

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Tietotekniikan koulutusohjelma

Diplomityö

Sakari Kuparinen

**PILVIPALVELUILLA JOUSTAVUUTTA JA
KUSTANNUSTEHOKKUUTTA STORA ENSO METSÄN
TIETOJÄRJESTELMIIN**

Työn tarkastajat: Professori Jari Porras
 Tutkijaopettaja, TkT Erja Mustonen-Ollila

Työn ohjaajat: Tutkijaopettaja, TkT Erja Mustonen-Ollila
 DI Ari Turkia, Stora Enso Metsä

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
School of Business and Management
Tietotekniikan koulutusohjelma

Sakari Kuparinen

Pilvipalveluilla joustavuutta ja kustannustehokkuutta Stora Enso Metsän tietojärjestelmiin

Diplomityö
2016

Työn tarkastajat: Professori Jari Porras
 Tutkijaopettaja, TkT Erja Mustonen-Ollila

Hakusanat: pilvipalvelu, yksityinen pilvi, julkinen pilvi, IaaS, PaaS, SaaS, kustannukset, joustavuus

Keywords: cloud service, private cloud, public cloud, IaaS, PaaS, SaaS, costs, flexibility

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää hyödyttääkö Stora Enso Metsää tietojärjestelmien siirto perinteisistä konesalipalveluista pilvipalveluihin. Stora Enso Metsällä on paljon erilaisia suunnitteluun liittyviä eräajoja. Joitakin niistä ajetaan vain muutamia kertoja vuodessa kuten tehtaiden puuntarve, toisia muutaman kerran kuussa kuten kuljetusten malliajot tai muutaman kerran viikossa ajettava korjuun suunnittelu. Niissä tapauksissa palvelimet voidaan käynnistää erikseen ja käyttää niitä vain silloin, kun niitä oikeasti tarvitaan. Työn lopputuloksena havaittiin, että pilvipalveluiden käyttöönotto tuo kustannussäästöjä ja palveluiden hallintaan joustavuutta. Itsepalveluna toteutettuna palvelimia voidaan hallinnoida joustavasti kustannusten säästämiseksi. Pilvipalveluilla voidaan nopeuttaa projektien läpimenoa ja kohdentaa käyttökatkot tarkemmin koska siihen ei välttämättä tarvita toimittajan työtä lainkaan. Loppujen lopuksi asiakkaan on erittäin vaikea tietää kuinka paljon kustannuksia on jaettu eri tavalla eri palvelujen välillä.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
School of Business and Management
Computer Science degree programme

Sakari Kuparinen

Cloud Services produce flexibility and cost efficiency for Stora Enso Metsä's IT-systems

Master of Science Thesis in Technology M.Sc. (Tech).

Examiners: Professor Jari Porras
 Associate Professor Erja Mustonen-Ollila

Keywords: cloud service, private cloud, public cloud, IaaS, PaaS, SaaS, costs, flexibility

In this study was researched how cloud services can utilize Stora Enso Wood Supply Finland more than traditional data center services. Wood Supply Finland has several planning related application. Some of them are used only few times per year like wood needs for mills, some of them few times per month like transportation modelling or weekly running harvesting plan. So some servers can be shut down for specific period to optimize their usage. As a result of study it was clarified that provisioning and implementation of cloud services are flexible and benefit by reducing fixed and operative costs. Cloud service provider offers a possibility as a self-service model to manage servers for decreasing operative costs. Additionally can be observed that cloud services speed up projects and service window can be planned more exactly when work contribution from supplier is not necessary needed at all. It is quite difficult for customer to know service costs and cost structure between different services so finally total cost comparison between service models show real cost effects.

ALKUSANAT

Työ on tehty Lappeenrannan teknillisen yliopiston tuotantotalouden tiedekunnan tietotekniikan koulutusohjelmassa.

Suurimmat kiitokset tämän työn valmistumisesta kuuluvat Stora Enson puolella ohjaajalleni Ari Turkialle, joka lähes viikoittain kyseli miten työ etenee. Ja kun ei toisinaan edennyt ollenkaan niin hän suorastaan ”käski” tekemään työn loppuun auttaen suuresti myös antamalla hyviä ideoita ja ajatuksia työn aiheeseen ja sisältöön liittyen.

Toiset isot kiitokset menevät Lappeenrannan teknillisen yliopiston työn ohjaajalle Erja Mustonen-Ollilalle, joka koko matkan ajan kannustavasti potki työtä eteenpäin vaikka kirjoittajalla itsellään oli välillä usko loppua.

Ja kolmannet kiitokset menevät niin ikään Lappeenrannan teknillisen yliopiston professori Jari Porrakselle, joka viimeisteli työn sellaiseen kuosiin, että sen yleensäkin kehtasi julkaista.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	5
1.1	Tausta.....	7
1.1.1	Perinteiset konesalipalvelut.....	7
1.1.2	Yksityisen pilven palvelut	8
1.2	Työn viitekehys ja tutkimusongelma.....	9
1.3	Tavoitteet ja rajaukset	11
1.4	Tutkimusmenetelmät.....	12
1.5	Keskeiset käsitteet	14
1.6	Työn rakenne	15
2.	KÄYTETTY KIRJALLISUUS.....	16
2.1	Kirjallisuuskatsaus	16
2.2	Pilvipalveluiden käyttöönottomallit.....	17
2.2.1	Julkinen pilvi	20
2.2.2	Yksityinen pilvi.....	21
2.2.3	Hybridipilvi	22
2.2.4	Yhteisöpilvi	25
2.3	Yleisimmät pilvipalvelumallit	26
2.3.1	IaaS (Infrastructure as a Service).....	28
2.3.2	PaaS (Platform as a Service).....	29
2.3.3	SaaS (Software as a Service).....	31
3.	CASE: STORA ENSO METSÄ.....	33
3.1	Perinteiset konesalipalvelut.....	35
3.2	Pilvipalvelut	37
3.3	Lisensointi ennen ja nyt	41
4.	TULOKSET	44
4.1	Työn keskeiset tulokset.....	44
4.2	Tulosten arviointi	45
4.3	Jatkotoimenpiteet ja suositukset	47
5.	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	49
6.	YHTEENVETO.....	52
	LÄHTEET.....	53

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Tutkimusongelman kuvaus	10
Kuva 2. Pilvipalveluiden hyödyt (Carroll ym., 2011)	17
Kuva 3. NIST pilvimalli (Winkler, 2011, s. 36)	18
Kuva 4. Pilvipalveluiden tunnetuimmat toteutusmallit (Suruchee, 2014, s. 736)	19
Kuva 5. Hybridipilvi on kahden tai useamman pilven yhdistelmä (Winkler, 2011, s.42) .	23
Kuva 6. Pilvipalveluiden arkkitehtuuri (Zhang ym., 2010, s. 9)	27
Kuva 7. Vastuujako SaaS-, PaaS- ja IaaS-malleissa (Winkler, 2011, s. 37)	28
Kuva 8. IaaS-rajapinta (Hogan ym., 2011, s. 34)	28
Kuva 9. PaaS-rajapinta (Hogan ym., 2011, s.34)	30
Kuva 10. SaaS palvelun käyttäjäroolit (Singh & Jangwal, 2012, s. 18)	31
Kuva 11. Stora Enso Metsän liiketoimintaprosessikuvaus	34

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Amazon	Suuri pilvipalvelutoimittaja
API	Application Programming Interface
Biztalk	Microsoft:n kehittämä sanomanvälitysohjelmisto
CIO	Chief Information Officer
CPU	Central Processing Unit
CRM	Customer Relationship Management
CTO	Chief Technology Officer
EBS	Elastic Block Store
EC2	Elastic Compute Cloud
ERP	Enterprise Resource Planning
Facebook	Internetissä toimiva sosiaalinen palvelu
Flexiscale	Avoimeen lähdekoodiin perustuva alustaratkaisu
FSC	Forest Stewardship Council
GB	Gigabyte
Gmail	Googlen tarjoama ilmainen sähköpostipalvelu loppukäyttäjille
Google	Maailman suurin hakukonepalvelua ja muita internet palveluja tarjoava yritys
Google AppEngine	Googlen PaaS-mallin alustaratkaisu
GoogleApps	SaaS-mallin ohjelmistojakelupalvelu
Green IT	Tutkimus ja käytäntö sekä ympäristöstä huolehtimisesta että kestävästä kehityksestä IT-asioissa
Http	Hypertext Transfer Protocol
IaaS	Infrastructure as a Service
Intranet	Lähiverkko, joka on eristetty vain tietyn joukon käyttöön
IT	Information Technology
J2EE	Java Platform, Enterprise Edition
KVM	Kernelbased Virtual Machine
Käyttöjärjestelmä	Tietokoneen resursseja hallinnoima ohjelmisto
Microsoft Azure	Microsoft:n tarjoama pilvipalvelualusta
Mobiliteetti	Sovellusten käyttö älypuhelimella
.NET	Microsoft:n kehittämä komponenttikirjasto

NIST	National Institute of Standards and Technology
Open-source	Avoin lähdekoodi, jota kuka tahansa voi käyttää ja kehittää sitä omiin tarkoituksiinsa
OSI	Open Systems Interconnection
Osoite	Verkossa on yksilöity osoite jokaiselle verkkolaitteelle
Palomuuuri	Verkkolaite, jolla eristetään suojattu verkko ja suojaamaton verkko toisistaan
PaaS	Platform as a Service
PECF	Programme for Endorsement of Forest Certification
Portti	Tietokoneen numeroituja palvelupisteitä
Qos	Quality of Service
Salesforce.com	Asiakkuudenhallintaa pilvipalveluna tarjoava yritys
S3	Simple Storage Service
SaaS	Software as a Service
SAP	Saksalainen toiminnanohjausjärjestelmien toimittaja
SLA	Service Level Agreement
SSL	Secure Socket Layer
TCO	Total Cost of Ownership
Verkkokaista	Tietoliikenneverkon kapasiteetin määrän kuvaus
Verkkoprotokolla	Joukko sääntöjä, joilla tietokoneet kommunikoivat keskenään
Virtuaalipalvelin	Palvelin, joita voidaan asentaa useita yhdelle fyysiselle palvelimelle
VLAN	Virtual Local Area Network
VMware	Virtualisointialusta, jossa voidaan fyysisen koneen resursseja jakaa useille virtuaalipalvelimille
VPN	Virtual Private Network
WSF	Wood Supply Finland
WWW	World Wide Web
Xen	Virtualisointialusta, jossa voidaan fyysisen koneen resursseja jakaa useille virtuaalipalvelimille
YouTube	Internetissä toimiva videopalvelu

1. JOHDANTO

Nykypäivänä termistä pilvilaskenta tai pilvipalvelu on tullut muotisana ja lähes kaikkea verkosta ladattua tai käytettyä ohjelmistoa tai palvelua kutsutaan pilvipalveluiksi, joita ne kieltämättä suurin osa ovatkin. Yleisesti käyttäjät ovat siirtämässä perinteistä työasemakäyttöä johonkin keskitettyyn paikkaan, johon heillä on helposti pääsy erilaisilla päätelaitteilla, milloin tahansa ja lähes kaikkialta. Suruchee ym. (2014, s. 734) toteaa pilvilaskennan olevan joukko verkkoon sijoitettuja palveluja, jotka antavat käyttäjilleen skaalautuvan, laadukkaan, yksilöidyn ja riittävän edullisen laskenta-alustan, johon pääsee kiinni yksinkertaisella tavalla ja sijainnista riippumatta. National Institute of Standards and Technologyn (NIST) määritelmän mukaan pilvilaskenta on malli, joka mahdollistaa helpon ja nopean pääsyn joukkoon muunneltavia resursseja, kuten tietoliikenneverkko, palvelimet, tallennustila, sovellukset sekä erilaiset palvelut, jotka voidaan kätevästi asentaa kuin myös tarvittaessa nopeasti ja helposti poistaa käytöstä (Mell & Grance, 2011, s. 2). Yksityisen käytön lisäksi myös yritykset käyttävät edellä mainittuja resursseja omassa sovelluskehityksessään tai tarjoavat niitä palveluina omille asiakkailleen joustavasti ja lyhyellä toimitusajalla millä päätelaitteella tahansa, milloin tahansa ja mistä tahansa (Chandramouli ym., 2013, s. 9).

Dillonin ym. (2010, s. 28) jaottelun mukaan pilvipalveluiden käyttöönotto voidaan toteuttaa neljällä eri tavalla, jotka ovat julkinen pilvi (public cloud/external cloud), yksityinen pilvi (private cloud/internal cloud), hybridi pilvi (hybrid cloud) ja yhteisöpilvi (community cloud).

Julkiseen pilveen, jota myös kutsutaan ulkoiseksi pilveksi, sallitaan kaikki avoin ja julkinen pääsy. Julkisen pilven palvelut ovat jossakin kolmannen osapuolen tiloissa, joista eri yritykset voivat ostaa palveluja ja tarjota niitä käyttäjille. Useimmiten palvelun ostajat eivät edes tiedä, mistä päin maailmaa heille palvelua tarjotaan. Yksityisessä/sisäisessä pilvessä palveluympäristö on omistettu ja kohdistettu ainoastaan tietylle organisaatiolle ja näin voidaan taata korkean kontrollin pilvipalvelut ja infrastruktuuri. Toisin sanoen yksityinen pilvi on rakennettu erityisesti organisaation turvallisuuden ja yksityisyyden ylläpitämiseksi. (Suruchee ym., 2014, s. 736). Myös Swathi ym. (2014, s. 543) toteaa, että yksityinen pilvi on käytettävissä ainoastaan tietyllä asiakkaalla ja sitä voitaisiin kutsua organisaation sisäiseksi konesaliksi. Yhteisöpilvessä taas infrastruktuurin käyttö tai hallinta on jaettu

kahden tai useamman organisaation kesken (Suruchee ym. 2014, s. 736). Hybridipilvi on puolestaan yhdistelmä kahdesta tai useammasta pilvestä (yksityinen, yhteisö tai julkinen), joista jokainen on erillinen kokonaisuus, mutta jotka kuitenkin on sidottu standardoimalla tai yksinoikeudella yhteen, jolloin pilvi mahdollistaa tiedon ja sovellusten liikkuvuuden (Subashis ym., 2014, s. 2).

Pilvipalveluiden käyttöönottomalleja on siis neljä tapaa ja ensisijaisia pilvipalvelumalleja kolme kappaletta. Suruchee ym. (2014, s. 734) jakaa pilvipalvelumallien kolme kategoriaa seuraavasti: IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS (Platform as a Service) ja SaaS (Software as a Service).

IaaS-mallissa tärkein osa on virtualisointi, jossa käyttäjillä on virtuaaliset työasemat ja he käyttävät resursseja kuten tietoliikenneverkko, levytila, virtuaalipalvelimet, reitittimet jne. toimittajan tarjoamasta pilvipalvelusta. Palvelun käyttömaksu pohjautuu käytettyihin resursseihin kuten CPU (Central Processor Unit)/tunti, tallennettu GB (Gigabyte), käytetty verkkokaista tai verkkolaitteisto tietyinä aikana sekä käytetty lisäarvopalvelujen määrä. Näitä palveluja voivat olla esim. palvelimien valvonta ja hallinta todellisen käytön mukaan. Tyypillisimpiä IaaS-palveluja ovat Amazonin tarjoamat S3 (Simple Storage Service), EC2 (Elastic Compute Cloud) ja EBS (Elastic Block Store)-palvelut (Suruchee ym., 2014, s. 735).

PaaS-malli puolestaan tarjoaa riittävät resurssit rakentaa sovelluksia ja palveluja käytettäväksi Internetin kautta ilman, että tarvitsee hankkia omaa kehitysympäristöä. Sovelluskehittäjät voivat suunnitella, kehittää, testata, toteuttaa ja hallita omia sovelluksiaan pilvessä. Muita käyttötapoja ovat tiimityöskentelyyn tarkoitettut palvelut, WWW (World Wide Web) integraatiopalvelut ja erilaisten tietokantojen integrointi. Suurimmat hyödyt PaaS-mallissa ovat seuraavat: ne antavat joustavuutta; nopean ja ketterän prosessin sovelluskehittäjille; luovat ennustettavissa olevan ja heterogeenisen sovellusalustan sekä vähentävät tallennuksien päällekkäisyyttä (Swathi ym. 2014, s. 542).

Surucheen ym. (2014, s. 735) mukaan SaaS -mallissa loppukäyttäjät taas käyttävät sovellusta suoraan verkon yli juuri silloin, kun sitä tarvitsevat. Gmail -sähköpostipalvelu on hyvä esimerkki SaaS palvelusta, jossa Google on palvelun tarjoaja ja loppukäyttäjät ovat

kuluttajia. Swathi ym. (2014, s. 542) listaa seuraavanlaisia tärkeimpiä hyötyjä SaaS mallista: käyttäjät saavat ohjelmistoja halvemmalla kuin ostamalla ja asentamalla niitä; Internet tarjoaa nykypäivänä luotettavan siirtotien ja silloin myös sovellusten katsotaan olevan luotettavampia sekä myös turvallisuus on hyvällä tasolla Secure Socket Layer (SSL) suojausten avulla.

Tässä diplomityön tavoitteena on selvittää, miten pilvipalveluilla tai pilvilaskennalla saadaan puunhankintaa ja logistiikkaa harjoittavan yrityksen tietojärjestelmähankkeiden infrastruktuuriratkaisuihin joustavuutta ja kustannustehokkuutta. Työn tavoitteena on osoittaa pilvipalvelun hyödyt ja edut verrattuna perinteiseen konosalipalvelutarjontaan. Tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisuustutkimusta ja käytännön osiossa verrataan case-tapauksessa edellä mainittuja kahta eri tapaa Stora Enso Metsän tietojärjestelmähankkeissa.

1.1 Tausta

Stora Enso Metsän nykyistä ERP (Enterprise Resource Planning) toiminnanohjausjärjestelmää ollaan vaihtamassa perinteisestä on-premises konosalipalvelusta pilvipalveluratkaisuun. Suurin osa käytössä olevan MEX-järjestelmän palvelimista on jo siirretty käyttämään saman toimittajan pilvipalveluratkaisua viimeisen kahden vuoden aikana, joten Stora Enso Metsällä on riittävän paljon kokemusta sekä perinteisistä konosalipalveluista, että pilvipalveluista, jotta niitä voidaan tässä työssä verrata keskenään.

1.1.1 Perinteiset konosalipalvelut

Perinteinen on-site tai on-premises (omassa tai toimittajan konesalissa ajettava yksilöity infrastruktuurialusta) perustuu toimittajan konesalissa käytettäviin virtuaalipalvelimiin, jotka ovat kaikki kohdistettu tietyn asiakkaan käyttöön sekä eristetty erillisillä verkoilla ja palomuureilla muilta asiakkailta. Palvelimien ja muiden lisäpalveluiden käyttöönotosta, hinnoista, SLA:sta (Service Level Agreement), palvelimien hallinnasta sekä valvonnasta on sovittu erillisillä sopimuksilla kunkin asiakkaan kanssa. Perinteisessä mallissa yritysten suunnittelu- ja kehitystiimit ovat ne, jotka ensimmäisinä kärsivät palvelimien hitaasta toimituksesta ja käytännössä se tarkoittaa projektien hidastumista (Prashant, 2003, s. 10). Al (2002, s. 50) toteaa, että palvelimia hankitaan sitä mukaan, kun joku tietty palvelu sitä vaatii.

