että palveluntarjoaja poistaa yrityksen datan todellisuudessa, jos niin pyydetään (Khalid, 2010).

Ryanin (2011) mukaan ensimmäinen askel tietoturvaongelmien ratkaisemiseksi olisi tuoda esiin selkeät käytännöt, jotka määrittelevät tapoja, jolla organisaation dataa käytetään. Käytänteiden luominen on ensimmäinen askel tietoturvan takaamiseksi, mutta yksin se ei ole riittävä keino estämään pilvipalveluntarjoajien mahdollisen niille luotetun datan väärinkäytön.

Nykyinen tutkimus pyrkii kehittämään teknologioita, jotka kykenevät antamaan käyttäjille varmuuden siitä, että sovitusta toimintaperiaatteista pidetään kiinni. (Ryan, 2011.) Kehitystä on tapahtunut esimerkiksi sellaisten salaustajärjestelmien luomisessa, jotka mahdollistaisivat käyttäjille salatun datan lataamisen siten, että palveluntarjoajat eivät voi purkaa salausta. Vaikka salaus onkin periaatteessa mahdollista, niin nykyiset teknologiat ovat vielä erittäin kalliita. (Ryan, 2011.) Tutkimus on kuitenkin jatkuvaa ja kehitystä tapahtuu koko ajan (Ryan, 2011).

Paras keino tietoturvan varmistamiseksi pilvessä olisi Subashinin ja Kavithan (2011) mukaan luoda kehitystyöviitekehys, johon olisi liitetty vahva tietoturva-arkkitehtuuri. Saatavuusongelmiin kyetään vastaamaan lopettamalla käyttämättömät palvelut, pitämällä järjestelmä päivitettyinä sekä vähentämällä applikaatioiden ja käyttäjien pääsyä ja oikeuksia tiettyihin järjestelmän osiin. Resurssien eristämällä kyettäisiin myös varmistamaan tietoturvan taso dataa siirtäessä. (Subashini & Kavitha, 2011.) Salattujen protokollien käyttäminen voi toimia myös vaihtoehtona tietoturvan tason parantamiselle. Erittäin merkittävä tekijä datan turvaamiseksi on tiukkojen palvelutasosopimusten sopiminen palveluntarjoajan kanssa tai sitoutumalla yksityiseen pilvipalvelumalliin. (Subashini & Kavitha, 2011.)

Lisäksi tietoturvaongelmien korjaamiseksi on kehitetty erilaisia riskiarviointityökaluja (engl. *risk assessment*), joiden avulla kyetään varmistumaan korkeasta tietoturvan tasosta pilviympäristössä (Kourik, 2011). Kourikin (2011) mukaan organisaatioiden täytyisi ensin orientoitua pilvilaskentaan. Riskiarviointityökaluilla kyetään tutustumaan eri pilvilaskentakenttiin ja -riskeihin riskitaksonomioiden, pilviuhkien ja fundamentaalisten pilvilaskentakonseptien avulla. Seuraavana vaiheena on mainittu korkean tason riskiarviointityökalun käyttäminen mahdollisen pilvilaskennan palveluntarjoajan arvioimiseksi. (Kourik, 2011.) Jos yritys päättää mennä eteenpäin ja valita arvioidun palveluntarjoajan, on olemassa kolme lisätyökalua, joiden avulla voidaan luoda erittäin yksityiskohtaiset riskiarvioinnit. Näiden työkalujen avulla kyetään laajentamaan yrityksen näkökulmaa pilvilaskentaan sekä hankkimaan parempilaatuista dataa päätöstentekoon pilvilaskentaympäristössä. (Kourik, 2011.)

Gartner on listannut Popovićin ja Hocenskin (2010) mukaan seitsemän tietoturvaahaastetta, joista loppukäyttäjien tulisi keskustella palveluntarjoajan kanssa (taulukko 3)

TAULUKKO 3 Gartnerin tietoturvaahaasteet (Popović & Hocenski, 2010)

Haastenro.

1. Loppukäyttäjien tulisi ottaa selvää siitä, ketkä hallitsevat pilvessä olevaa dataa.
 2. Lisäksi täytyisi varmistaa palveluntarjoajan määräystenmukaisuus ja halukkuus ulkoisiin tarkistuksiin ja/tai tietoturvasertifointiin.
 3. Pilvipalveluita käyttäessä loppukäyttäjä ei voi koskaan olla varma siitä, missä hänen datansa sijaitsee, joten palveluntarjoajien täytyisi kyetä varmistamaan datan varastointi ja käsittely spesifin lainkäyttövallan alaisuudessa.
 4. Salaustoimien täytyy olla saatavilla jokaisessa vaiheessa ja loppukäyttäjällä täytyy olla varmuus siitä, että salauskaavat ovat kokoneiden ammattilaisten suunnittele-
mia ja testaamia.
 5. Mahdollisten katastrofien tapahtuessa palveluntarjoajan täytyisi kyetä varmistamaan se, että hävinnyt data kyetään palauttamaan. Tätä varmuutta lisää data- ja applikaatioinfrastruktuurin monistaminen useisiin sijainteihin. (jatkuu)
-

Taulukko 3 (jatkuu)

6. Sopimattomien tai laittomien aktiviteettien tutkiminen pilvessä voi osoittautua mahdottomaksi, jos palveluntarjoaja ei suostu sitoutumaan siihen sopimuksen alaisesti. Palveluntarjoajan kanssa täytyisi aina tehdä sopimus spesifien tutkimusmenetelmien mahdollistamiseksi.

7. Loppukäyttäjien tulisi myös saada palveluntarjoajalta varmuus siitä, että palveluntarjoajan mahdollisen lopettamisen tapauksessa organisaation data kyetään saamaan takaisin, mahdollisesti jopa helposti uuteen järjestelmään integroitavassa muodossa.

Chang ym. (2016b) korostavat sitä, että tietoturva, luottamus ja yksityisyys tulevat aina pysymään haasteina pilvilaskentaan siirtyville organisaatioille. Vaikka yritysten datan siirtämiselle ja hallintotehtävien keskittämiseksi datakeskukseen on olemassa kysyntää, palvelut ja applikaatiot on pääosin suunniteltu vähentämään kuluja ja lisäämään operationaalista tehokkuutta. Nykyisiin tietoturvakäytänteisiin perustuvaa järjestelmäsuunnittelua ja -kehittämistä täytyisi taten valvoa sen varmistamiseksi, että kaikki data ja palvelut ovat uusimpien päivitysten ja tietoturvakäytänteiden mukaisia. (Chang ym., 2016b.) Riskipohjainen lähestymistapa tietoturvaohjelman suunnittelemiseen varmistaa kaikkien käyttäjien suojaamisen, salassapitovelvollisuuden toteutumisen sekä datan jakamattomuuden ja saatavuuden (Chang ym., 2016b).

Kim ym. (2009) mukaan pilvilaskentakuluttajien ei täytyisi luottaa äärimmäisen tehtäväkriittisiä sovelluksia tai dataa pilvilaskennan tarjoajille. Applikaatioista ja datasta täytyisi pitää varmuuskopioita organisaation sisäisillä servereillä ja varastointitiloissa. Hyvä vaihtoehto olisi myös sijoittaa varmuuskopiot toissijaiselle pilvilaskennan tarjoajalle. (Kim ym., 2009.) Lisäksi organisaation täytyisi varmistaa mahdollisimman suotuinen palvelutasosopimus palveluntarjoajalta suotuisien hyvitysten saamiseksi mahdollisten väliaikaisten katkosten sattuessa (Kim ym., 2009). Kim ym. (2009) korostavat kuitenkin sitä, että mikään näistä varotoimenpiteistä ei ole täysin tyydyttävä, sillä ensimmäinen niistä rajoittaa pilvipalveluiden käyttöä, kun taas toinen ja kolmas rapauttavat pilvilaskennasta saatavia kuluvähennyksiä.