Tämä aiheuttaa haasteita sovellusten hallinnassa, kun usein jokainen yksikkö tai osasto haluaa oman palvelimen juuri tiettyä sovellusta varten ja aiheuttaa samalla kustannusten nousua koko organisaation näkökulmasta. Virtuaalipalvelimet auttoivat seuraavassa vaiheessa kustannuksien alentamisessa, kun fyysisten palvelimien resursseja pystyttiin jakamaan tehokkaammin.

1.1.2 Yksityisen pilven palvelut

Lähimpänä yksityisen pilven palvelumallia kuvaavat pilvipalveluissa termit on-site hosting ja PaaS-palvelumalli. Pilvipalvelussa asiakas itse voi määrittellä SLA-tason, tarvittavat koneresurssit kuten CPU:n (Central Processor Unit), muistin, levy määrän ja verkkoasetukset sekä käyttöjärjestelmän versioineen. Tämän jälkeen asiakas voi itse käynnistää automaattiasennuksen ja riippuen pilvipalvelun automatisointiasteesta palvelin asentuu käyttövalmiiksi annettujen etukäteismääritysten mukaisesti. Valmis palvelin on käytettävissä muutaman tunnin kuluttua riippuen asetettujen resurssien koosta ja määrästä.

Pilvipalvelut edustavat kahden merkittävän tietotekniikkatrendin lähentymistä. Ensimmäinen on informaatio teknologian (IT) tehokkuus missä tietokone- ja ohjelmistoresurssit kykenevät hyödyntämään nykyaikaisten skaalautuvien tietokoneiden tehoa. Toinen on liiketoiminnan ketteryys, missä informaatio teknologiaa (IT) voidaan hyödyntää kilpailuetuna nopeassa käyttöönotossa, rinnakkaisessa eräajossa, käyttää laskentatehoa liiketoiminnan analysoinnissa ja vuorovaikutteisissa mobiilisovelluksissa, jotka reagoivat reaaliajassa käyttäjän vaatimuksiin. IT tehokkuus -konseptina tukee myös mielikuvaa, joka tiivistyy vihreään laskentaan (eng. Green IT) eikä vain siksi, että tietokoneiden resursseja käytetään tehokkaammin, vaan ne voidaan fyysisesti sijoittaa maantieteellisesti paikkoihin, joista löytyy halpaa sähköä. Lisäksi samanaikaisesti niihin päästään kiinni tietoliikenneverkon avulla pitkienkin matkojen päästä (Marston ym. 2011, s.1).

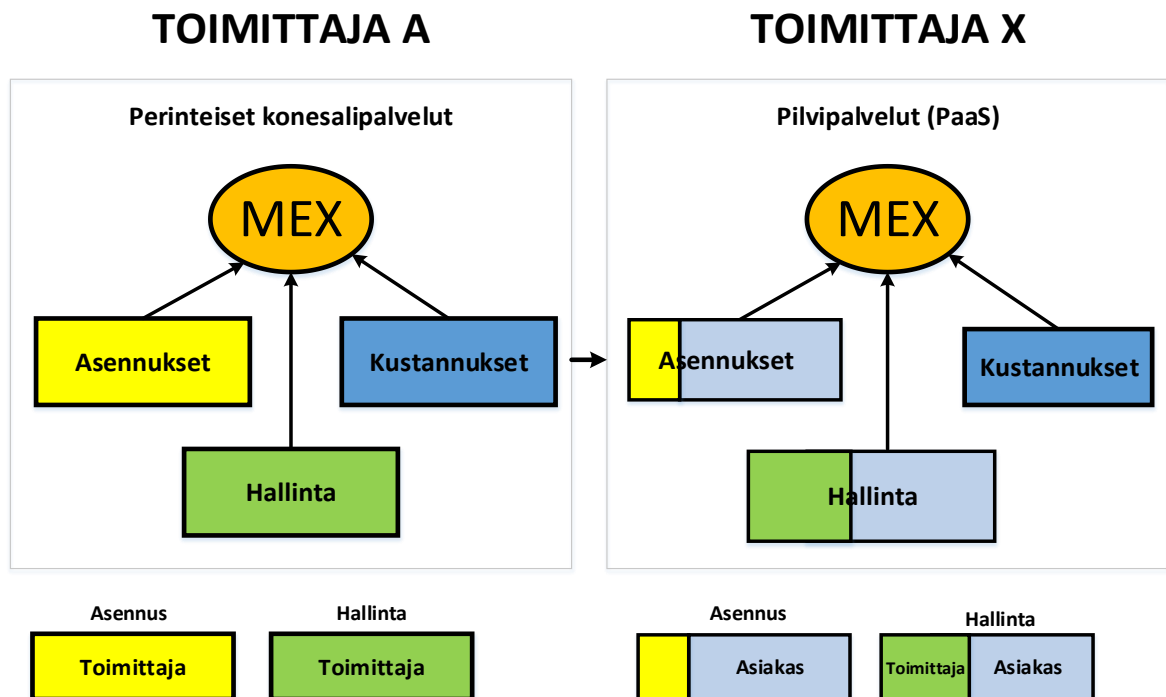
Isot organisaatiot voivat periaatteessa toteuttaa "yksityisiä pilviä", jotka tarjoavat monia julkisten pilvien etuja yhdellä ratkaisevalla erolla: isot organisaatiot joutuvat kuitenkin maksamaan vaadittavat investoinnit itse. Kuitenkin luomalla korkean tason läpinäkyvyys infrastruktuurin TCO (Total Cost of Ownership) kustannuksista yksikkötasolla, suuret

organisaatiot voivat tarkastella operatiivisia IT kuluja liiketoimintayksikkötasolla ja siten ajaa alas tarpeettomia IT-kuluja (Marston ym., 2011, ss. 7-8).

Marston ym. (2011, s. 7) suosittelee, että yrityksen CIO:n (Chief Information Officer) ja CTO:n (Chief Technology Officer) pitäisi määrittää yrityksille ”pilvistrategia” kyetäkseen määrittelemään perustason suunnitelman ja perustasolle tulisi myös määritellä aikataulu siitä, mitä sovelluksia ja milloin yritykset voisivat siirtää pilvipalveluihin. Lisäksi Marston ym. (2011, s. 7) ehdottaa myös, että isojen organisaatioiden pitäisi asettaa pieniä työryhmiä, jotka ovat erillään yrityksen normaalista IT-organisaatiosta ja toimivat riippumattomasti ja jatkuvasti arvioivat pilvipalvelun kehitystarpeita. Riippumattomuus itse organisaatiosta on ehdottomasti tarpeellinen, jotta olemassa olevat nykyiset käytännöt eivät vaikuttaisi ryhmän tekemiin arviointeihin. Lisäksi ryhmälle pitää antaa vastuu muutoksien toteuttamiseen IT-organisaation sisällä ja niiden pitäisi pyrkiä tarjoamaan enemmänkin uusia innovatiivisia teknologiaratkaisuja, kuin yrittää ylläpitää nykyistä infrastruktuuria. Sen sijaan, että keksittäisiin pyörä uudelleen jokaisessa organisaatiossa, Marston ym. (2011, s. 8) ehdottaa organisaatorajojen ylittävien ryhmien perustamista.

1.2 Työn viitekehys ja tutkimusongelma

Kuvassa 1 kuvataan Stora Enso Metsän nykyisen MEX toiminnanohjausjärjestelmän tilanne. Osaa järjestelmästä käytetään edelleen on-premises konesalissa perinteisellä vain Stora Ensolle kohdistetulla laitteistoympäristöllä ja osa palvelimista on siirretty jo käyttämään pilvipalvelua saman toimittajan konesaleista eri laitteistoalustalta eli niin sanotusta pilvestä. Muhleman ym. (2012, s. 5) toteaa, että pilvipalveluiden käyttöönotto tulee lisääntymään yritysten tietojärjestelmien suunnittelussa. Tutkimusten perusteella todetaan, että verrattuna perinteisiin konesalipalveluihin pilvipalvelut olisivat ketterämpiä ja nopeampia ottaa käyttöön (Mccrea, 2013, s. 42; Winkler, 2011, s. 32). Lisäksi palvelimien hallinta olisi edullisempaa kun asiakas voi itse tehdä osan ylläpito- ja muutostöistä (Wood ym., 2012, s. 2) ja virtualisoinnista (Vouk, 2008, s. 237; Gorelik, 2013, s. 10) sekä kolmantena kustannuksia pienentävät suuret palvelimien määrät (Sultan, 2010, s. 40). Edellä mainituista väittämistä päästäänkin tämän työn tutkimusongelmaan. Sillä pyritään selvittämään, onko näin myös Stora Enso Metsän järjestelmien ja palveluiden kohdalla, miten ne on toteutettu ja saavutetaanko mahdollisesti edellä mainittuja hyötyjä.



Kuva 1. Tutkimusongelman kuvaus.

Kuvan 1 vasen ympyrä kuvaa perinteistä ja nykyään jo osittain korvattua MEX:n palvelimien toteutus- ja hallintomallia. Keltainen ja vihreä väri kuvaavat vastuiden jakautumista toimittajan ja asiakkaan välillä. Vasemman puoleisessa kuvassa kaikki vastuu asennuksista ja hallinnasta kuuluvat toimittajalle kun taas oikean puolisessa ne jakaantuvat näiden kahden toimijan välillä. Sininen väri ja sen koko kuvaavat kustannusten kokonaisvaikutusta eri palvelukonseptien välillä. Perinteisestä mallista vasen kuva kertoo mitä tarkoittaa palvelimen asennus MEX järjestelmään joko toimittajan vuokraamaan laitteistoon tai sitten asiakkaan omistamaan ympäristöön, jolloin palvelimen saaminen käyttövalmiiksi voi kestää useita päiviä. Ensin pyydetään toimittajalta tarjous halutusta kokoonpanosta, hyväksytään tarjous, selvitetään käyttöjärjestelmäversio ja etsitään sille vielä mahdollinen lisenssiavain asiakkaan puolelta, ennen kuin päästään eteenpäin. Seuraavaksi varataan toimittajalta tarvittavat resurssit, tehdään itse palvelimen asennus oikeaan verkkosegmenttiin, tehdään mahdolliset tarvittavat verkkoavaukset, annetaan käyttöoikeudet niitä tarvitseville ja kaikki nämä toimittajan puolelta. Tämän jälkeen palvelin on valmis sovellusasennuksia varten. Kustannukset koostuvat MEX-järjestelmässä käytettävien palvelimien asennuksesta, kuukausivuokrasta, teknisistä resursseista (CPU,

muisti, levy, varmuuskopiot ja SLA), virustorjunnasta, turvapäivityksistä, palvelimen ylläpidosta ja lisensseistä. Palvelimien hallinta ja kaikki muutokset palveluihin tapahtuvat täysin toimittajan toimesta asiakkaan tilauksella. Muutoksia ovat esimerkiksi resurssien lisääminen, käyttöoikeuksien antaminen tai SLA-tason muuttaminen.

Kuvan 1 oikea puoli taas kuvaa puolestaan vastaavanlaisia palveluja toteutettuna PaaS-palveluna. Käyttöönottomalli on Stora Enso Metsän tapauksessa yksityinen pilvi, joka on kohdistettu vain ja ainoastaan Stora Enson käyttöön. Palvelun tarjoaa tällä hetkellä ulkoinen toimittaja, jonka pilvipalvelua hyödyntävät myös muutamat muut Stora Enson yksiköt ja niiden käyttämät sovellukset. Kyseisellä mallilla on Stora Enson omat tietoliikenneverkot ja niiden osoitteet oikeille yksiköille ja sovelluksille. Palvelimen asennus tapahtuu lähes kokonaan asiakkaan toimesta. Asiakas valitsee Web-käyttöliittymän avulla haluamansa resurssit ja suorittaa asennuksen. Muutokset resurssihin ja SLA-tasoihin tapahtuu pääosin asiakkaan toimesta. Värit kuvaavat siis asiakkaan mahdollisuutta tehdä osa asennuksista ja hallinnasta itsepalveluna. Toisaalta ne voi tilata myös toimittajalta, mutta silloin pilvipalveluiden joustavuus ja nopeus eivät ole samaa luokkaa kuin itse tehtynä.

1.3 Tavoitteet ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena on selvittää Stora Enso Metsän käyttöönotettavista ja jo käytössä olevista pilvipalveluista saatava hyöty verrattuna perinteisiin konosalipalveluihin, jotka ovat olleet käytössä näihin päiviin saakka. Pilvipalveluiden ja pilvilaskennan käytöllä on arvioitu saatavan merkittävää etua moneen perinteiseen konosaliratkaisuun verrattuna. Näin oletetaan tapahtuvan myös Stora Enso Metsän tapauksessa ja siten kuvasta 1 johdetaan työn ainoa tutkimuskysymys:

Millä tavalla Stora Enso Metsä hyötyy PaaS-pilvipalveluista verrattuna perinteisiin konosalipalveluihin?

Hirsjärvi ym. (2009, s. 117) toteaa, että aina ei ole tarpeellista mekaanisesti noudattaa kaavaa, jossa pääongelma jaettaisiin osaongelmiin, vaan voidaan myös selvittää yhdellä tutkimuskysymyksellä. Tässä työssä on noudatettu tätä ohjetta.

Tutkimuskysymyksellä selvitetään mitä mahdollisia hyötyjä Stora Enso Metsä saa käyttäessään liiketoimintansa hoitamiseen toimittajan konesalissa Stora Ensolle kohdennetussa eli yksityisessä pilvessä ja Platform as a Service -pilvipalvelumallilla (PaaS) tuotetuilla palveluilla verrattuna perinteisiin konesalipalveluihin. Potentiaalisia hyötyjä ovat erilaiset kustannusrakenteissa esiintyvät erot, palvelimien asennuksista ja hallinnasta johtuvat kustannussäästöt sekä lisensoinnin keskittämisestä saadut hyödyt. Muita etuja ovat joustavuus ja ketteruus palveluiden käyttöönotossa sekä palvelinresurssien helpompi ja nopeampi skaalautuvuus käytön mukaan. Lisäksi etuihin voidaan luokitella projektiaikaisten resurssien nopea käyttöönotto ja niissä tarvittavat nopeat muutostarpeet, jotka omalta osaltaan nopeuttavat projektien aikatauluja.

Työ on rajattu koskemaan Stora Enso Metsän MEX -tietojärjestelmän siirtymistä käyttämään pilvipalveluja perinteisten konesalipalvelujen sijaan ja niiden tuottamista mahdollisista hyödyistä Stora Enso Metsälle. Työssä rajataan myös käyttöönottomalli koskemaan vain yksityistä pilveä ja pilvipalvelumallina PaaS-mallia. Muutkin käyttöönotto- ja palvelumallit käydään teoriatasolla läpi, jotta niiden vertailu keskenään olisi mahdollista ja pohditaan niiden mahdollista hyödyntämistä tulevaisuudessa.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tämän työn tutkimuksen ominaispiirteitä ovat yksittäinen tapaus, kohteena yhteisö, kiinnostuksen kohteena ovat tapauksen prosessit eli kyseessä on siis tapaustudkimus (case tutkimus). Tapaustudkimukselle on lisäksi tyypillistä tutkia yksittäisestä tapauksesta yksityiskohtaista intensiivistä tietoa tai verrata joukosta toisiinsa suhteessa esiintyviä ilmiöitä (Hirsjärvi ym., 2009, ss. 134-135).

Tässä työssä kuitenkin verrataan kahta eri ilmiötä, jolloin vaikka työ on luonteeltaan tapaustudkimus, niin se on samalla myös vertaileva tutkimus. Kolmas näkökulma tutkimukselle on kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus, jossa kuvataan todellista elämää ja kohdetta kokonaisvaltaisesti (Hirsjärvi ym., 2009, s. 161). Laadullisen tutkimukset tyypillisiä piirteitä, joita myös tästä työstä löytyy, voidaan listata seuraavasti:

- tietoa haetaan kokonaisvaltaisesti ja tulokset kootaan todellisista tilanteista

- työn tekijä luottaa omiin havaintoihinsa, koska ihminen on tarpeeksi joustava reagoimaan tilanteiden vaihdoksiin
- suositetaan metodeja, joissa tutkittavien kohteiden näkökulmat tulevat esille ja niitä ovat haastattelut, havainnointi, ryhmähaastattelu ja dokumentit. Tässä työssä käytettyjä metodeja ovat kokemusperäinen havainnointi ja erilaisten tieteellisten dokumenttien hyödyntäminen
- kohde on valittu tarkoituksella tietystä joukosta
- tutkimus muotoutuu ja muuttuu olosuhteiden mukaan
- tapaukset ja ilmiöt tutkitaan ainutlaatuisina (Hirsjärvi ym. 2009, s. 164).

Tämä tutkimus toteutetaan myös kirjallisuustutkimuksena ja siinä verrataan kirjallisuudesta löydettyä aineistoa case-kohdeyrityksen (Yin, 1997) käytännön tilanteisiin ja toimintaan. Tiedon keruu tapahtuu hyödyntämällä tieteellisiä artikkeleita ja teoksia erilaisista lähteistä sekä kokemukseen perustuvasta havainnoinnista.

Järvinen & Järvinen (2004, s. 75) kuvaavat case-tutkimuksen olevan luonteeltaan kuvailevaa tai joko teoriaa luovaa tai testaavaa. Tässä työssä ei luoda uutta teoriaa vaan tehdään teoriaa testaavaa tutkimusta. Teoriaa testaavassa tutkimuksessa selvitetään tukeeko testattu aineisto teoriaa, mallia tai viitekehystä, mutta se ei silti kuitenkaan tarkoita, että teorianamme olisi täysin aukoton vaan sille on saatu taas kerran lisävahvistusta (Järvinen & Järvinen, 2004, s. 38).

Työssä käytetyt tietokannat NELLI-portaalin kautta ovat olleet: EBSCO, Elsevier ja IEEE. Hakusanoina on käytetty pilvipalveluihin voimakkaasti liitettyjä termejä: IaaS, PaaS, SaaS, private cloud, public cloud, hybrid cloud, SLA sekä niiden liittymistä yrityksen tietojärjestelmien suunnitteluun ja käyttöönottoon pilvipalveluissa. Opinnäytetöitä on käytetty LutPub/Doria-tietokannasta ja lainattu aiheeseen liittyviä diplomitöitä Lappeenrannan teknillisen yliopiston kirjastosta. Myös Google Scholar -hakupalvelua on käytetty runsaasti. Pilvipalveluihin liittyvää materiaalia löytyy eri lähteistä ”pilvin pimein” ja niistä oleellisten ja hyödyllisimpien artikkelien etsiminen ja löytäminen on ollut haasteellista tätä työtä tehtäessä.

1.5 Keskeiset käsitteet

Työn keskeiset käsitteet on lueteltu alla. Käsitteet ovat varsin teknispainotteiset ja niiden todellinen merkitys käsitteellisellä tasolla on selitetty myöhemmin tekstissä joko seikkaperäisesti tai pintapuolisesti riippuen tilanteesta.

Community Cloud on kahden tai useamman organisaation käyttämä yhteinen pilvi (=yhteisöpilvi).

Hybrid cloud on julkisen pilven ja yksityisen pilven yhteiskäyttö (=hybridipilvi).

Internal Cloud on sama kuin yksityinen pilvi, yhden organisaation käytössä oleva pilvipalvelu.

IT infrastruktuuri on kokonaisuus, joka sisältää laitteet, ohjelmistot, ylläpidon ja tietoliikenneverkot.

MEX on StoraEnso Metsän nykyinen puunhankinnan, korjuun ja logistiikan toiminnanohjausjärjestelmä.

On-site hosting tai **On-premises** on omassa tai toimittajan konesalissa ajettava yksilöity tai kohdistettu infrastruktuurialusta.

Pilven käyttöönottomalleja ovat julkinen pilvi, yksityinen pilvi, yhteisöpilvi ja hybridipilvi.

Pilvipalvelumalli on tapa, jolla pilvipalvelut toteutetaan ja yleisimmät niistä ovat IaaS, PaaS ja SaaS.

Private Cloud on yksityinen pilvipalvelu, johon sallitaan pääsy vain tietyille organisaatiolle.

Public cloud on julkinen kaikille avoin pilvipalvelu.

Skaalautuminen on tietokoneressurssien (muisti, CPU) muuttuminen tai muuttaminen käytön suhteessa.

Toiminnanohjausjärjestelmä on yrityksen tietojärjestelmä, joka yhdistää yrityksen eri toimintoja keskenään.

1.6 Työn rakenne

Työn rakenne on seuraava. Työn 1. luvun alaluvuissa 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 ja 1.6 kerrotaan tiivistetysti työn tausta, työn viitekehys, työn tutkimusongelma, tutkimusmenetelmät ja kuvataan työn keskeiset käsitteet, tavoitteet, rajaukset sekä työn rakenne.

Työn 2 luvussa käydään läpi tutkimusmetodologia, jossa kerrotaan millä menetelmillä tutkimus on toteutettu ja mitä tutkimusprosessia on noudatettu.

Työn luvussa 3 esitetään käytetty kirjallisuus ja kuvataan kirjallisuuden avulla ne seikat, jotka ovat olennaisia myös kohdeyrityksen toiminnan kannalta. Lisäksi luvussa kuvataan tarkalla tasolla pilvipalvelu- ja käyttöönottomallit, jotka ovat keskeisiä tutkimuksen viitekehysten kannalta.

Luku 4 esittelee kohdeyrityksen Stora Enso Metsän ja sen liiketoimintaympäristön. Luvussa kuvataan myös yrityksen entinen infrastruktuuriympäristö ja sen hallinta. Toisessa alaluvussa kerrotaan miten palvelut on toteutettu tällä hetkellä pilvipalveluna.

Luvussa 5 esitellään työn tulokset ja vastataan tutkimusongelmaan.

Pohdinta ja johtopäätökset on esitetty luvussa 6 ja yhteenveto luvussa 7.

2. KÄYTETTY KIRJALLISUUS

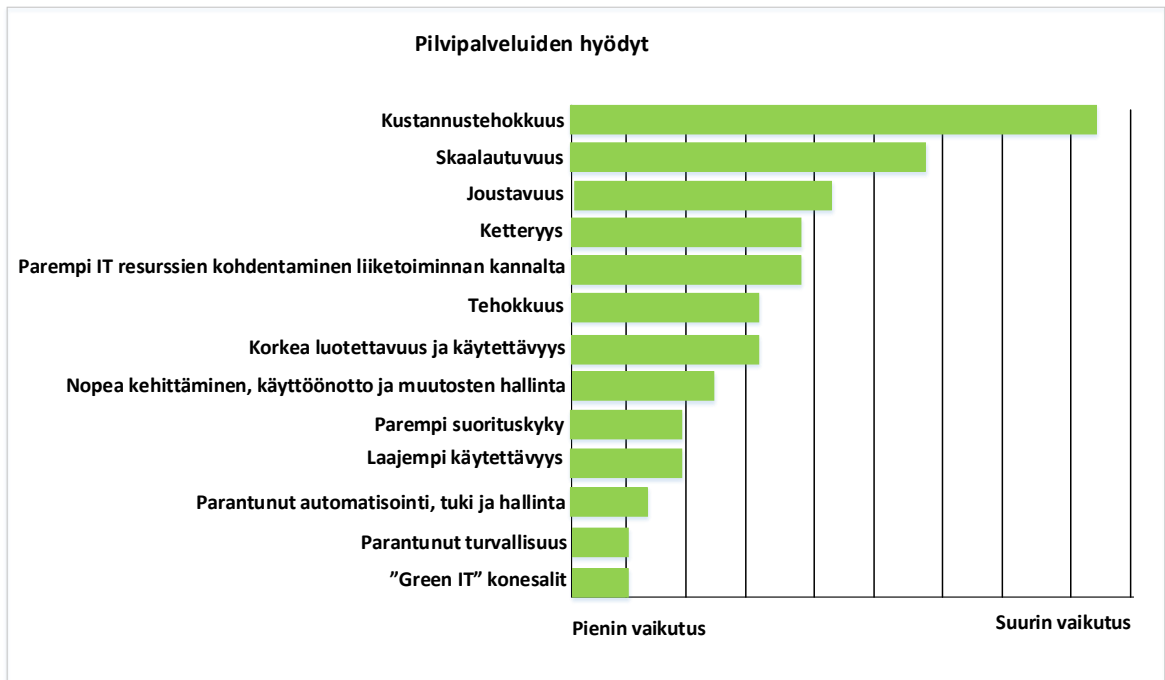
Seuraavissa alaluvuissa käsitellään työn kirjallisuuskatsaus, jossa kerrotaan kirjallisuudesta löytynyttä tietoa pilvipalveluista.

2.1 Kirjallisuuskatsaus

Pilvipalvelut on erittäin keskusteltu aihe teknisessä ja taloudellisessa maailmassa ja monet isot sovellustoimittajat ovat siirtäneet kehitystyötään sinne. Useat yritykset tutkivat mahdollisuuksia ja etuja, miten pilvipalvelut hyödyntävät liiketoimintaa ja toisaalta myös mahdollisuuksia tarjota omia pilvipalveluja. Kuitenkin pilvipalveluiden määrä kasvaa nopeasti ja niiden luokittelun tarve nousee samalla. (Höfer & Karagiannis, 2011, s. 81). Seuraavissa kappaleissa kerrotaan tarkemmalla tasolla läpi kirjallisuudesta löytynyttä materiaalia siitä, mitä ovat pilvipalvelut ja mitä tarkoittavat eri termit kuten käyttöönotto- ja palvelumallit, sekä mitkä ovat niiden erot ja hyödyt.

Kustannuspuolella pilvipalveluilla esitetään saavutettavan tietojärjestelmäkustannuksissa huomattavia säästöjä, joita ovat pienentyneet toteutus- ja ylläpitokulut, tarvitaan vähemmän laitteistokapasiteettia ja niille tukea, sähkönkulutus on pienempää, jäädytystä ei tarvita, lattiatila ja tallennuslaitteet siirretään palveluntarjoajalle, operatiiviset kustannukset alenevat ja asiakas maksaa vain siitä, mitä palvelua ja miten paljon palvelua käyttää. Pilvipalvelut mahdollistavat myös organisaatioiden paremman kilpailukyvyn joustavan ja ketterän alustainfrastruktuurin ansiosta, tarjoamalla lisäksi skaalautuvia, korkean käytettävyyden resursseja sekä korkean luotettavuuden ja saatavuuden sovelluksille ja itse tiedolle. Pilvipalveluiden avulla IT-osastot säästävät sovelluskehityksessä, niiden käyttöönotossa, turvallisuudessa, ylläpitoajassa ja kustannuksissa samaan aikaan hyötyen mittakaavaeduista. Green IT eli vihreät arvot ovat myös osa IT-palveluja tänä päivänä ja siksi myös niiden toteuttaminen ovat avainasioita yrityksiä imagoille kustannussäästöjen lisäksi. Lisäksi pilvipalvelut auttavat organisaatioita vähentämään sähkön, jäädytyksen, varastoinnin ja tilankäytön tarvetta ja siten edellyttävät rakentamaan asiakkailleen enemmän vakaita ja ympäristöä kunnioittavia konesaleja. Siirtymällä pilveen vapautetaan olemassa olevia resursseja ja infrastruktuuria tärkeimpiin kohteisiin. (Carroll ym. 2011.)

Kuten kuvasta 2 nähdään, ylivoimaisesti suurin saavutettava hyöty loppukäyttäjän ja varsinkin yrityksen kannalta, on kustannustehokkuus ja sitä kautta alentuneet kustannukset (Carroll ym., 2011).



Kuva 2. Pilvipalveluiden hyödyt (Carroll ym., 2011).

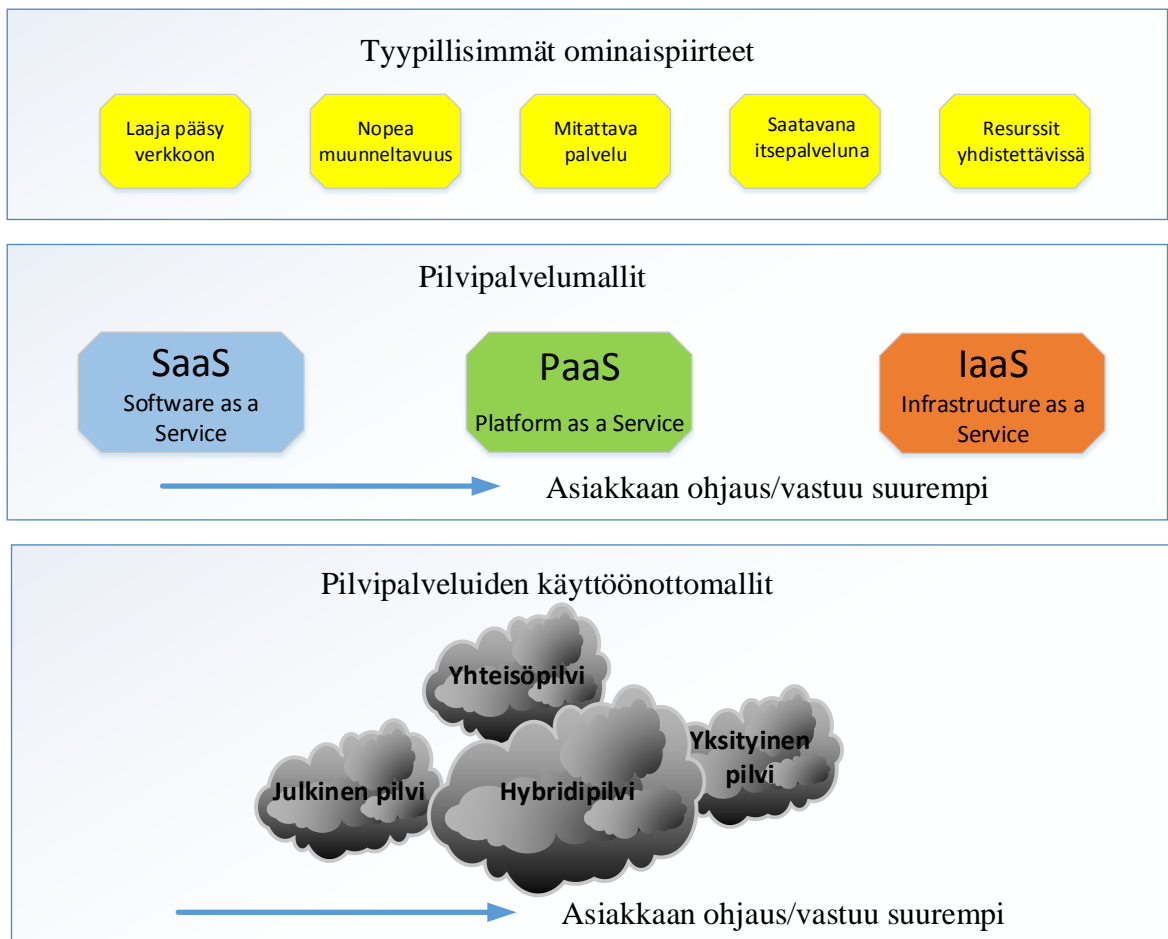
Kustannustehokkuus näyttää oleva tärkein päätöksiin vaikuttava tekijä pilvipalveluja valittaessa.

2.2 Pilvipalveluiden käyttöönottomallit

Kuvassa 3 Winkler (2011, s. 36) esittää NIST pilvipalvelumallin ja siihen kaksi eri näkökulmaa, miten pilven käyttöönotto- ja pilvipalvelumallit vaikuttavat asiakkaan vastuuseen pilvipalvelun ylläpidossa:

- Asiakkaalla on parempi mahdollisuus valvoa ja ohjata resurssejaan kun palvelumallissa siirrytään SaaS-mallista PaaS-malliin ja vielä enemmän kun siirrytään PaaS-mallista IaaS-malliin.

- Samoin asiakas voi saada parempaa turvaa resursseilleen, kun käyttöönottomalli vaihtuu julkisesta pilvestä yhteisöpilveen tai vielä siitä eteenpäin yksityiseen pilveen.

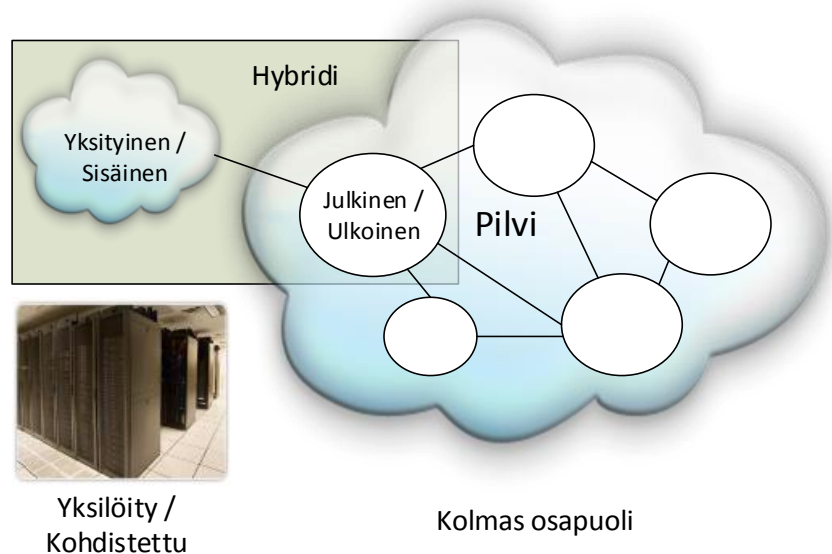


Kuva 3. NIST pilvimalli (Winkler, 2011, s. 36).

Pilvipalvelu on uusi infrastruktuurin käyttöönottomalli, jossa toimitetaan asiakkaalle tuettuja tietokoneresursseja kuten laskentatehoa, ohjelmistoja ja tietoa joustavasti oikeaan aikaan ilman, että loppukäyttäjän tarvitsee olla tietoinen teknisestä ympäristöstä, josta palvelut tuotetaan. Pilvipalvelu on siis malli, jossa kätevästi saadaan tarvittaessa käyttöön verkon kautta jaetusta ympäristöstä tietty määrä tietokoneresursseja (verkkoja, palvelimia, levytilaa, sovelluksia ja muita palveluja) ja jotka voidaan nopeasti ottaa käyttöön ilman toimittajalta vaadittavaa merkittävää työpanosta. Tavallisesti pilvipalvelu rakentuu virtuaalipalvelimista ja levyjärjestelmistä rakennetusta infrastruktuurista, johon päästään kytkeytymään Internetin avulla (Suruchee ym. 2014, s. 736). Wang ym. (2008, s. 825) puolestaan muotoilee

pilvipalvelun kuvaavan uutta laskentakaavaa, jonka tavoitteena on tarjota loppuasiakkaalle luotettava, asiakkaan tarpeisiin soveltuva riittävän laadun takaava dynaaminen laskentaympäristö.

Kuvassa 4 näkyy pilvipalveluiden neljästä ensisijaisesta toteutusmallista kolme. Ne ovat julkinen/ulkoinen pilvi, yksityinen/sisäinen pilvi ja hybridipilvi (Suruchee, 2014, s. 736). Vaikka kuvasta 4 puuttuu yhteisöpilvi, niin kaikki mallit kuvataan seuraavissa kappaleissa.



Kuva 4. Pilvipalveluiden tunnetuimmat toteutusmallit (Suruchee, 2014, s. 736).

Ramgovindin (2010) toteaa, että päättäessään minkälainen pilven käyttöönottomalli toteutetaan, liiketoiminnasta vastaavat joutuvat kokonaisvaltaisesti arvioimaan turvallisuusasiat koko yrityksen arkkitehtuurisesta näkökulmasta sekä ottamaan myös huomioon tiedon käsittelyn turvallisuuserot. Käytettävyys on yksi kriittisimmistä tietoturvaan liittyvistä vaatimuksista pilvipalveluissa koska se on yksi tärkeimmistä päätöksentekoon vaikuttavista tekijöistä, kun mietitään, onko käyttöönottomalli yksityinen, julkinen vai hybridipilvi. Tärkein yksittäinen dokumentti on SLA-sopimus, jolla sovitaan pilvipalveluiden resurssien käytettävyydestä pilvipalveluiden tarjoajan ja asiakkaan välillä.

2.2.1 Julkinen pilvi

Pilvipalveluiden toteutusmallia voidaan yleisesti kuvailla siten, että se on laskentaresurssien hallintaa ja niiden tarjoamista kuluttajille toimitettavaksi, sekä myöskin niiden luokittelua käyttäjien tarpeiden mukaan. Julkisessa pilvessä infrastruktuuri ja laskentaresurssit tehdään käytettäväksi yleisesti julkisen Internetin yli. Pilvipalvelutoimittaja omistaa ja ylläpitää palvelun, jota se toimittaa organisaationsa ulkopuolisille kuluttajille. (Jansen & Grance, 2011, s. 13.)

Julkisen pilven mallissa sallitaan käyttäjien pääsy palveluun yleisesti käytetyllä web-käyttöliittymällä. Tyypillisesti kustannukset syntyvät käytön määrän mukaan samalla tavalla kuten sähkön kulutusta mitataan sähkömittareilla, jotka ovat riittävän joustavia ottamaan huomioon mahdolliset kulutuspiikit kysynnän mukaa. Samoin tehdään myös pilvipalveluiden resurssien optimoinnissa. Tämä helpottaa pilven asiakkaita paremmin kohdistamaan IT kulut operatiivisella tasolla ja se vähentää infrastruktuurin investointien tarvetta. Julkiset pilvet ovat turvattomampia kuin muut pilvien käyttöönottomallit, koska siinä tarvitaan aika ajoin lisäkuormitusta takaamaan kaikkien sovellusten ja tietojen saanti. Tästä syystä huolenaiheina ovat luottamus ja yksityisyys, kun neuvotellaan pilven SLA:sta. Yhtenä vaihtoehtona sekä pilvipalvelun myyjälle ja asiakkaalle on, että he sopivat keskenään, miten pilven tarkastukset ja niiden validointi toteutetaan asiakkaan järjestelmään. Toinen vaihtoehto on, että toimittajalle ja asiakkaalle laaditaan erilliset roolit ja vastuut käsiteltäessä pilvipalveluiden turvallisuutta pysyen kuitenkin käytettävyyssrajojen sisällä (Ramgovind ym., 2010).