Sultanin (2014) mukaan pilvilaskentaan siirtyvien organisaatioiden täytyy ottaa huomioon useita tekijöitä ennen pilvilaskennan omaksumista:

- Tapa, jolla organisaation informaatioteknologiset resurssit ja roolit nähdään
- Kulujen arviointi ja laskeminen
- Datan tietoturvan hallinnan laajuus
- Tapa toimia mahdollisesti ympäristöystävällisemmässä tulevaisuudessa eettisesti valvettujen kuluttajien kanssa

Lisäksi Iyer ja Henderson (2010) ovat esittäneet seitsemän pilvilaskennasta juontuvaa mahdollisuutta, joista organisaatioiden johtajien tulisi olla heidän mukaansa selvillä pilvipohjaisiin strategioihin siirtymistä harkitessaan:

- Kontrolloitu käyttöliittymä
- Riippumattomuus sijainnista
- Hankintaitseenäisyys
- Ubiikki käsiksipääsy
- Virtuaaliset liiketoimintaympäristöt
- Viitattavuus ja jäljitettävyyys
- Nopea elastisuus

Khalidin (2010) mukaan organisaatioiden tulisi kehittää iteratiivinen käytäntö siirtymiseksi perinteisestä ympäristöstä pilviympäristöön. Lisäksi mahdollisten ongelmien ratkaisukeinoja täytyisi tutkia huolellisesti ja niiden ajan myötä esille tuleva vaikutusta tulisi selvittää keskittymättä pelkkiin ensisijaisiin kuluihin. Organisaation tulisi olla tietoinen päivityksistä ja käyttäjien oikeuksia dataan käsiksi pääsemiseen tulisi rajoittaa. (Khalid, 2010.) Organisaation tulisi selvittää kaikki pilvipalveluntarjoajaansa linkittyneet palveluntarjoajat saadakseen selvyuden siitä, keillä on pääsy organisaation dataan. Valvonnan helpottamiseksi palveluntarjoajalta tulisi vaatia valvontajärjestelmiä sekä organisaation tietoturvakäytänteiden ylläpitämistä palveluajanjakson aikana. (Khalid, 2010.) Tietoturvan laadun takaamiseksi palveluntarjoaja tulisi tarkastuttaa ulkoisen, yksityisen organisaation toimesta. Tietoturvaa lisää myös sen varmistaminen, että siirrettävää dataa suojataan standardien mukaisilla tietoturvatekniikoilla ja hallitaan ammattilaisten toimesta. (Khalid, 2010.) Palveluiden saatavilla oleminen tulisi varmistaa katkosten välttämiseksi (Khalid, 2010).

Myös Kimin ym. (2009) mukaan pilvilaskennan omaksuminen vaatii harjittua lähestymistapaa. Yksityinen pilvimalli voi toimia ensimmäisenä askeleena ennen julkisen pilven omaksumista. Yritykset voivat saada kokemusta pilvipalveluiden käyttämisestä ja valmistaa informaatioteknologista infrastruktuuriin ja työntekijöitään asianmukaisesti. (Kim ym., 2009.) Lisäksi yritykset voivat hyödyntää hybridiä pilvimallia perustuen omaan yksityiseen pilveensä sekä julkiseen pilveen, esimerkiksi yksityisten pilven kapasiteetin täytyessä voidaan hyödyntää julkista pilveä. Organisaatioiden täytyy mahdollisesti omaksua useita palveluntarjoajia, joten applikaatiot ja data täytyy kytä integroimaan useisiin julkisiin pilviin. (Kim ym., 2009.) Monet organisaatiot omaksuvat todennäköisesti hybridipilviä, joten applikaatiot ja data täytyy integroida yksityisen ja julkisen pilven välillä. Myös muita teknologioita, kuten yrityksen informaation integrointiteknologiaa, voidaan käyttää integraatio-ongelmien ratkaisemiseksi. (Kim ym., 2009.) Pilvilaskennan käyttöönottomallien ominaisuuksia käsiteltiin tarkemmin luvussa 1.1.4.

Pilvilaskennan omaksumisen onnistumiseksi organisaatioiden täytyy Changin ym. (2016a) mukaan ottaa huomioon myös muut tekijät kuin pelkät ilmiselvät tekniset haasteet sekä menojen ja tulojen arvioimisen. Pilvilaskentaan