Julkinen pilvi edustaa merkittävää ajattelutavan muutosta verrattuna perinteiseen konesaliin, jolloin myös mahdollisilla kilpailijoillakin on mahdollisuus käyttää samaa infrastruktuuria. Kuten muillakin kehittyvillä tietotekniikan alueilla, pilvipalveluissakin pitäisi ottaa huomioon tiedon mahdollinen arkaluonteisuus. Suunnittelu auttaa varmistamaan, että tietojenkäsittely-ympäristö on mahdollisimman turvallinen ja noudattaa kaikkia tarpeellisia yrityksen käytäntöjä ja että yksityisyys säilyy. Lisäksi suunnittelulla voidaan varmistaa, että yritys saa täyden hyödyn tietotekniikan kuluistaan (Jansen & Grance, 2011, s. 6).

Jansen & Grance (2011) toteavat, että palvelumallista riippuen vastuut voivat vaihdella organisaatioiden ja pilvipalvelutoimittajan välillä. Pilvipalveluja käyttävien organisaatioiden täytyy ymmärtää vastuiden rajat ja vaikutukset turvallisuuteen ja yksityisyyteen. Palvelujen tarjoaja voi vakuutukset esittämällä tukea turvallisuuteen ja yksityisyyteen liittyviä väittämiä joko sertifiointilla ja/tai yhteneväisyyskatsauksella. Lisäksi edellä mainitut katsaukset ja sertifikaatit pitäisi verifioida riippumattoman organisaation toimesta.

2.2.2 Yksityinen pilvi

Pilvipalveluiden hallinta, kustannukset ja tietoturva riippuvat siitä, valitseeko organisaatio hankinnassaan oman pilven vai vuokraako sen käytön kolmannelta osapuolelta. Yksityinen pilvi kohdistetaan yhdelle organisaatiolle sen sisäiseen käyttöön ja hallinta ja operointi voidaan tehdä itse tai se voidaan ulkoistaa toimittajalle. Samoin koko yksityisen pilvipalvelun voi omistaa organisaatio itse tai se voidaan vuokrata joltakin kolmannelta osapuolelta (Grossman, 2009, s. 24).

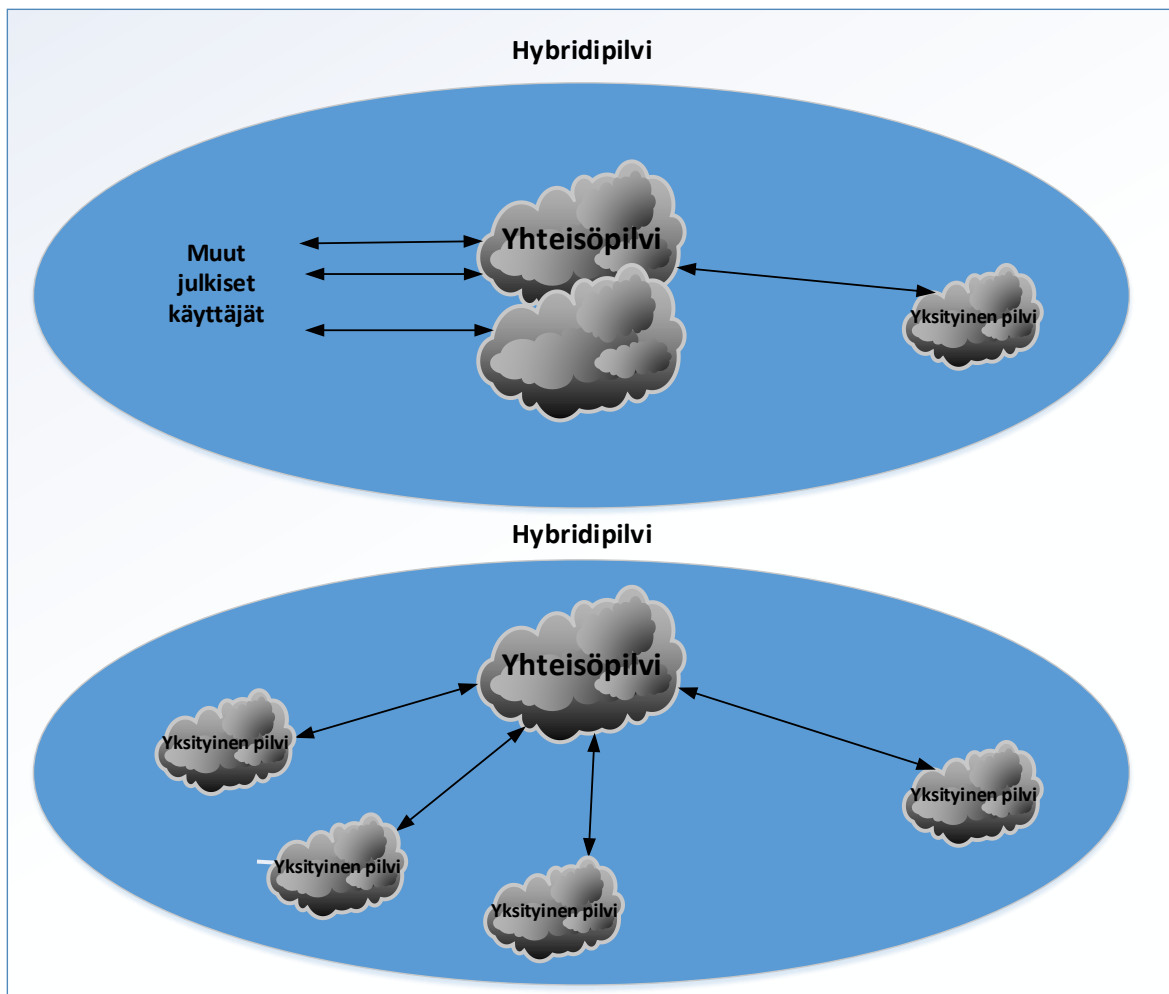
Kuitenkin tulevaisuudessa yksityisten pilviympäristöjen rakentaminen ja toteutus tulee vaikuttamaan olemassa oleviin tietoturvarakenteisiin. Yksityinen pilvi on usein laaja jaettu verkostoympäristö ja niiden toteutus saattaa koostua useista maantieteellisistä osista. Tämän kaltainen yksityinen pilvi, joka ylittää samalla useita turvallisuusvyöhykkeitä, tulee sumentamaan olemassa olevien tietoturvasuojauksen rajoja ja tuo mahdollisesti uusia haasteita tietojärjestelmien tietoturvaan ja sen toteuttamiseen. Tästä syystä ennen yksityisen pilviympäristön pystytystä mahdolliset tieturvariskit pitää selvittää perusteellisesti ja suunnitella samalla tieteellinen sekä järkeenkäypä strategia riskien varalle (Ma ym., 2014, s. 444).

Yksityinen pilvi pystytetään organisaation sisäiseen käyttöön. Tällöin on helpompi järjestää tietoturva, sääntöjen noudattaminen ja lainsäädännölliset vaatimukset. Yksityinen pilvi rakennetaan organisaation niin sanotun sisäisen konesalin ympärille, johon on pääsy vain kyseisellä organisaatiolla. Silloin on helpompi yhdenmukaistaa turvallisuus ja tarjota enemmän yritystason valvontaa käyttöönotossa ja käytössä. Yksityisen pilven palvelun toimittajan tarjoamilla skaalattavilla resursseilla ja virtuaalisovelluksilla yhdistetään ja

tarjotaan käyttäjille palveluja jaettavaksi ja käytettäväksi. Se eroaa julkisesta pilvestä siinä, että kaikki pilviressurit ja sovellukset ovat organisaation omassa hallinnassa eli samoin kuin yrityksen Intranetin toiminnollisuuksissakin tehdään (Ramgovind ym., 2010).

2.2.3 Hybridipilvi

Winklerin (2011, s. 42) mukaan organisaatio voi hyödyntää julkista pilveä tai yhteisöpilveä ja laajentaa yksityisen pilven valmiuksia ja rakentaa hybridipilvi. Hybridipilvet ovat, aivan kuten nimikin kertoo, kahden tai useamman pilven yhdistelmä (kuva 5). Ne muodostuvat kun organisaatio rakentaa yksityisen pilven ja haluaa hyödyntää julkista pilveä tai yhteisöpilveä yhdistämällä ne yksityisen pilven kanssa tiettyyn tarkoitukseen. Oikeastaan hybridipilvi voitaisiin muodostaa millä tahansa edellä mainitulla kolmen käyttöönottomallin yhdistelmällä. Monet organisaatiot toteuttavat sisäisiä yksityisiä pilviä kriittisen infrastruktuurin vuoksi, mutta toisaalta löytävät tarpeita, jotka vain eivät ole taloudellisia rakentaa sisäisesti.



Kuva 5. Hybridipilvi on kahden tai useamman pilven yhdistelmä (Winkler, 2011, s. 42).

Termi pilvipalvelu viittaa tavallisesti IT -palveluiden toimittamiseen ja käyttöön erilaisille liiketoiminta- ja loppukäyttäjäpalveluille. Tästä ovat esimerkkinä erilaiset SaaS palvelut. Vaikka pilvipalveluiden ympärille on asetettu paljon toiveita, nähdään ne kuitenkin pitkällä aikavälillä toteuttamiskelpoisina ja tehokkaina alustana sisäiselle ja ulkoiselle kehitystyölle, niin siltikin keskustelua riittää siitä, ovatko esimerkiksi tiedon tallennusratkaisut riittävän luotettavia. Samaan aikaan on esitetty ratkaisuksi hybridipilven käyttöä sovelluksille myös yrityksissä ja julkisella puolella. Googlen sähköpostia ja keskustelupalstaa käytetään esimerkiksi laajasti henkilökohtaisella tasolla, mutta eri organisaatioiden välillä ei sallita julkisten ja yksityisten sähköpostipalvelujen käyttöä. Tämä aiheuttaa luottamuspulan koska itse tieto on kuitenkin toimittajan hallussa. Subashis (2014, s. 8) toteaa vielä, että takuu tiedon yksilöllisyyden takaamisessa on pilvipalveluiden tulevaisuus. Tällainen malli on myös erittäin luotettava sovelluksen käyttäjille.

Vaikka nykyinen pilvipalveluiden ekosysteemi on hyvin pitkälti kasvanut julkisten pilvien ympärille, niin kaupalliset pilvipalvelutoimittajat tarjoavat kuitenkin myös kohdistettua infrastruktuuria, jossa asiakkaat voivat itse luoda ja hallita virtuaalisia palvelimia sitä varten rakennetulla julkisella etäkäyttöliittymällä. Tämä on johtanut siihen, että open-source-pohjaiset pilvipalvelutyökalut kasvattavat suosiotaan IaaS-pilvipalvelumallia rakennettaessa. Pääasia yksityisiä pilviä toteutettaessa ei ole myydä kapasiteettia verkon yli jonkun julkisen käyttöliittymän avulla, vaan tarjota paikallisille käyttäjille joustava ja ketterä infrastruktuuri omiin tarkoituksiinsa riittävillä oikeuksilla. Yksityinen pilvi voi myös tukea hybridipilveä täydentämällä paikallista infrastruktuuria ulkoisella julkisella infrastruktuurilla. Julkinen pilvi ja hybridipilvi eivät ole toisiaan pois sulkevia ollakseen silti julkinen pilvi. Sinne voidaan sallia pääsy Internetistä etäyhteyden avulla, kuten esimerkiksi Amazon EC2 palvelussa tehdään (Sotomayor ym., 2009, s. 2).

Kuitenkin tuottaakseen samat ominaisuudet kuin kaupalliset pilvet, yksityisen/hybridipilven ohjelmistojen pitää täyttää tietyt vaatimukset. Niiden täytyy tuottaa yhtenäinen ja samanlainen näkymä virtuaalisiin resursseihin riippumatta ajettavasta virtuaalialustasta, esimerkkeinä Xen (Citrix:n virtuaalialusta), KVM (Kernelbased Virtual Machine) ja VMWare (VMware virtuaalialusta). Yksityisen/hybridipilven ohjelmistojen on myös kyettävä hallitsemaan koko virtuaalikoneiden elinkaari sisältäen verkkojen luomisen dynaamisesti, hallita virtuaalikoneiden levyjärjestelmävaatimuksia, kuten niiden levykopioiden käyttöönotto tai lennosta tapahtuva ohjelmistoympäristöjen luonti. Lisäksi niiden tulee tukea muunneltavia resurssien kohdentamistapoja, jotta saavutettaisiin organisaation tietyt tavoitteet kuten korkea käytettävyys, palvelimien yhdistäminen sähkönkulutuksen minimoimiseksi sekä sopeutuminen organisaation resurssitarpeiden muutoksiin (Sotomayor ym., 2009, s. 2).

Sotomayor ym. (2009, s. 2) toteaa vielä lisää, että avainasia yksityisessä ja hybridipilvessä on virtuaalisen infrastruktuurin hallinta ja dynaaminen virtuaalikoneiden asentaminen joukosta fyysisiä resursseja, jotka täyttävät edellä mainitut vaatimukset.

Hybridipilvet ovat monimutkaisempia kuin muut käyttöönottomallit, koska ne sisältävät yhdistelmän yhdestä tai useammasta pilvestä kuten yksityisestä pilvestä, yhteisöpilvestä tai julkisesta pilvestä. Kukin pilvi pysyy kuitenkin itsenäisenä kokonaisuutena, mutta toisaalta

on taas sidottu toisiin standardoidun tai patentoidun teknologian avulla, jotka sallivat sovellusten ja tiedon siirrot pilvien välillä (Jansen & Grance, 2011, s. 13).

Tietoturvasyistä johtuen voi olla teknisesti vaikeaa yhdistää tiedot yrityksen sisäisen konesalin ja julkisen pilven välillä. Organisaatiot, jotka miettivät hybridipilven käyttöönottoa, missä yrityksen tiedot on levitetty yksityisen ja julkisen pilven välille, voivat johtua pohtimaan seuraavia haasteita (Goralik, 2013, s. 27):

- turvallisuusasiat (tiedon hallinta, verkkoyhteydet)
- isojen tietomäärien käsittely voi olla vaikeaa
- puutteelliset mekanismit havaita tiedossa tapahtuneet muutokset
- tiedon oikeellisuuden ja eheyden valvonta
- tiedon alkuperäisyyden määrittäminen on ongelmallista

2.2.4 Yhteisöpilvi

Yhteisöpilvi eli community cloud sijoittuu julkisen ja yksityisen pilven väliin kuluttajien näkökulmasta. Yhteisöpilvi on jotakuinkin samanlainen kuin yksityinen pilvi, mutta sen infrastruktuuri ja resurssit on ohjattu kahden tai useamman organisaation käyttöön ja yhteisöpilvillä on yhteisempi yksityisyys, turvallisuus ja säännöstönsä kuin yksittäisellä organisaatiolla (Jansen & Grance, 2011, s. 13).

Mircea & Andreescu (2011) toteavat, että erityisesti koulutusympäristöjen perustamisen tarve on lisännyt yhteisöpilvimallien käyttöönottoa. Niiden tarpeellisuus on nähty erilaisten raporttien laatimisessa, koulutuksen ja taloudellisen tiedon valvonnassa siitä lähtien, kun opiskelija aloittaa koulutuksen aina siihen asti, kunnes hän valmistuu. Joillakin alueilla tai joissakin maissa tiedot kerätään keskitetysti, jolloin niistä selviää opiskelijan pätevyys, opiskelijan aktiivisuus työllistyä ja nämä kaikki tiedot ovat myöhemmin tutkijoiden käytettävissä. Onwubiko (2009, s. 273) lisää muita yhteisöpilveä käyttäviksi organisaatioiksi rahalaitokset, terveystalvot tarjoavat yritykset ja puolustusvoimat.

Teknisemmän määritelmän yhteisöpilvälle antavat Zissis & Lekkas (2012, s. 584). Heidän mukaansa yhteisöpilvessä pilvi-infrastruktuuri jaetaan useamman organisaation kesken joilla on yhteinen huoli tulevaisuudesta, turvavallisuusvaatimuksista, oikeuksista ja

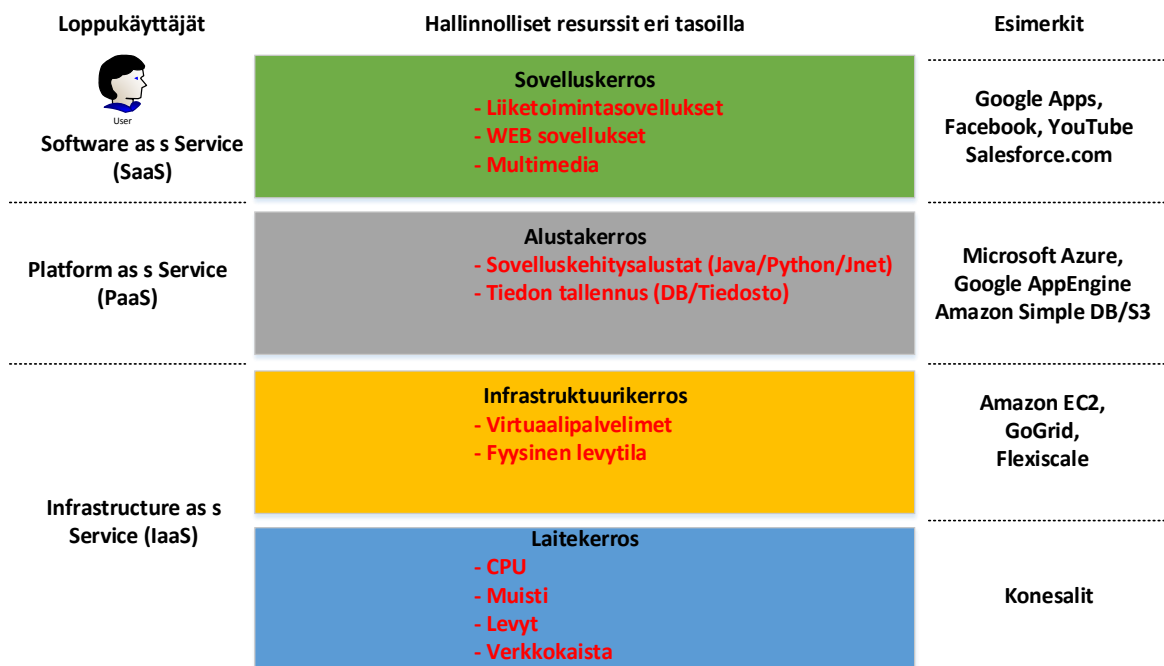
sääntöjen noudattamisesta. Yhteisöpilvi voi olla oman organisaation tai kolmannen osapuolen hallinnassa ja se voi sijaita joko omissa tai toimittajan tiloissa.

2.3 Yleisimmät pilvipalvelumallit

Zhang ym. (2010) listaavat eri palvelukerrokset seuraavasti kuvan 6 mukaan.

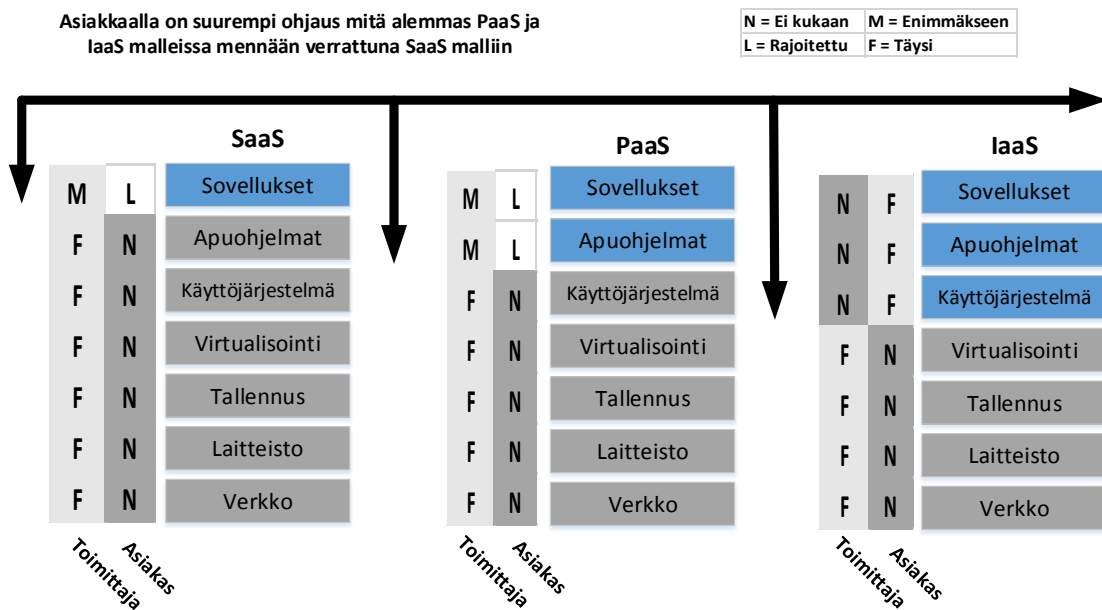
- Laitteisto kerros:
 - Tämä kerros on vastuussa pilven fyysisten resurssien hallinnasta sisältäen fyysiset palvelimet, reitittimet, kytkimet, sähkö- ja jäähdytysjärjestelmät. Käytännössä laitteistokerros on toteutettu konesaleissa. Datakeskukset sisältävät yleensä tuhansia kehikkoihin sijoitettuja palvelimia, jotka kytketään toisiinsa kytkimien, reitittimien tai muiden verkkolaitteiden avulla. Tyypillisiä kysymyksiä laitteistotasolla ovat laitteistokokoonpanon konfiguraatiot, vikasietoisuuden järjestäminen ja miten hallitaan verkkoliikenne ja jäähdytys.
- Infrastruktuurikerros:
 - Kerros tunnetaan myös nimellä virtualisointikerros, joka tarjoaa reservin varastointi- ja tietojenkäsittelyresursseja jakamalla fyysisiä resursseja virtualisointitekniikan avulla. Infrastruktuurikerros on olennainen osa pilvipalveluja koska monet keskeiset ominaisuuksia, kuten dynaaminen resurssien varaaminen, ovat saatavilla vain virtualisointitekniikoiden kautta.
- Alustakerros:
 - Alustakerros on rakennettu infrastruktuurikerroksen päälle ja se koostuu käyttöjärjestelmistä ja sovelluskehitysrungosta. Alustan tarkoituksena on pienentää palvelimen kuormaa sovelluskehityksessä. Esimerkiksi Google App Engine toimii alustakerroksella ja tarjoaa API-tukea (Application Programming Interface) rakennettaessa tyypillisen web -sovelluksen tietokantaa ja liiketoiminnan logiikkaa.
- Sovellustasolla:
 - Korkeimmalla hierarkian tasolla eli sovellustasolla ajetaan varsinaisia pilvisovelluksia. Erona perinteisiin sovelluksiin ne voivat hyödyntää automaattista skaalausta paremman suorituskyvyn ja käytettävyyden saamiseksi ja pienentää myös käyttökustannuksia. Verrattuna perinteisten konesalipalveluiden hallintaan, kuten omiin palvelimiin, pilvipalveluiden

arkkitehtuuri on modulaarisempi. Jokainen kerros on löyhästi sidoksissa ylempiin ja alempiin tasoihin, jotta kukin kerros voi kehittyä itsenäisesti erikseen. Tämä on samanlainen rakenne kuin OSI-mallissa (Open Systems Interconnection) verkon protokollatasolla. Arkkitehtuurin modulaarisuus antaa pilvipalveluille mahdollisuuden tukea lukuisia sovelluksien vaatimuksia, sekä samalla vähentää hallinnan ja ylläpidon päällekkäisyyksiä.



Kuva 6. Pilvipalveluiden arkkitehtuuri (Zhang ym. 2010, s. 9).

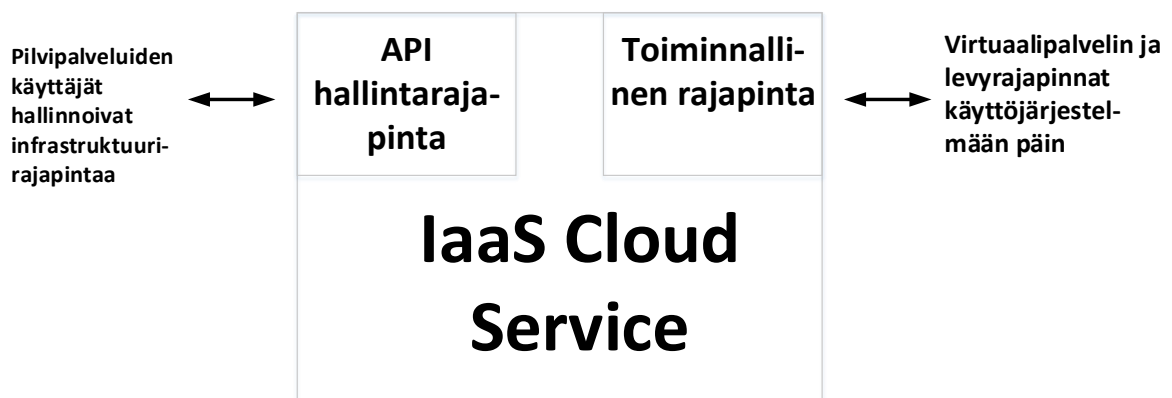
Kuvassa 7 alla on vuorostaan luokiteltu pilvipalvelumallien eri kerrokset ja miten niiden hallintavastuut jakautuvat asiakkaan ja toimittajan välillä.



Kuva 7. Vastuujako SaaS-, PaaS- ja IaaS-malleissa Winkler (2011, s. 37).

2.3.1 IaaS (Infrastructure as a Service)

Kuvassa 8 pilvipalvelun käyttäjä hyödyntää hallintarajapintaa ohjaamaan pilvipalvelun käyttöä käynnistämällä, pysäyttämällä ja muuttamalla virtuaalipalvelimen levykopioita ja niille kohdistettuja resursseja. IaaS-palvelun toiminnallinen rajapinta on tiukasti sidottu virtuaalisen palvelimen prosessoriarkkitehtuuriin. Itse asiassa se ei ole erityisesti pilveen liittyvä ominaisuus koska CPU arkkitehtuurilla on jo ovat sääntönsä ja standardinsa (Hogan ym., 2011, s 34.)



Kuva 8. IaaS-rajapinta (Hogan ym., 2011, s. 34).

Parmarin (2012) mukaan IaaS on standardisoitu, pitkälle automatisoitu tuote, jonka laskentaresursseja, levytilaa ja tietoliikenneverkkoja toimittaja tarjoaa asiakkaalle kun hän niitä tarvitsee. Asiakkailta itse on mahdollisuus, ei ainoastaan tilata, vaan myös toteuttaa infrastruktuurimuutoksia käyttäen Web-pohjaista graafista käyttöliittymää. Sama käyttöliittymä palvelee hallintakonsolina koko ympäristölle. Myös API-ohjelmointirajapinta saatetaan tarjota optiona ohjelmistokehittäjille. Catteddu & Hogben (2009, s. 8) puolestaan toteavat, että API-rajapintaa voidaan IaaS-palvelussa käyttää säännölliseen virtuaalipalvelimien tilannekuvien (snapshot) ottamiseen ja joita sitten voidaan verrata asennuksien lähtötilanteeseen, sekä päivittää palvelimiin uusimmat korjaustiedostot ja suojausasetukset.

IaaS-mallissa pilvipalvelun käyttäjät ylläpitävät käyttöjärjestelmätasoa, tarvittavia päivityksiä, apuohjelmia ja varsinaisia sovellusohjelmistoja. IaaS tuottaa palvelimet, joko fyysiset tai virtuaaliset ja niihin liittyvät muut resurssit. Infrastructure as a Service - palvelu tarjoaa lisäksi lisäresursseja kuten tiedostoille tallennustilaa, palomuurit, IP-osoitteet ja virtuaalisen lähiverkon VLAN (Virtual Local Area Network) sekä joukon muita ohjelmistoja (Heena & Naghma, 2013).

2.3.2 PaaS (Platform as a Service)

Kuvasta 9 selviää PaaS-palvelun toiminnallinen rajapinta, sekä ajonaikainen ympäristö kirjastoineen ja komponentteineen, joilla sovellukset ohjelmoidaan. Tämä voitaisiin tarjota eri kielillä ja tarvittaessa hyödyntää olemassa olevia sovellusalustastandardeja kuten J2EE (Java Platform Enterprise Edition) tai .NET (Microsoftin kehittämä ohjelmistokomponenttikirjasto). Hallintarajapinta PaaS:illa voi olla hyvinkin samanlainen kuin IaaS-palvelussa. Sen sijaan, että hallittaisiin virtuaalipalvelimien ja niiden tarjoamien resurssien elinkaarta, kuten IaaS:ssa tehdään, PaaS-palvelussa huolehditaan sovellusten ja alustan resursseista, joista PaaS-palvelu on riippuvainen. Lisäksi, että mitattaisiin ja laskutettaisiin virtuaalisten laitteistoresurssien perusteella, hallintarajapinta tarjoaa mittarit alustan ja ajoympäristön käytölle (Hogan ym., 2011, ss. 34-35).



Kuva 9. PaaS-rajapinta (Hogan ym., 2011, s. 34).

Heenan & Naghman (2013) mukaan PaaS-mallissa pilvipalvelun tarjoaja toimittaa virtuaalipalvelimen, johon on asennettu käyttöjärjestelmä, kehitysympäristö ohjelmointia varten, tietokanta ja WEB palvelin. Sovelluskehittäjät voivat palvelimessa kehittää ja ajaa omia ohjelmistoratkaisuja ilman lisäkustannuksia eikä tarvitse samaan aikaan ostaa ja hallita laitteistoja sekä ohjelmistoja. PaaS tarjoaa taustalla palvelimen ja tallennuskapasiteettia, jota voi skaalata automaattisesti vastaamaan kysyntää niin, että käyttäjän ei tarvitse jakaa resursseja manuaalisesti.

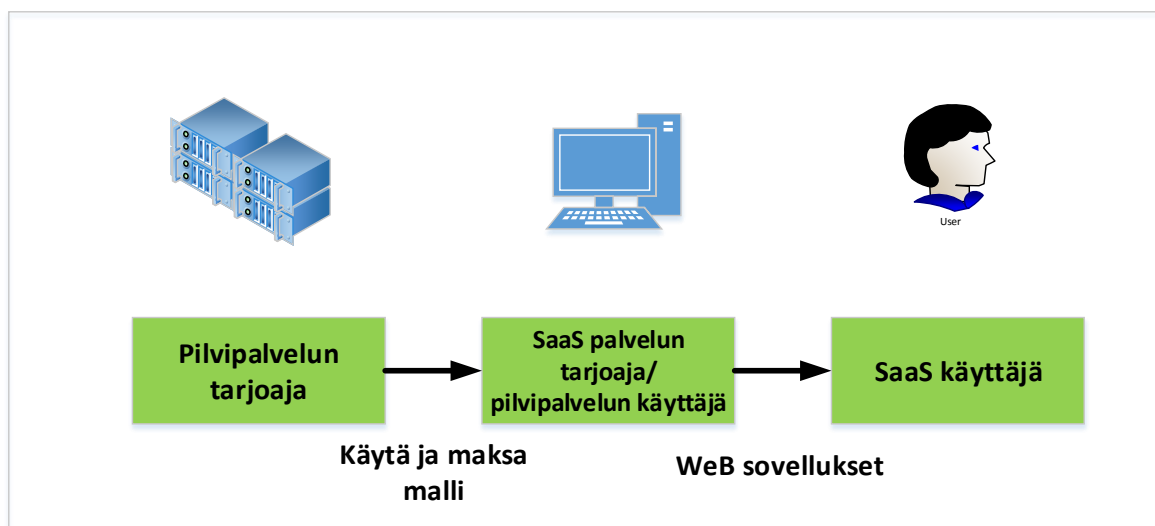
Kuluttajat tarvitsevat pilvipalveluita sovelluksilleen. He valvovat ja ohjaavat varsinaisia sovelluksia ympäristössä, jossa käyttäjät eivät pääse hallitsemaan käyttöjärjestelmää, rautatai verkkoinfrastruktuuria. Yleisesti ottaen PaaS-palveluntarjoajat ovat vastuussa alustaan liittyvien ohjelmien turvallisuudesta ja tarjoajien on huomioitava myös muutkin turvallisuusperiaatteet. Tavallisesti on hyvin vaikea saada yksityiskohtaista tietoa PaaS-palveluntarjoajilta siitä, miten alustat on turvattu ja miten he vastaavat seuraaviin kysymyksiin:

- Onko olemassa korkean tason kuvaus ja toimenpiteet siitä, miten eritetään toisistaan sovellukset, jotka palvelevat useita asiakkaita?
- Minkälaisen varmuuden tiedon saamiseen palvelusta PaaS-tarjoaja voi antaa?
- Takaako PaaS-toimittaja, että alustaa valvotaan hyökkäyksien ja haavoittuvuuksien varalta? (Sing & Jangwal, 2012, ss. 19-20).

Esimerkkinä PaaS-palvelun hinnoittelusta Martens (2012) listaa Azure palvelun hintakomponentit, joita ovat prosessointiaika, käytetty levytila, transaktioiden määrä kuukaudessa, käytetty levytilan tietokannoilla, siirretyn tiedon määrä, sovelluksen käyttämien yhteyksien määrä eri paikoista ja turvattujen yhteyksien määrä kuukaudessa.

2.3.3 SaaS (Software as a Service)

Singh & Jangwal (2012, s. 18) määrittelevät pilvilaskennan olevan summa SaaS-palvelua sekä ”käytä ja laske -mallia”, joka ei sisällä keskisuuria datakeskuksia, vaikka nämä ovatkin riippuvaisia virtualisointialustasta. Kuvasta 10 selviävät tarjoaja-käyttäjä -suhteet. Joissakin tapauksissa samalla toimijalla voi olla useampikin rooli. Esimerkiksi pilvipalvelutoimittaja saattaa tarjota palveluja infrastruktuuristaan suoraan loppuasiakkaalle.



Kuva 10. SaaS palvelun käyttäjäroolit (Singh & Jangwal, 2012, s. 18).

SaaS -palvelun malli on toimittaa ohjelmistoja tai tarkemmin kuvattuna sovelluksia loppukäyttäjille. Loppukäyttäjän ei yleensä tarvitse edes ymmärtää tai olla huolissaan sovelluksia palvelevasta infrastruktuurista, vaan yksinkertaisesti käyttää sovelluksia. Kaikki sovelluksen taustatiedot on piilotettu loppukäyttäjältä ja itse sovellus toimitetaan Software as a Service-palveluna. Web-sivustot, jotka tarjoavat sovelluksia internet:n kautta, voidaan pitää SaaS-palveluina. Näistä esimerkkeinä ovat salesforce.com, joka tarjoaa CRM:a (Customer Relationship Management) SaaS palveluna, Googlen Gmail-sähköpostipalvelu ja Microsoft:n SharePoint (Winkler, 2011, s. 43).

SaaS -palvelu on ohjelman jakelumalli, jossa itse sovelluksia hallinnoi myyjä tai palvelun toimittaja ja joka tarjoaa niitä saataville loppukäyttäjille tietoliikenneverkon avulla. SaaS palveluntarjoaja lisensoi sovellukset asiakkaille perustuen joko palvelun kysyntään, tilauksen perusteella, ”käytä ja maksa” malliin mukaan tai kokonaan ilman veloitusta. Tämä lähestymistapa perustuu ”maksa-ja käytä” -malliin, jossa teknologia toimitetaan palveluna "pilvessä" Internetin kautta. Etuina SaaS-mallissa ovat helpompi hallinta, automaattiset päivitykset, kaikilla käyttäjillä sama ohjelmaversio ja maailmanlaajuinen saatavuus (Olekar & Sreekumar, 2013).

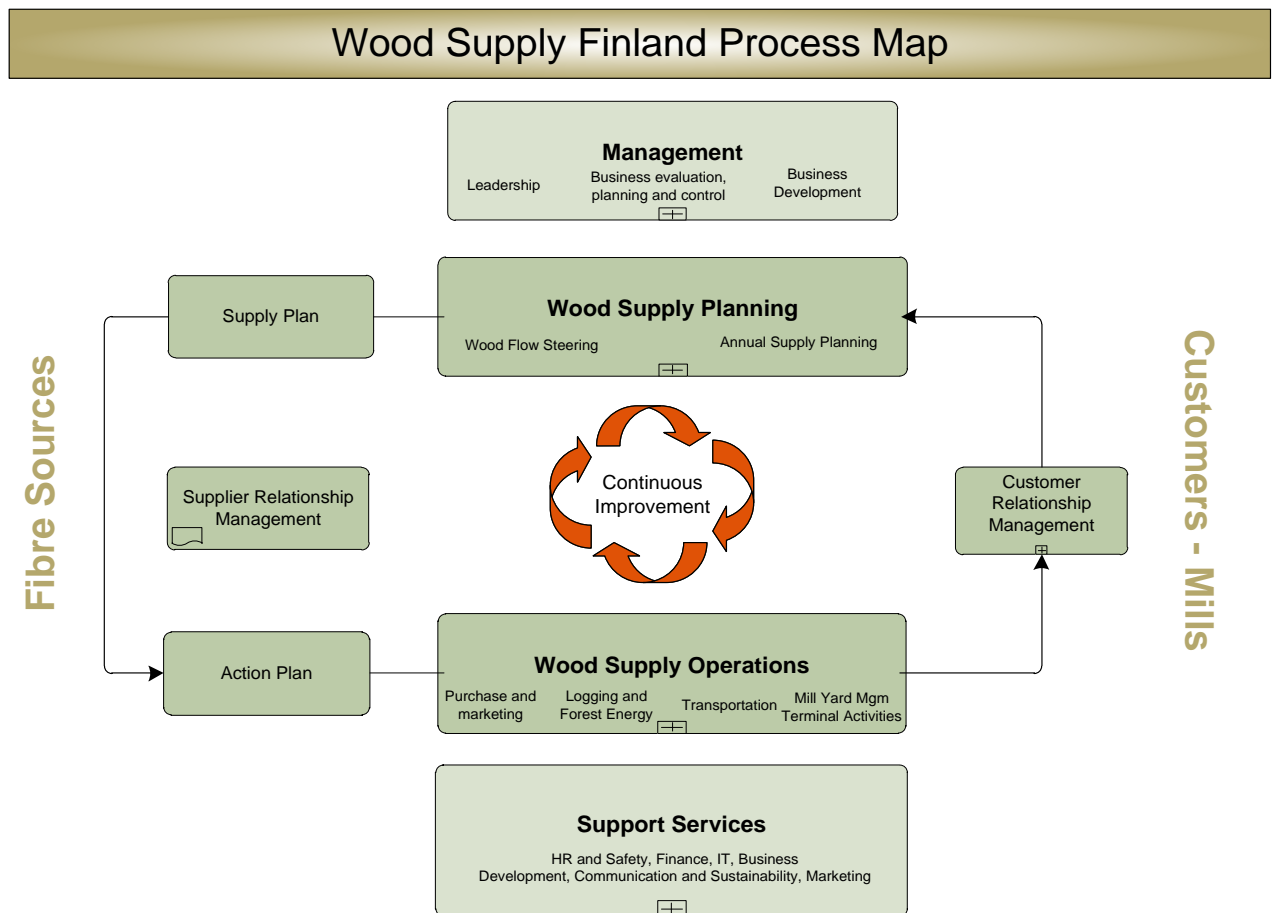
3. CASE: STORA ENSO METSÄ

Stora Enso Metsä (engl. WSF Wood Supply Finland) on osa Stora Enso Oyj konsernia ja se vastaa Stora Enson Suomen tehtaiden puupohjaisten raaka-aineiden hankinnasta. Maantieteellisesti Stora Enso Metsä on jakautunut kolmeen eri hankinta-alueeseen, jotka ovat Etelä-Suomi, Itä-Suomi ja Pohjois-Suomi. Kukin alue vastaa omasta puunhankinnasta ja – toimituksesta asiakkailleen. Muita Stora Enson puunhankintayksiköitä ovat Wood Supply Sweden ja Wood Supply Baltic. Kaikkien kolmen hankintayhtiön asiakkaita ovat Stora Enson -liiketoimintayksiköt, joita ovat Packaging (kuluttajapakkaukset ja pakkaamisen ratkaisut), Paper (aikakausilehtipaperit ja toimistokäyttö) Biomaterials (paperin, kartongin ja pehmopaperin tuotanto) ja Wood Products (rakennus- ja remointituotteet, lämmityspelletit).