siirtyminen on merkittävä projekti mille tahansa organisaatioille ja siitä saattaa tulla jopa uhka organisaation jatkuvalla toiminnalle, jos kunnollisessa hallinnassa ja ylläpidossa epäonnistutaan (Chang ym., 2016a). Lisäksi Sultan (2014) korostaa sitä, että pilvilaskennan omaksuminen vaatii organisaatioilta kulttuurillista muutosta, joka muuttaa tapaa, jolla informaatioteknologisia tuotteita, resursseja ja infrastruktuureja ymmärretään ja hallitaan.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä tutkielmassa käsiteltiin pilvilaskennan taustatekijöitä, kerrottiin pilvilaskennan ominaisuuksista sekä määriteltiin pienten ja keskisuurten yritysten ominaisuuksia. Lisäksi tämän tutkielman päätarkoituksena oli selvittää ne hyödyt ja haitat, joita pienet ja keskisuuret yritykset voivat saada pilvilaskennan omaksumisesta. Pilvilaskennan määritelmistä sitouduttiin NIST-instituutin määritelmään sekä palvelulähtöiseen näkökulmaan tutkielman yritysmaailmaan sijoittuvan aihepiirin vuoksi.

Aihetta käsittelevässä kirjallisuudessa oltiin lähes yksimielisiä siitä, että pilvilaskennan omaksumisesta seuraa pienille ja keskisuurille yrityksille merkittäviä etuja (esim. Brender & Markov, 2013; Gupta ym., 2013; Khalid, 2010; Kourik, 2011; Leavitt, 2009; Marston, ym. 2011; Ojala, 2016; Sultan, 2011; Sultan, 2014). Kirjallisuudessa vallitsi myös konsensus siitä, että tietoturva- ja saataavuusongelmat ovat merkittävimpiä pilvilaskennan omaksumiseen liittyviä haasteita pienille ja keskisuurille yrityksille (esim. Brender & Markov, 2013; Chang, Kuo & Ramachandran, 2016b; Gupta ym., 2013; Khalid, 2010; Kim ym., 2009; Kourik, 2011; Popović & Hocenski, 2010; Ryan, 2011; Sultan, 2014). Näille ongelmille esitettiin myös runsaasti ratkaisukeinoja. Näitä ratkaisukeinoja käsiteltiin tarkemmin edellisessä luvussa.

Pienet ja keskisuuret yritykset kohtaavat usein haasteita liittyen rajoitetuihin resursseihin ja rajoitettuun kapasiteettiin. Tutkielmassa havaittiin, että pienet ja keskisuuret yritykset kykenevät vastaamaan näihin haasteisiin helposti pilvilaskennan mukana tulevien hyötyjen avulla. Tutkielman tuloksena huomattiin se, että pilvilaskennan omaksumisesta voi seurata pienille ja keskisuurille yrityksille merkittäviä hyötyjä, joista tärkeimpiä ovat:

- Kuluvähennykset
- Kilpailuun liittymisen helpottuminen
- Skaalautuvuus ja elastisuus
- Tietoturvaedut
- Riskien vähentäminen
- Helppokäyttöisyys
- Soveltuvuus

- Riippumattomuus sijainnista
- Parantunut luotettavuus
- Muut edut (esim. ympäristöystävällisyys ja parantunut kommunikointi)

Pilvilaskennan omaksumisesta pienille ja keskisuurille yrityksille seuraavia hyötyjä on koottu taulukkoon 2.

Pilvilaskennan omaksumisesta voi seurata myös ongelmia, joista merkittävimpinä havaittiin tietoturvaan, luotettavuuteen, suorituskykyyn ja saatavuuteen liittyvät haitat. Myös lisääntyneitä kuluja esitettiin pilvilaskennasta aiheutuvaksi haitaksi (ks. Kim ym., 2009).

Tietoturvaongelmia tutkiessa havaittiin se, että eri pilvilaskentapalvelumallit ja -käyttönottomallit ovat erilaisia tietoturvan suhteen. Julkisen pilven havaittiin olevan käyttönottomalleista kaikkein tietoturvaongelmallisimien, kun taas yksityisen pilven havaittiin olevan kaikkein turvallisimien. Tutkielmassa havaittiin myös se, että SaaS-palvelumalli on kaikista tietoturvaongelmallisimien palvelumallien, IaaS-mallin ollessa palvelumalleista kaikkein turvallisimien. Tuoreemmassa kirjallisuudessa tietoturvahaittoja väitettiin kuitenkin liioitelluiksi ja argumentoitiin, että pilvilaskennan avulla kyetään parantamaan yrityksen tietoturvasuhteita ja vähentämään riskejä (esim. Ali ym., 2015; Botta ym., 2016a; Gupta ym., 2013; Kourik, 2011; Sultan, 2011; Zhang ym., 2010). Lisäksi kirjallisuudessa mainittiin se, että pilvilaskentaan liittyvät tietoturvaongelmat eivät useinkaan poikkea perinteisistä internetiin sidoksissa olevista tietoturvaongelmista lähes ollenkaan (Kim ym., 2009; Subashini & Kavitha, 2011).