Stora Enso Metsän tärkeimmät pääprosessit ovat puun hankinta ja markkinointi, hakkuu, metsäenergian hyödyntäminen, kuljetus, puunvastaanoton toiminnot terminaaleissa ja tehdasalueiden puun hallinta. Edellä mainitut prosessit huolehtivat raakapuun virran metsästä tehtaille ja sahoille. Hankinta- ja markkinointiprosessit ovat puun hankinta ja puun hankintapalvelut. Prosessi huolehtii hankinnan suunnittelusta (mukaan lukien hinta- ja määrälaskelmat) sekä puun hankinnan toteuttamisesta hankinta-alueilla, tiimeissä ja metsäpalvelupisteissä.

Hakkuu- ja metsäenergiaprosessit ovat vastuussa asiakastehtaille puun hankinnasta ja metsäenergiasta, sekä niiden kuljetuksesta tehtaille. Kaikki toiminnot pitäisi pystyä aikatauluttamaan siten, että asiakastehtaan tarpeet kyetään täyttämään mahdollisimman optimaalisesti ja toisaalta taas säilyttämään raakapuu mahdollisimman tuoreena (pyöreä puu) tai mahdollisimman kuivana (energiapuu) tehtaiden käyttöä varten. Kuljetusprosessi huolehtii raakapuun kuljetuksista hakkuilta tienvarsivarastoilta oikeille tehtaille. Kuljetukseen käytetään seuraavanlaisia tapoja: auto, juna sekä alus tai laiva tai niiden yhdistelmä. Tehdasalueen puumäärän hallinta ja terminaalien toiminnot kytkevät puun hankinnan prosessit näkymättömästi asiakkaan tehdasprosesseihin. Yhteistyötä tehdään tehtaan henkilöiden kanssa, sillä he ovat vastuussa puun käytöstä tehtaalla. Stora Enso Metsän -prosessit ovat vastuussa myös tehdaspuun vastaanotosta, sen mittauksesta, varastoisesta tehdasalueella ja puun toimittamisesta tehtaan tuotantoprosesseihin.

Kuvassa 11 näkyvät Stora Enso Metsän päätoiminnot: hankinta ja markkinointi; hakkuu ja energiapuu; kuljetus ja tehtaan puuvastaanotto sekä liitännäistoiminnot: johto; suunnittelu ja CRM.



Kuva 11. Stora Enso Metsän-liiketoimintaprosessikuvaus.

Tänä päivänä kun puun korjuu ja kuljetus ovat täysin ulkoistettu yrittäjille, niin ainoat käytettävät resurssit ovat tietojärjestelmät sekä henkilöstö ja sen ammattitaito. Mobiilisovellukset käyttävät samaa infrastruktuuria kuin Stora Enso Metsän sovelluksetkin olivat palvelimet sitten pilvessä tai niin sanotussa perinteisissä konesaliratkaisuissa.

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi mikä on ollut Stora Enso Metsän MEX-tietojärjestelmän tilanne ennen ja mikä se on nyt tällä hetkellä.

Olekar & Sreekumar (2013, s. 1128) toteavat, että pilvipalveluilla on kolme selkeää ominaispiirrettä miten ne eroavat perinteisistä konesalipalveluista:

- palvelua myydään ja sitä saa juuri silloin kun tarvitaan sekä maksetaan käytön mukaan
- palvelu on joustava – käyttäjä saa vain tarvitsemansa resurssit silloin kun tarvitaan
- ympäristö on täysin toimittajan hallitsema – loppukäyttäjä tarvitsee vain oman tietokoneen ja verkkoyhteyden

Tämän diplomityön kohdalla on kuitenkin todettava, että viimeinen kohta ei täysin vastaa tilannetta Stora Enso Metsän kohdalla, kun pilvipalvelumallin katsotaan olevan PaaS-malli. Siinä nimenomaan on hallintaa mahdollistettu asiakkaalle erittäin paljon. Muuten Olekarnin & Sreekumarin (2013, s. 1128) kolmas kohta viittaa enemmänkin SaaS-malliin, jossa loppukäyttäjälle jää vain sovellusten käyttö.

3.1 Perinteiset konesalipalvelut

Stora Enso Metsän infrastruktuuriratkaisu koostui muutamasta yksilöidystä VMwareen pohjautuvasta virtuaalialustasta, joilla oli jaettu resursseja useammille virtuaalipalvelimille sekä useasta fyysisestä palvelimesta, jotka palvelivat tiettyä sovellusta ja liiketoimintaprosessia. Koko infrastruktuuri oli eristetty omilla verkkosegmenteillään ja palomuuureilla kehitys- testi- ja tuotantoverkkoihin. Levyjärjestelmät olivat myös vain ja ainoastaan omassa käytössä.

Fyysisten palvelimien resurssien skaalautuminen oli erittäin hankala ja hidas prosessi ja varsinkin alaspäin lähes mahdotonta toteuttaa tai ainakin se olisi vaatinut aina vahvaa toimittajan panostusta. Ensin pyydettiin toimittajalta tarjous lisäresursseista, seuraavaksi hyväksyttiin lopullinen tarjous, toimittaja tilasi osat, osien saavuttua etsittiin yhdessä toimittajan ja asiakkaan kanssa sopiva katko aika sekä lopulta tehtiin asennus toimittajan toimesta. Kriittisten palvelimien kohdalla ajankohdaksi sopi vain ilta, yö tai viikonloppu. Lisäksi, kun usein vaadittiin testaus myös asiakkaan puolelta, niin resursseja jouduttiin varaamaan sekä toimittajan että asiakkaankin puolelta. Tämä tarkoitti käytännössä useita ylityötunteja ja samalla lisäkustannuksia. Koko edellä mainittuun lisäkapasiteetin lisäysprosessiin meni yhteensä useita päiviä. Suurin piirtein sama prosessi käytiin läpi ja

aika kului, mikäli joku palvelimen osa vioittui tai hajosi ja useinkaan ei varakonetta ollut saatavilla. Varaosat tuli vaihtamaan laitteen toimittaja ja siihenkin saatiin kulumaan useampi päivä. Ensin konesalitoimittaja havaitsi vian tai ongelman, joka saattoi olla esimerkiksi viallinen muistikortti, mutta vika ei välttämättä pysäyttänyt koko palvelimen toimintaa. Vika ilmoitettiin asiakkaalle, yhdessä etsittiin sopiva huoltoikkuna riippuen palvelimen kriittisyydestä ja sovittiin vaihtoaika. Mikäli kone oli todella kriittinen liiketoiminnan kannalta, niin sillä oli varakone vieressä tai palvelin oli klusteroitu eli kahdennettu, jolloin toisen rikkoutuessa toinen otti toisenkin kuorman hoitaakseen. Uusia fyysisiä palvelimia ei enää viime vuosina juurikaan tilattu ja asennettu vaan kaikki uudet palvelimet pyrittiin tekemään virtuaalisina. Aikaisemmin fyysisten palvelimien virtualisointi suuressa mittakaavassa kaatui siihen, että sovellustoimittaja ei sitä tukenut, sille ei ollut oikeaa lisensointimallia tai sen suorituskyvyn ei uskottu riittävän. Virtuaaliympäristössä eivät laiteviat ole niin suuri riski kunhan kapasiteetti on suunniteltu niin, että siirrot alustalta toiselle ovat mahdollisia. Sama pätee pilvipalveluissakin.

Vastaavasti uuden virtuaalipalvelimen tilaus tehtiin tilaamalla palvelin halutulla kokoonpanolla toimittajalta. Ensin tarkastettiin resurssien ja suorituskyvyn riittävyys, joka varsinkin isojen palvelimien kohdalla oli ensiarvoisen tärkeää. Tarkastusten ja hyväksynnän jälkeen etsittiin toimittajalta osaavat resurssit tekemään varsinainen työ, joka piti sisällään itse palvelimen asennuksen ja liittämisen oikeaan verkkosegmenttiin, käyttöjärjestelmän, valvontatyökalujen, raportointityökalujen ja virustorjuntaohjelman asennukset, käyttöoikeuksien antamisen ja mahdollisesti piti vielä tehdä palomureihin verkkoavauksia. Viimeisenä vaiheena oli vielä VPN (Virtual Private Network) yhteyksien tilaaminen ja käyttöoikeuksien antaminen sovellustoimittajan asiantuntijoille.

Virtuaalipalvelimen osalta resurssien muutokset suuntaan tai toiseen on huomattavasti nopeampi prosessi. Ensin toimittajalle tehdään ehdotus tarvittavista resursseista, toimittaja tarkastaa kapasiteetin riittävyyden ja jos sitä riittää niin etsitään yhdessä katko aika resurssien muuttamiselle. Usein katkoksi riittää vain muutamia minuutteja tai joitakin kymmeniä minuutteja. Etuna lyhyestä katkosta on, että muutos voidaan tehdä usein päivälläkin ja näin toiminnallisuus voidaan testata myös heti kun resurssit ovat toimistoaikana paikalla. Muita muutettavia palvelukomponentteja olivat SLA -tason muuttaminen ja se tapahtui käytännössä helposti suuntaan tai toiseen. Toteutus tapahtui heti ja uuden tason

käytettävyysvaatimukset ja palveluajat astuivat heti voimaan. Vaikutus laskutukseen toteutui kuitenkin noin kuukauden viiveellä, jolloin tasoa alentamalla hyötyi toimittaja ja korottamalla asiakas.

Molemmissa tapauksissa (fyysinen ja virtuaali) yhteisiä kuukausitasolla laskutettavia hintakomponentteja ovat palvelimen valvonta, hallinta, levytila, varmuuskopiot, virustorjunta, käyttöjärjestelmätason turvapäivitykset, tietokantojen valvonta tietokantapalvelimilla ja investointi- ja/tai vuokratulot. Erona taas on fyysisistä palvelimista perittävä tilakulu konesalipaikasta. Lisäksi palvelimille piti hankkia laitetoimittajalta huoltosopimus varaosien vaihtoa varten laitteen takuuajan umpeutumisen jälkeen. Laskutus sitten taas tehtiin kuukauden viiveellä molemmissa malleissa resurssien käytön suhteen. Eipä resursseja juuri koskaan vähennetty vaan niitä tilattiin usein vaan lisää.

3.2 Pilvipalvelut

Pilven käyttöönottomalli on yksityinen pilvi sillä kaikki palvelimet ovat vain ja ainoastaan Stora Enson yksiköille kohdistetussa laite- ja verkkoympäristössä. Palomuuereilla verkkosegmentit on erotettu muiden asiakkaiden verkoista toimittajan konesalin sisällä. Pilvipalvelumallina on PaaS-malli, joka Winklerin (2011) jaottelun mukaan pitää sisällään kaiken tarvittavan käyttöjärjestelmätasoon asti.

Palvelimet asennetaan lähes kokonaan asiakkaan toimesta. Asennus tapahtuu ottamalla Internet-selaimella yhteys ja kaksinkertaisella kirjautumisella toimittajan asennusportaaliin. Web -käyttöliittymästä poimitaan valikosta ensin haluttu käyttöjärjestelmäpohja, annetaan palvelimelle nimi, valitaan SLA-taso, tarvittava määrä prosessoreita, muistia ja levyä, valitaan haluttu verkkosegmentti, annetaan pääkäyttäjän salasana ja painetaan asennuspainiketta. Edellä mainittujen vaiheiden ja tietojen syöttämiseen menee noin 10 min ja sen jälkeen uusi palvelin on asentumassa. Valmiiksi palvelin tulee noin 2-3 tunnissa riippuen resurssien määrästä ja pilvipalvelualustan kuormituksesta. Stora Enso Metsän käyttämässä pilvipalvelussa voi palvelimelle antaa tietyn maksimimäärän prosessoreita ja muistia, joten ”liian” isoa palvelinta ei voi asentaa, ettei alustan kapasiteetti yllättäen lopu kesken. Automatisoidun asennuksen yhteydessä palvelimeen asennetaan käyttöjärjestelmän lisäksi SLA -tason vaatimat valvonta-, raportointi- ja hallintatyökalut. Toimittajan vastuulle jää

käyttöoikeuksien antaminen tarvittaville käyttäjille ja/tai käyttäjäryhmille sekä mahdollisten verkkoavauksien tekeminen. Tarvittavien yhteyksien avaamisen ja käyttöoikeuksien antamisen jälkeen palvelin on valmiina sovellusasennusta varten.

Palvelimeen tehtävät muutokset kohdistuvat samoihin komponentteihin kuin niitä valittaessa asennusvaiheessa. SLA -tasosta voi valita toimistoajan tai 24/7-palvelun ja yhden tai kahden konesalin ratkaisun, jolloin palvelimen alustaratkaisu on käytettävyy- ja turvallisuussyistä kahdennettu useampaan konesaliin. Käytettävyyksivaatimus muuttuu samassa suhteessa SLA -tason noston kanssa. Mitä kriittisempi palvelin sitä korkeampi on myöskin SLA -taso. Muistin ja prosessoreiden määrää voi muuttaa kumpaan suuntaan tahansa. Levytilaa voi lisätä tai poistaa levyosioita. Käyttöliittymä näyttää jokaiselle valittavalle kohteelle (SLA, muisti, levytila ja CPU) yksikköhinnan ja käyttäjän on siten helppo nähdä muutokset kokoonpanoon ja vaikutukset kokonaishintaan. Samoin kuin perinteisissäkin mallissa myös pilvipalveluissa sopiva katkoaika muutoksille etsitään yhdessä toimittajan ja asiakkaan kanssa.

Järjestelmävaatimuksiltaan pilvipalvelut tarvitsevat vähintään kaksinkertaisen määrän tallennuskapasiteettia säilyttääkseen asiakkaidensa tietoja. Syynä siihen on se, että kaikki tietotekniikkaan liittyvät laitteet saattavat joskus hajota tai vikaantua ja siksi niistä tarvitaan useita kopioita (Olekar & Sreekumar, 2013, ss. 1128-1129).

Todettakoon vielä, että virtuaalipalvelimen käyttö sovelluksen kannalta ei eroa mitenkään niin sanotulla perinteisellä tavalla toteutetulla tai pilvipalvelussa ajettavalla palvelimella.

Pilvipalveluista Heena & Naghma (2013, s. 310) listaavat seuraavia hyötyjä:

- Kustannussäästöt
 - Yritykset voivat vähentää investointejaan ja käyttää toiminnalliset menot palvelimien kapasiteetin lisäykseen joka on suhteellisen pieni markkinoille pääsyn este ja vaatii myös vähemmän omia IT-resursseja järjestelmän tukena.
- Skaalautuvuus/joustavuus
 - Yritykset voivat aloittaa muutaman palvelimen käyttöönotolla ja kasvattaa määrää melko nopeastikin ja sitten skaalata takaisin tarvittaessa. Pilvipalveluiden joustavuuden ansiosta yritykset voivat käyttää ruuhka-

aikoina ylimääräisiä resursseja, jotta ne voivat vastata kuluttajien vaatimuksiin.

- Ylläpito
 - Pilvipalvelun tarjoajat ylläpitävät järjestelmää ja pääsy palveluun tapahtuu API-rajapinnan kautta, joten se ei edellytä sovellusten asentamista omiin työasemiin, mikä edelleen vähentää paikallista huoltotarvetta.
- Mobiilikäyttö
 - Mobiilikäyttäjille pilvipalvelut lisäävät käytettävyyttä ja tuottavuutta, kun palveluun pääsee kiinni mistä tahansa.

Marston ym. (2011, ss. 2-3) jatkavat ja tarkentavat listaa sovelluksilla ja palveluilla, joita ei ennen pilvipalveluja ole voitu toteuttaa:

- Mobiilikäyttö mahdollistaa paikka -ja ympäristötietoihin perustuvien sovellusten käytön
- Rinnakkaisessa eräajossa käyttäjät voivat analysoida valtavia tietomääriä lyhyessä ajassa
- Tietokoneen valtavilla resursseilla voidaan analysoida liiketoimintaa erityyppisistä tietomääristä, kuten asiakkaiden ostotottumuksia tai toimitusketjujen toimintaa
- Työpöytäsovelluksilla voidaan laajan tiedon käsittely suorittaa pilvessä ja näyttää vain tulokset loppukäyttäjälle käyttöliittymän kautta

Olekar & Sreekumar (2013, ss. 1130-1131) puolestaan näkevät pilvipalvelusta saatavan seuraavia etuja, joista hyötyvät sekä yritykset että loppukäyttäjät.

- **Käytön skaalautuvuus:** Pilvipalveluiden kyky skaalata käyttöä ylös- tai alaspäin tarpeen mukaan, mikäli toimittajan ympäristö siihen soveltuu ja taipuu. Järjestelmään voidaan asettaa kynnsarvoja ilmoittamaan milloin tarvitaan lisäkapasiteettia kuorman tasaukseen. Näin taataan sovelluksille tehokas ja suorituskykyinen ympäristö.
- **Kustannustehokkuus:** Perinteiset työpöytäohjelmistot maksavat yrityksille paljon mukaan lukien niihin liittyvät lisenssikustannukset, varsinkin jos käyttäjiä on paljon. Pilvestä vastaavat palvelut ja tuotteet ovat usein halvempia ja mahdollistavat ”käytä

ja maksa- mallin” hyödyntämisen ja sitä kautta tehokkaamman kustannusten optimoinnin.

- **Varmuuskopio ja niiden palautus:** Tämä on yksi suurimmista eduista pilvipalveluissa koska on helpompaa tallentaa tieto pilveen, kuin johonkin fyysiselle laitteelle. Lisäksi pilvipalveluntarjoajilla pitää olla myös osaamista tiedon palauttamiselle tarvittaessa.

Samat edellä mainitut hyödyt tulevat kyseeseen myös Stora Enso Metsän tapauksessa. Kustannussäästöjä syntyy jaetun infrastruktuurin avulla kun samaa fyysistä tietokonekapasiteettia on jakamassa yksi tai useampi Stora Enso konsernin osasto tai yksikkö. Stora Enso Metsän tapauksessa skaalautuvuudella tarkoitetaan joidenkin palvelinresurssien muutosta ylöspäin tai alaspäin sen mukaan, mikä on niiden käyttöaste. Se puolestaan vaatii asiakkaan IT-osastolta ja pilvipalveluiden ylläpitäjältä tarkkaa ja ajankohtaista osaamista liiketoiminnasta ja sitä tukevista sovelluksista. Hyvinä esimerkkeinä toimivat puunhankintaan ja kuljetukseen liittyvät suunnittelu- ja erilaiset malliajot, joita tehdään vain tiettyinä päivinä kuukaudessa tai viikossa. Joustavuutta saadaan sillä, että Stora Enso Metsän oma tietohallinnon henkilöstö voi tehdä vaadittavat muutokset. Laskutusmalli perustuu yhden kuukauden aikana käytettyyn kapasiteettiin eli ns. käytä ja maksa-malliin.

Ohjelmistotoimittajat käyttävät monenlaisia hinnoittelutekniikoita. Tyypillinen esimerkki on maksaa kerralla rajaton käyttö. Tämä lähestymistapa on jäykkä, eikä se huomioi muita tekijöitä, jotka vaikuttavat hinnoitteluun, kuten resurssien ikä ja hinnan oikeudenmukaisuus. Useat suuret toimijat kuten Google ja Amazon käyttävät mallia, jossa laskutetaan käytön mukaan eli ns. käytä- ja maksa -mallia. Resurssien käytön mukaisessa mallissa asiakasta veloitetaan käytetyn levytilan tai verkkokapasiteetin koon mukaan. Tilaaminen on toinen hinnoittelutekniikka, jossa asiakas tilaa tietyltä palveluntarjoajalta kiinteään yksikköhintaan palveluja pitkäksi aikaa. Edellisten lisäksi tarjoajan ja asiakkaan välinen SLA -sopimus on olennainen osa pilvipalveluita. Lopullisessa sopimuksessa vahvistetaan osapuolien näkemykset QoS:sta, (Quality of Service) hinnoittelusta ja vakuuksista (Al-Roomi ym., 2013, s. 94).

Gorelik (2013, s. 9) kirjoittaa, että yrityksissä käytettävistä tietojärjestelmistä aiheutuu huomattavaa vastuuta liiketoiminnalle ja juoksevia kustannuksia. Vaikka jotkut väittävät,

että infrastruktuurin käyttö organisaation sisällä on turvallisempaa ja halvempaa, niin se ei kuitenkaan välttämättä pidä paikkaansa. Riippuen yrityksen IT –budjetista ja työntekijöiden osaamisesta niin voisi olla kannattavaa käyttää infrastruktuuria julkisesta pilvestä. Julkisen pilven tarjoajat voisivat tarjota järkevän SLA -sopimuksen ja huolehtia näin palvelun luotettavuudesta.

Tässäkin työssä käytetyn kirjallisen materiaalin ja kirjoittajan omakohtaisen kokemuksen perusteella ei ole kovinkaan yksinkertaista siirtää yksityisen pilven puolelta sovelluksia ja niiden käyttöä julkiseen pilveen. Toki siihen vaikuttaa seikat, jotka Golarik (2009) työssään mainitsee, mutta asiaan vaikuttavat myös monet muut seikat. Niitä voidaan todeta olevan useita, joista muutama alla mainittu:

- tiedon eheys
- turvallisuusseikat
- teknologiset haasteet
- luotettavuus
- suorituskyky

Golarik (2013, ss. 8-9) jatkaa todeten, että mahdollisuus laskentakapasiteetin lisäykselle tai vähentämiselle tarvittaessa on erittäin tärkeä ominaisuus. Esimerkkinä hän mainitsee yrityksen, joka tarjoaa apua veroilmoitusten syöttämisessä. Luultavimmin järjestelmää käytetään vain veroilmoitusten virallisena täyttöaikana eli vain kaksi tai kolme kuukautta vuodessa. Taloudellisesti ei ole järkevää investoida järjestelmään, jonka käyttö tiedetään rajoittuvan muutamaan kuukauteen ja lopun vuotta se käy lähes tyhjäkäynnillä.

3.3 Lisensointi ennen ja nyt

Lisenssimalleilla on myös tärkeä rooli tarjottaessa infrastruktuuri- ja alustatason palveluja. IaaS-palvelun tarjoajat eivät kärsi ohjelmistojen lisensointiasioista vuokratessaan virtuaalipalvelimia ilman käyttöjärjestelmiä. Se voi kuitenkin aiheuttaa mahdollisia laskutusongelmia, kun käyttöjärjestelmät ja ohjelmistot on asennettu palvelimiin, joita käytetään vain tietyn rajoitetun ajan. Usein joudutaan maksamaan lisämaksuja ohjelmiston käytöstä. Jotkut alustat vain käyttävät omia ohjelmistojaan, kuten Microsoft Azure.

Ohjelmistojen lisensointi on yrityksissä tunnistettu esteeksi pilvipalveluiden toteutuksissa (Höfer & Karagiannis, 2011, s. 85).

Lisenssien hallinta ja hankinta on Stora Enso Metsän tapauksessa melko monimutkainen prosessi ja varsinkin siirtymävaiheessa kun vanhasta metsäjärjestelmästä siirrytään uuteen ja lisäksi vielä molempia pitää käyttää rinnakkain 2-3 vuotta. Pääsääntöisesti haasteet syntyvät Microsoftin lisensseistä koska uusi metsäjärjestelmä perustuu lähes täysin Microsoftin tuotteisiin ja lisensseihin. Nykyjärjestelmässä on käytössä pääosin omistuslisenssit, jotka ovat olleet Stora Enson Metsän omistuksessa vuodesta 2010 lähtien, jolloin edellisen kerran järjestelmän muutettiin infrastruktuuria uusimalla. Pilvipalvelumallissa toimittajat tarjoavat lähes aina vakiona ainakin Windowsin (Microsoftin kehittämä Windows käyttöjärjestelmä) lisenssin ja muut lisenssit vaihtelevalla mallilla riippuen toimittajasta. Nykyisen infrastruktuuritoimittajan pilvipalvelussa käyttöjärjestelmälisenssit tulevat palvelun mukana, eikä niitä ole palvelussa erikseen hinnoiteltu, joten asiakkaan on täysin mahdotonta selvittää sille yksikköhintaa ja kokonaishintavertailussa sille tuskin on tarvettakaan. Stora Enso Metsän kannalta voidaan jatkossa jättää käyttöjärjestelmälisenssien ylläpito maksamatta ja säästää kustannuksissa, kun toimittaja ottaa vastuun tuesta ja versioiden päivittämisestä. Tietokantalisenssit SQL (Structured Query Language), Biztalk (Microsoftin kehittämä sanomavälitysohjelmisto) ja CRM lisenssit asiakkaan täytyy itse hankkia. Toisaalta Armbrust ym. (2013, s. 2) toteaa, että sovelluslisenssien hinnoittelun pitäisi perustua todelliseen käyttöön ja hinnoittelun tulee olla skaalautuva sekä ylös että alaspäin. Sitä se ei ole käytännössä vielä kukaan suurimmalla osalla toimittajista. Lisäksi muutaman suuren ohjelmistotoimittajan haasteelliset lisensointimallit aiheuttavat lisätyötä ja lisäkustannuksia jopa infrastruktuuriin.

Sovelluksien lisensointi vaatii sekä skaalautuvuutta alaspäin kuin myös ylöspäin, joka toisaalta on ihan uusi vaatimus pilvipalveluissa. Samaan aikaan kyseinen lisensointimalli vaatii sitä, että asiakas maksaa vain siitä mitä hän oikeasti käyttää (Armbrust, 2009, s. 2).

Ambrust (2009, s. 19) jatkaa, että kyseinen lisensointimalli rajoittaa yleisesti palvelimien mallia, joissa ohjelmistoja voidaan yleensäkin käyttää. Käyttäjät maksavat itse ohjelmista ja sen jälkeen vuosittaista ylläpitomaksua. SAP (Saksalainen toiminnanohjausjärjestelmien toimittaja) ja Oracle esimerkiksi käyttävät vähintään 22 %:n osuutta hankintahinnasta

ylläpitomaksuun. Useat pilvipalveluntarjoajat luottavat avoimen lähdekoodin ohjelmistoihin osittain siksi, että lisensointimalli kaupallisille ohjelmistoille ei ole edullinen asia hyötyohjelmille. Ensisijainen mahdollisuus on joko luottaa avoimen lähdekoodin pysymiseen suosittuna tai yksinkertaisesti kaupallisten ohjelmistoyrityksien pitää muuttaa lisenssirakennettaan paremmin pilvipalveluihin sopivaksi. Siksi ohjelmistoyritysten myyntihenkilöstöä pitäisi kannustaa myymään tuotteitaan pilvipalveluyrityksille.

Moni pilvipalveluiden valvontaan tarkoitettu ohjelmisto on open-source -pohjaista kuten myös pienemmät pilvilaskentapalvelut, koska pieniltä toimijoilta puuttuu usein valta ja vaikutusvalta tuottaa omia ohjelmistoja markkinoille. Lisenssityypeillä on myös tärkeä rooli tarjottaessa infrastruktuuri- ja alustatason palveluja. IaaS-tarjoajat eivät kärsi ohjelmistojen lisenssiongelmissa, koska ne tarjoavat virtuaalikoneita ilman käyttöjärjestelmää. Kuitenkin, kun mukaan otetaan käyttöjärjestelmät ja itse ohjelmat, niin se voi aiheuttaa mahdollisia ongelmia siinä, miten asiakasta pitäisi laskuttaa tietyltä määrättyltä ajanjaksolta. Usein sitten joudutaan ohjelmien käytöstä maksamaan lisää (Sharmal ym., 2014, s. 5).

4. TULOKSET

Työn tulokset pohjautuvat pitkälti kirjoittajan omaan pitkään kokemukseen perinteisistä konesalipalveluista ja viime aikoina myös pilvipalveluista sekä löydettyyn kirjalliseen materiaaliin, jota todellakin on erittäin runsaasti saatavilla. Materiaalin suuri määrä aiheutti jopa haasteita rajata työ pilvipalveluiden yleisiin osiin eli tässä tapauksessa potentiaalisin kustannussäästöihin sekä pilvipalveluiden joustavaan käyttöönnottoon ja niiden hallintaan. Tulokset esitetään yleisellä tasolla ilman tarkkoja lukuja, jotta työtä ei tarvitse case-yrityksen puolesta julistaa määritellyksi ajaksi salaiseksi.

4.1 Työn keskeiset tulokset

Ensimmäinen merkittävä hyöty pilvipalveluista saadaan kustannussäästöinä. Ne syntyvät useasta eri palvelukomponentista, niiden pienemmästä yksikköhinnasta tai palveluita on voitu yhdistää tai jopa poistaakin kokonaan. Ensimmäinen kohde on palvelimen asennukseen ja resurssimuutoksiin tehtävä työ sekä siihen kuluva aika. Se on saatu vähenemään useista päivistä muutamaan tuntiin. Samoin muutokset tapahtuvat muutamassa minuutissa. Toinen kustannuksiin vaikuttava toiminto on pitää palvelimia käynnissä vain silloin, kun niitä tarvitaan. Kolmas asia ovat pienentyneet yksikkökustannukset tietyissä palveluissa, kuten levytilakustannuksissa. Kustannukset, joihin asiakas voi myös suoraan itse vaikuttaa, ovat SLA -tason muutokset parempaan tai huonompaan tasoon päin, muistin, prosessoreiden sekä levytilan lisääminen tai vähentäminen. Lisäksi kustannuksia pienentävät poistuneet laitteiston vuokra- ja/tai ylläpitokustannukset, jotka toimittaja maksaa. Neljäs ovat käyttöjärjestelmälisenssien investointi- ja ylläpitokustannukset, jotka pilvipalveluissa kuuluvat palvelun hintaan. Viides ja suurin muutos on ”käytä ja maksa” -mallin käyttöönotto. Siinä siis vain maksetaan niistä resursseista, jotka kulloinkin ovat käytössä. Stora Enso Metsän tapauksessa kokonaiskustannukset ovat laskeneet kuukausitasolla noin 12 %, johon on laskettu palvelujen yksikkökustannukset ja niissä tapahtuneet muutokset sekä arvioitu työajan säästö.

Huomattaviin etuihin luetaan myös pilvipalveluiden joustavuus. Kustannussäästöt seuraavat usein ketterämmistä ja joustavammista palveluista ylläpidon ja hallinnan näkökulmasta. Palveluja voidaan skaalata määrää muuttamalla nopeasti ja tehdä lähes mistä päin maailmaa

tahansa mistä löytyy toimiva internet-yhteys. Muutoksien jälkeinen sovellustestaaminen on nopeampaa tarkemman katkosuunnittelun ansiosta. Projektit etenevät aikataulussa palvelujen nopeamman käyttöönoton takia. Palvelimen käynnistys ja sammutus voidaan tehdä itse ja kun se asiakkaalle itselle sopii.

Hogan ym. (2011, s. 56) toteaa, että pilvipalvelut voidaan toteuttaa nopeasti, ottaa sovellusten käyttöön ja saavuttaa niillä kustannussäästöjä. Vaikka pilviteknologia haastaa monet perinteiset tietokonekeskusten lähestymistavat ja yritysten suunnittelu- ja hallintaohjelmistot, vaatimukset yhteen toimivuudelle, siirrettävyydelle ja turvallisuudelle ovat kuitenkin kriittisiä onnistuneen käyttöönoton toteuttamiseksi.

4.2 Tulosten arviointi

Perinteisissä konesalipalveluissa uusien palvelimien tilaus ja käyttöönotto ovat olleet hitaita, kankeita ja kalliita prosesseja. Lisäksi asiakasta ei juurikaan päästetty itse tekemään muutoksia infra-palveluihin, koska sopimuksissa vastuu käytettävyydestä oli täysin toimittajan puolella. Pilvipalvelut ovat tuoneet siis joustavuutta tälle osa-alueelle.

Laskutusmalli perinteisessä site -hostingissa on pääosin kuukausilaskutus, jonka muuttaminen vaatii hyvissä ajoin tehdyn palvelumuutospyynnön ja laskutus seuraa noin kuukauden viiveellä. Tämä tarkoittaa resurssitarpeiden pienentyessä lisäkustannuksia asiakkaalle koska ylimääräiset resurssit ja palvelut ovat edelleen laskulla mukana. Pilvipalveluissa laskutus voi olla päiväkohtaista tai jopa tuntikäyttöperusteista, jolloin todellisuudessa maksetaan vain sen mukaan miten resursseja käytetään. Sen todentaminen laskulta voi toisaalta olla haasteellista mikäli jokainen laskutettava resurssi ja sen mahdollinen muutos, ovat omilla riveillään. Sen vuoksi laskutusmalli, eikä pelkästään hinnoittelu, on käytävä toimittajan kanssa tarkkaan läpi ennen palvelujen käyttöönottoa. Myös resurssien muutosten vaikutus laskutukseen tapahtuu heti, jolloin muutosajankohdasta eteenpäin palvelulla on uusi hinta.

On-site -mallissa käyttöjärjestelmälisenssit on asiakas hankkinut itse suoraan niitä myyvilta toimittajilta tai yhteistyökumppaneilta. Pilvipalveluissa käyttöjärjestelmälisenssit taas ovat yksi osa palvelua, jonka kustannusvaikutus tosin harvoin kokonaisuudessa selviää

asiakkaalle. Toisaalta lisenssisopimukset ja niiden ehdot ovat usein monimutkaisia ja muuttuvat usein, joten palveluntarjoajalla on usein niistä enemmän osaamista kuin asiakkaalla. Lisäksi palveluntarjoajalla voi olla useita asiakkaita, jolloin volyyymihyödyn takia se voi tarjota lisenssejä asiakkaan omaa sopimusta edullisemmin.

Vaikka Goralik (2013, s. 35) toteaa, että ”käytä ja maksa -hinnoittelu” sopii pienille ja start-up -yrityksille ja etukäteen maksettu palvelumaksu isoille yrityksille, jotka pystyvät ennakoimaan resurssiensa tarvetta, niin siitä on kirjoittaja eri mieltä. Kyllä isoillakin yrityksillä ja yksiköillä on tarve optimoida palvelimien käyttöä ja yrittää saada kustannussäästöjä.

Vaikka kustannussäästöissä esitetäänkin saavutettavan pilvipalveluiden suurimmat hyödyt (Caroll ym., 2011), niin silti pitää aina pitää muistaa mihin verrataan. Tuloksissa ei kuitenkaan ollut vertailukohtaa mainittu. Varmasti on myös eroja toimittajien kustannusrakenteissakin, kuten tässäkin työssä on osoitettu. Ja vaikka kustannusrakennekin olisi samanlainen voivat yksikköhinnat olla silti samoille palveluille erilaiset eri toimittajilla. Haasteelliseksi asian tekeekin se, miten verrata eri toimittajien palvelujen eroja, jos ja kun niiden hinnoittelumallit ovat tyystin erilaiset. Samaa tilannetta voisi etsiä käytännön elämästä omakotitalopakettia hankittaessa. Vertailemisen haasteeksi tulee se, mitä osia kuuluu mihinkin pakettiin, miten ne eroavat toisistaan, vai eroavatko ollenkaan ja niillä vain on eri nimi. Lisäksi on huomioitava, miten työn osuus osataan ottaa huomioon, kun tilataan eri valmiusasteella olevia paketteja. Pilvipalveluiden SaaS -malli olisi kai sama, kun tilaat talopakettin avaimet käteen -toimituksella ja muuttaminen uuteen taloon olisi kuin valmiin sovelluksen käyttöönotto. PaaS-malli voisi olla runkovaiheeseen tai vesikattoon asti tehty talo ja IaaS:ssa olisi vain perustukset tehty.

Stora Enso Metsän tapauksessa on ollut sama toimittaja siirryttäessä perinteisistä konesalipalveluista pilvipalveluihin. Tällöin voidaan suoraan laskea kustannusvaikutus kahden eri palvelun välillä. Vertailukin on ollut suhteellisen helppoa koska tarjotut palvelut ovat olleet hyvin pitkälti samoja kuin perinteisessä mallissakin. Mikä on sitten ollut toimittajan ansaintamalli ja -logiikka, niin siihen en ota kantaa tässä työssä. Yksi suuri tekijä lienevät suuret määrät. Pilvipalvelutoimittajat voivat kilpailla hinnalla, kunhan niillä on riittävän isot volyymit niin laitteissa kuin lisensseissäkin sekä kattavat

kumppanuussopimukset laite- ja ohjelmistotoimittajien kanssa. Positiivisena asiana kirjoittaja näkee asian kuitenkin Stora Enso Metsän kannalta, että tavoitteisiin on päästy kustannussäästöjen toteutumisessa. Näin voidaan myös todeta tämän työn kannalta, että pilvipalveluilla saavutetaan kustannussäästöjä ja joustavuutta Stora Enso Metsän tietojärjestelmien pyörittämisessä niin vanhassa MEX -järjestelmässä, kuin myös tulevassa uudessa järjestelmässä.