Tutkielmassa havaittiin kuitenkin se tosiasia, että lähes jokaiselle kirjallisuudessa mainitulle ongelmalle löytyy jokin ratkaisukeino. Tästä johtuen tultiin siihen lopputulokseen, että pienet ja keskisuuret yritykset voivat hyötyä pilvilaskennan omaksumisesta merkittävästi. Pilvilaskennasta saatavat hyödyt ylittävät mahdolliset haitat huomattavasti. Lisäksi mahdolliset omaksumisesta seuraavat ongelmat voidaan ennakoita ja välttää helposti.

Jatkotutkimuksena pilvilaskennan hyötyjä ja haittoja voitaisiin tutkia suurten yritysten kontekstissa. Pilvilaskennan omaksuminen ei ole yhtä tarpeellista suurille yrityksille kuin pienille ja keskisuurille yrityksille, mutta tutkimuksen tekeminen pilvilaskennan seurauksista suurille yrityksille olisi silti tarpeellista. Myös mikroyritysten asemaa pilvilaskentaympäristössä voitaisiin tutkia. Lisäksi jatkotutkimusta voisi tehdä pilvilaskennan eri käyttönottomallien ja palvelumallien vaikutuksesta pienten ja keskisuurten yritysten toimintaan. Jonkin tietyn käyttönottomallin tai palvelumallin omaksumisesta aiheutuvia hyötyjä ja haittoja voitaisiin tutkia pienten ja keskisuurten yritysten näkökulmasta.

LÄHTEET

- Ali, M., Khan, S. U., & Vasilakos, A. V. (2015). Security in cloud computing: Opportunities and challenges. *Information Sciences*, 305, 357-383.
- Armbrust, M., ym. (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50-58.
- Blili, S. & Raymond, L. (1993). Information technology: Threats and opportunities for small and medium-sized enterprises. *International journal of information management*, 13(6), 439-448.
- Botta, A., de Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, 684-700.
- Brender, N., & Markov, I. (2013). Risk perception and risk management in cloud computing: Results from a case study of Swiss companies. *International journal of information management*, 33(5), 726-733.
- Budņiks, L. & Didenko, K. (2014). Factors Determining Application of Cloud Computing Services in Latvian SMEs. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 156, 74-77.
- Buyya, R., Yeo, C. S., & Venugopal, S. (2008). Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities. *International Conference on High Performance Computing and Communications, 2008. HPCC'08. 10th IEEE* (s. 5-13). IEEE.
- Chang, V., Bacigalupo, D., Wills, G., & De Roure, D. (2010). A categorisation of cloud computing business models. *Proceedings of the 2010 10th IEEE/ACM international conference on cluster, cloud and grid computing* (s. 509-512). IEEE Computer Society.
- Chang, V., Walters, R. J., & Wills, G. (2013). The development that leads to the Cloud Computing Business Framework. *International Journal of Information Management*, 33(3), 524-538.
- Chang, V., Walters, R. J., & Wills, G. (2016a). Organisational sustainability modelling—An emerging service and analytics model for evaluating Cloud Computing adoption with two case studies. *International Journal of Information Management*, 36(1), 167-179.
- Chang, V., Kuo, Yen-Hung, Ramachandran, M. (2016b). Cloud computing adoption framework: A security framework for business clouds. *Future Generation Computer Systems*, 57, 24-41.
- Dillon, T., Wu, C., & Chang, E. (2010). Cloud computing: issues and challenges. *2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, (s. 27-33). IEEE.
- Gupta, P., Seetharaman, A. & Raj, J. (2013). The usage and adoption of cloud computing by small and medium businesses. *International Journal of Information Management* 33(5), 861-874.

- Haselmann, T., & Vossen, G. (2011). Software-as-a-service in small and medium enterprises: an empirical attitude assessment. *Web Information System Engineering-WISE 2011* (s. 43-56). Springer Berlin Heidelberg.
- Hashizume, K., Rosado, D. G., Fernández-Medina, E., & Fernandez, E. B. (2013). An analysis of security issues for cloud computing. *Journal of Internet Services and Applications*, 4(1), 1-13.
- Iyer, B., & Henderson, J. C. (2010). Preparing for the future: Understanding the seven capabilities of cloud computing. *MIS Quarterly Executive*, 9(2).
- Khalid, A. (2010). Cloud computing: Applying issues in small business. *International Conference on Signal Acquisition and Processing, 2010. ICSAP'10.* (s. 278-281). IEEE.
- Khan, K. M., & Malluhi, Q. (2010). Establishing trust in cloud computing. *IT professional*, 12(5), 20-27.
- Kim, W., Kim, S. D., Lee, E., & Lee, S. (2009). Adoption issues for cloud computing. *Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia* (s. 2-5). ACM.
- Kourik, J. L. (2011). For small and medium size enterprises (SME) deliberating cloud computing: a proposed approach. *Proceedings of the European Computing Conference vol. 13* (s. 216-221).
- Leavitt, N. (2009). Is cloud computing really ready for prime time? *Computer*, 42(1), 15-20.
- Leimeister, S., Böhm, M., Riedl, C., & Krcmar, H. (2010). The Business Perspective of Cloud Computing: Actors, Roles and Value Networks. *ECIS*.
- Lu, J. W., & Beamish, P. W. (2001). The internationalization and performance of SMEs. *Strategic management journal*, 22(6-7), 565-586.
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing – The business perspective. *Decision support systems*, 51(1), 176-189.
- McCarthy, J. (1960). Recursive functions of symbolic expressions and their computation by machine, Part I. *Communications of the ACM*, 3(4), 184-195.
- Meath, C., Linnenluecke, M., & Griffiths, A. (2016). Barriers and motivators to the adoption of energy savings measures for small-and medium-sized enterprises (SMEs): the case of the ClimateSmart Business Cluster program. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3597-3604.
- Moura, J., & Hutchison, D. (2016). Review and analysis of networking challenges in cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 60, 113-129.
- Ojala, A. (2016). Discovering and creating business opportunities for cloud services. *Journal of Systems and Software*, 113, 408-417.
- Popović, K. & Hocenski, Ž. (2010). Cloud computing security issues and challenges. *MIPRO, 2010 proceedings of the 33rd international convention* (s. 344-349). IEEE.
- Ryan, M. (2011). Cloud computing privacy concerns on our doorstep. *Communications of the ACM*, 54(1), 36-38.

- Sebesta, M. (2013). On ICT services outsourcing in the context of small and medium enterprises. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 81, 495-509.
- Subashini, S., Kavitha, V. (2011). A survey on security issues in service delivery models of cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 34, 1-11.
- Sultan, N. (2011). Reaching for the "cloud": How SMEs can manage. *International journal of information management*, 31(3), 272-278.
- Sultan, N. (2014). Servitization of the IT industry: the cloud phenomenon. *Strategic Change* 23 (5-6), 375-388.
- Vouk, M. (2008). Cloud computing-issues, research and implementations. *CIT. Journal of Computing and Information Technology*, 16(4), 235-246.
- Wang, L., Tao, J., Kunze, M., Castellanos, A. C., Kramer, D., & Karl, W. (2008). Scientific Cloud Computing: Early Definition and Experience. *HPCC vol 8*. (s. 825-830).
- Weinhardt, C., Anandasivam, D. I. W. A., Blau, B., Borissov, D. I. N., Meinl, D. M. T., Michalk, D. I. W. W., & Stößer, J. (2009). Cloud computing - a classification, business models, and research directions. *Business & Information Systems Engineering*, 1(5), 391-399.
- Wiklund, J., & Shepherd, D. (2003). Knowledge-based resources, entrepreneurial orientation, and the performance of small and medium-sized businesses. *Strategic management journal*, 24(13), 1307-1314.
- Yew Wong, K. (2005). Critical success factors for implementing knowledge management in small and medium enterprises. *Industrial Management & Data Systems*, 105(3), 261-279.
- Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of internet services and applications*, 1(1), 7-18.