Nykyisellä pilvipalvelutoimittajalla voidaan kustannusten säästämiseksi toteuttaa itsepalveluna palvelimien sammutusta ja käynnistämistä. Stora Enso Metsällä on paljon suunnitteluun liittyviä eräajoja, jotka ajetaan vain joitakin kertoja vuodessa, kuten tehtaiden puuntarve tai muutaman kerran kuussa kuten kuljetusten malliajot ja talouden raportointi kerran kuussa tai muutaman kerran viikossa ajettava korjuun suunnitteluajo. Tällöin voidaan palvelimet käynnistää ja käyttää niitä vain silloin, kun niitä oikeasti tarvitaan.

Pilvipalveluilla voidaan selkeästi nopeuttaa projekteja ja kohdentaa käyttökatkot tarkemmin kun siihen ei välttämättä tarvita toimittajan työtä lainkaan. Miten paljon kustannuksia on piilotettu ja jaettu eri tavalla niin sitä on asiakkaan täysin mahdotonta tietää. Kokonaissummaa tarkasteltaessa vasta koko totuus paljastuu.

4.3 Jatkotoimenpiteet ja suositukset

Goralik (2013, s. 33) toteaa, että esimerkiksi Amazonin hinnoittelumalli on kuvattu seuraavassa:

- Tallennetun tiedon kokonaismäärä
- Pilveen siirretyn tiedon määrä
- Pilvestä haetun tiedon määrä
- Nimettyjen http (Hypertext Transfer Protocol) kyselyjen määrä

Tässä työssä on käsitelty vasta Stora Enso Metsän nykyisen toimittajan perinteisen ja pilvipalvelujen kustannuksien, hinnoittelumallin, hallintamallien, lisensoinnin eroja ja hyötyjä. Edellä mainitun Goralikin (2013, s. 33) listauksen perusteella sama pitäisi tehdä

muiden toimittajien samoja palveluja ja hintoja vertaamalla. Lisäksi tarkasteluun pitäisi ottaa SLA, turvallisuusasiat ja suorituskyky. Niitä on vain joissakin kohtaa sivuttu, ettei työn koko laajenisi liikaa.

Toinen tutkimisen arvoinen asia on mobiilikäyttö Stora Enso Metsän sovelluksille. Olisi mielenkiintoista tutkia, miten mahdollisesti julkiset pilvipalvelut voisivat helpottaa esimerkiksi käyttöönottoa ilman suuria investointeja ja turvallisuusriskiä.

Joissakin pilvipalveluissa sammutus ja käynnistys voidaan tehdä ajastetusti, mutta nykyisellä toimittajalla onnistuu vain ajastettu sammutus. Sen pitäisi kuitenkin olla yksi peruspalveluista ja sitä voisi vaatia kehityskohteeksi asiakkaan näkökulmasta.

5. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuten työn alussa jo todettiin, ovat pilvipalvelut yksi tietotekniikka-alan suurista trendeistä ja palveluiden tarjonta runsasta. Kilpailu on siis kovaa, mutta hinta ei ole ainoa kriteeri. Muita arvioitavia seikkoja ovat joustava käyttöönotto ja palvelujen joustava hallinta. Lisäksi tulee miettiä, minkälaisessa käytössä infrastruktuuri ja palvelimet ovat nyt ja jatkossa. Siihen tarvitaan liiketoiminnan tarkkaa osaamista ja varsinkin siinä tapahtuvia muutoksia. Ne puolestaan vaikuttavat millä sovelluksilla, miten ja milloin liiketoimintaa käytetään. Siitä päästään sitten palvelimiin, joissa sovellukset pyörivät sekä tietoliikenneverkkoihin, jotka kytkvät palvelimet ja käyttäjät toisiinsa. Palvelimien optimaalisella käytöllä voidaan säästää kustannuksissa, joiden määrä riippuu puolestaan pilvipalveluiden hinnoittelusta. Mikäli maksetaan palvelimen päällä olost ja käytetyistä resursseista, niin silloin säännöllinen sammuttaminen määrääjoiksi voi olla hyvä asia. Jos taas maksetaan siirretystä datamäärästä ja sovelluksien välillä ei siirretä suuria tietomääriä, niin toinen malli voi sopia paremmin. Lopulta kokonaisuus ratkaisee, mikäli tarvittavia palveluja on runsaasti ja niiden hinnoissa on suuria eroja palvelun toimittajien välillä.

Jatkotutkimuksena voisi tehdä vertailua pilvipalvelutoimittajien välillä siitä, ketkä tarjoavat palveluitaan avoimeen lähdekoodiin perustuvasta infrastruktuurista. Voitaisiin esimerkiksi selvittää, että ovatko esimerkiksi Xen -arkkitehtuurin ratkaisut hinnaltaan edullisempia, kun ei tarvitse hankkia kalliita lisenssejä. Lisäksi voitaisiin tutkia, että riittääkö niiden suorituskyky, skaalautuvuus ja turvallisuus. Nämä kaikki edellä mainitut ovat tärkeitä asioita, jotka tulee selvittää jatkotutkimuksissa.

Pilvipalveluista on tarjolla satoja erilaisia ”palveluita” ja niiden hinnoittelumallit vaihtelevat merkittävästi. Niiden arvioiminen on haasteellista, luo epävarmuutta ja voi jopa estää niiden hyödyntämistä. Hankala tilanne on yrityksissä, joissa ei ole omaa teknistä henkilöstöä, joka osaisi vertailla eri palveluja ja niiden hintoja. Ainoastaan yhtä standardia hinnoitteluun ei ole olemassa ja kun vielä lisäksi hintojen muutoksia on vaikea ennustaa, niin palvelujen vertailu on erittäin vaikeaa. Sitten, jos toimittaja on joskus valittu niin, koko infrastruktuurin siirtäminen toiselle toimittajalle on hankalaa ja aikaa vaativa prosessi (Gorelik, 2013 s. 25). Tämä on myös havaittu Stora Ensolla viimeisten vuosien ja vuosikymmenien aikana, oli sitten kyseessä perinteiset konosalipalvelut tai viime vuosina myös pilvipalvelut.

Meneillään olevassa tietojärjestelmän uusimisprojektissa suunnitellaan kehitystyön nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi yksityisen pilven laajentamista ja ottaa käyttöön kehitysympäristöjä Microsoftin Azure –pilvestä. Sieltä tarjottaisiin SaaS palveluna Microsoftin Dynamics AX -ympäristöjä ohjelmistokehittäjille. Stora Enso Metsän liiketoimintatietoa ei olla kuitenkaan tässä kohtaa siirtämässä tai kopiomassa Azureen, vaan sinne ollaan siirtämässä ympäristönä toimivat esimerkkiyritykset. Pilvien käyttöönottomallikin muuttuisi silloin hybridipilveksi. Muuten julkisen pilven ratkaisuihin ei ole vielä nähty tarvetta, koska liiketoiminnasta ei löydy sellaista toiminallisuutta, että edes osia voitaisiin siirtää.

Vaikka teoriaosuudessa oli ehdotettu (Marston ym., 2011, s. 7) yrityksille pilvistrategiaa ja omaa ryhmää palvelua arvioimaan, niin Stora Enso Metsällä ei sitä ole. Ehkä sellainen pitäisi kuitenkin laatia, ainakin Stora Enson tasolla. Joka tapauksessa viime kädessä päätökset järjestelmien käyttöönotosta tehdään kuitenkin yksiköissä sen jälkeen, kun synergiaedut on tarkastettu konsernin tietohallinnon ja muiden yksiköiden IT-osastojen kanssa.

Goralik (2013) totetaa, että valitun toimittajan vaihto ei ole ihan helppo asia. Esille tulee ainakin seuraavia kysymyksiä: Miten virtuaaliset palvelimet siirretään toimittajalta toiselle? Miten mahdollisesti muuttuvat lisenssimallit ja/tai määrät toteutuvat kun infrastruktuuri vaihtuu? Miten suorituskyky taataan uudessa ympäristössä? Raha ei voi aina olla ratkaista, vaikka se Stora Ensolla näytteleekin valitettavasti usein liian iso roolia. Muut argumentit on otettava myös huomioon.

Mobiilikäytölle on kasvava tarve koko ajan Stora Enso Metsälläkin. Sovelluksia pitää pystyä käyttämään metsäasiakkaiden luona ja usein juuri metsässä ketterämmällä ja kevyemmällä tavalla kuin vain kannettavalla tietokoneella. Yksi merkittävä tarve on paikkatietoa ja kartoja käyttävät sovellukset nyt kun uusien älypuhelimien melko kookkaat näytöt ja kattavat tietoliikenneverkot Suomessa sekä myös muu teknologia mahdollistavat ne. Nyt käytettäviä mobiili -sovelluksia Stora Enso Metsällä ovat puunhankintaan ja ostoon sekä asiakkuuden hallintaan liittyviä. Mobiilikäyttö on kuitenkin vielä kallista perustaa, eivätkä kaikki tekniset ratkaisut ole edes toteutettavissa. Käyttöä voisi lisätä joissakin tapauksissa,

jos ne voitaisiin toteuttaa julkisesta pilvestä, mutta sitä ei ole vielä Stora Enso Metsällä edes mietitty.

Yksi loistava tapa pilvipalvelutoimittajille on markkinoida palvelujaan tuotetuksi vihreän IT:n (engl. Green IT) avulla, jossa esimerkiksi konesalien tarvitsema energia tuotettaisiin uusiutuvilla energialähteillä, kuten tuuli ja aurinko (Garg & Buyya, 2012). Samoin Stora Enso Metsä markkinoi asiakkailleen puuta hankittavan rekisteröityjen sertifikaattien avulla. Suomessa niitä on kaksi PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification) ja FSC (Forest Stewardship Council), jotka molemmat edistävät ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävää metsätaloutta ympäri maailmaa. Molemmat ovat käytössä myös Stora Enso Metsällä.

Lopuksi voidaan todeta, että automatisointi on yksi avainsana miksi pilvipalveluista on tullut joustavia. Se on mahdollistanut itsepalveluiden käyttöönoton ja antanut asiakkaalle enemmän oikeuksia, mutta myös velvollisuuksia ylläpitää ja hallita omaa infrastruktuuriaan. Käyttöjärjestelmän ja sovellusten automatisointi ovat olleet käytössä jo 1990-luvulta lähtien, mutta pilvipalveluissa ne on viety seuraavalle tasolle, jossa asiakkaan mahdollisuuden kasvavat.

6. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää millä tavalla jo käyttöönotetut pilvipalvelut hyödyntävät Stora Enso Metsän tietojärjestelmien ylläpitoa ja hallintaa sekä kustannustehokkuutta. Työssä vertailtiin aikaisemmin perinteisellä tavalla toteutettuja konesalipalveluja ja tänä päivänä pilvipalveluna tarjottuja palvelimien ja palvelujen ylläpitoa sekä hallintaa.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena, jossa samaa kahta tapaa vertailtiin ensin kirjallisuudesta löytyneellä materiaalilla toisiinsa ja käytännön osuutta kirjoittajan omakohtaisella kokemuksella aiheesta. Niiden perusteella todettiin, että pilvipalveluiden käyttöönoton jälkeen ympäristön ja palvelujen hallinta on muuttunut selvästi joustavammaksi ketterämmäksi ja niiden seurauksena palvelimien ja palveluiden käyttöönotot, ylläpito ja päivitykset ovat nopeutuneet huomattavasti ja lisäksi samalla on saavutettu huomattavia kustannussäästöjä ja edistetty projektien etenemistä.

Operatiiviset kustannussäästöt ovat kuitenkin merkittävin syy miksi Stora Enso Metsä on hyödyntänyt pilvipalveluja. Tärkeimpinä kustannuksia pienentävinä komponentteina ovat alentuneet palveluiden yksikköhinnat, asennuksiin tarvittava työmäärä ja siihen kuluvan ajan selvä lyheneminen, palvelimia käytetään vain silloin kun niitä tarvitaan ja lopun ajan ne voidaan pitää sammuksissa, asiakas voi joustavammin muuttaa palvelujen laatutasoa ja määrää todellisen tarpeen mukaan, käyttöjärjestelmälisenssien investointi- ja ylläpitokustannukset ovat toimittajan vastuulla, asiakas voi itse ylläpitää ja hallita palvelimia ilman toimittajan työpanosta ja tärkeimpänä muutoksena on käytä- ja maksa-malli, jossa maksetaan palveluista ja resursseista vain sen mukaan miten ja milloin palveluja käytetään.

LÄHTEET

- Al, W. (2002). Server sandboxes: Dedicated hosting without the hassle. *New Architect*; 7, 11; ProQuest technology Collection, ss. 50-51.
- Al-Roomi, M., Al-Ebrahim, S., Buqrais, S., Ahmad, I. (2013). Cloud Computing Pricing Models: A Survey. *International Journal of Grid and Distributed Computing* Vol.6, No.5, pp.93-106
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, A., Zaharia, M. (2009). Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing. ? UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory, ss. 1-23.
- Carroll, M., van der Merwe, A., Kotzé, P. (2011). Secure Cloud Computing Benefits, Risks and Controls. Paper presented at the 10th Annual Information Security for South Africa (ISSA) Conference, Johannesburg, South Africa.
- Catteddu, D.& Hogben, G. (2009). Cloud Computing: benefits, risks and recommendations for information security. Technical Report. European Network and Information Security Agency, ss. 1-125.
- Chandramouli, R., Iorga, M. & Chokhani, S. (2013). Cryptographic Key Management Issues & Challenges in Cloud Services. National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7956.
- Dillon, T., Wu, C. & Chang, E. (2010). Cloud Computing: Issues and Challenges. *IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, ss. 27–33.
- Garg, S. & Buyya, R. (2012). Green Cloud Computing and Environmental Sustainability. Cloud computing and Distributed Systems (CLOUDS) Laboratory Dept. of Computer Science and Software Engineering.

Gorelik, E. (2013). Cloud Computing Models. Composite Information Systems Laboratory (CISL), ss. 1-81.

Grossman, R. (2009). The Case for Cloud Computing. IEEE Computer Society, ss. 23-27.

Heena, I. & Naghma A. (2013). Survey On Cloud Computing. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 3, Issue 4, ss. 308-312.

Hirsijärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). Tutki ja kirjoita. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Hogan, M., Liu, F., Sokol, A., Tong, J. (2011). NIST Cloud Computing Standards Roadmap. National Institute of Standards and Technology, Special Publication 500-291, ss.1-60.

Höfer, C.N. & Karagiannis, G. (2011). Cloud computing services: taxonomy and comparison. J Internet Serv Appl 2, DOI 10.1007/s13174-011-0027-x S I: FUTURE NET SERVICE MODELS & DESIGNS, ss. 81-94.

Jansen, W. & Grance, T. (2011). Guidelines on security and privacy in public cloud computing. NIST National Institute of Standards and Technology. Special Publication 800-144, ss. 1-70.

Järvinen, P. & Järvinen, A. (2004). Tutkimustyön metodeista. Opinpajan kirja: Tampere.

Ma, S., Yu, C., Gu, W. (2014). Towards Cloud Computing Security Considerations in Smart Grid. International Conference on Computer Science and Service System (CSSS 2014), ss. 443-446.

Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Ghalsasi, A. (2011). Cloud Computing – The Business Perspective. Proceedings of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, s. 1-11.

Martens, B., Walterbusch, M., Teuteberg, F. (2012). Costing of Cloud Computing Services: A Total Cost of Ownership Approach. IEEE Computer Society, ss. 1563-1572.

Mccrea, B. (2013). State of Cloud Computing: Sky's the limit. Logistics Management, Vol. 52 Issue 10, ss. 41-43.

Mell, P. & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. NIST Special Publication 800-145, Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology.

Mircea, M. & Andreescu, A. (2011). Using Cloud Computing in Higher Education: A Strategy to Improve Agility in the Current Financial Crisis. IBIMA Publishing Communications of the IBIMA, Vol. 2011, Article ID 875547, 15 pages.

Muhleman, R., Kim, P., Homan, J., Breece-Vitelli, J. (2012). Cloud Computing: Should I Stay or Should I Cloud. Proceedings of the Conference of Information Systems Applied Research, ISSN: 2167-1508, ss. 1-7.

Olekar, G. & Sreekumar, V. (2013). Cloud Computing: Migration from Traditional Systems to the Cloud. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 2, Issue 3, ISSN: 2278 – 1323 , ss. 1128-1131.

Onwubiko, C. (2010). Security Issues to Cloud Computing. Security Issues to Cloud Computing. Cloud Computing, London, ss. 271-288.

Parmar, H. & Champaneria, T. (2012). Flag Based VM Allocation Technique for Load Balancing. Internal Journal of Science and Research (IJSR). ISSN: 2319-7064, ss. 1-4.

Prashant, G. (2003). Power up N-more projects without waiting for new servers. ServerWorld; 17; 4; ProQuest, ss 10-11.

Ramgovind, S., Eloff, M., Smith, E. (2010). The Management of Security in Cloud Computing, IEEE, ss. 3-7.

Sarrel, M. (2003). Dedicated Servers: I Don't Want to Share. PC Magazine [0888-8507], vol: 22 iss:5.

Sharma, M., Jindal, K., Srinivasan, Dr. (2014). Evaluating Various Aspects of Cloud Computing Vendors with Comparison. International Journal of Research Aspects of Engineering and Management, ISSN: 2348-6627, Vol. 1, Issue 1, ss. 4-8.

Singh, S. & Jangwal, T. (2012). Cost breakdown of Public Cloud Computing and Private Cloud Computing and Security Issues. International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) Vol 4, No 2, ss. 17-31.

Sotomayour, B., Montero, R., Florente, I., Foster, I. (2009). An Open Source Solution for Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds. IEEE INTERNET COMPUTING, SPECIAL ISSUE ON CLOUD COMPUTING, ss.2-11.

Subashis, B., Meghdut, R. C., Manna, A. K. & Argha, R. (2014). Hybrid Cloud Technology: New Model for Reliable Data Storage at Users' End. International Journal on Information Technology, Vol. 5, ss. 1-9.

Sultan, N. (2010). Cloud computing for education: A new dawn?. International Journal of Information Management 30, ss.109–116.

Suruchee, V. N. & Raut, A. B. (2014). A Comprehensive Study on Cloud Computing. International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol. 3, Issue 4, April-2014, ss. 733-738.

Swathi, T., Srikanth, K. & Reddy, R. (2014). VIRTUALIZATION IN CLOUD COMPUTING. International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol. 3 Issue 5, May- 2014, ss. 540-546.

Vouk, M. (2008). Cloud Computing – Issues, Research and Implementations. Journal of Computing and Information Technology - CIT 16, 4, ss. 235–246.

Wang, L., Tao, J., Kunze M. (2008). Scientific Cloud Computing: Early Definition and Experience. The 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, pp. 825-830, Dalian, China, ss. 825-830.

Winkler, V. (2011). Securing the cloud: Cloud computer security techniques and tactics. Elsevier Science, ss. 1-314.

Wood, T., Ramakrishnan, K., Shenoy, P., Van der Merwe, J. (2012). Enterprise-Ready Virtual Cloud Pools: Vision, Opportunities and Challenges. The computer Journal Advance Access, ss. 1-10.

Zhang, Q., Cheng, L. & Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. Springer, J Internet Serv Appl, DOI 10.1007/s13174-010-0007-6, ss.: 7–18.

Zissis, D. & Lekkas, D. (2012). Addressing cloud computing security issues. Future Generation Computer Systems 28, ss. 583-592.

Yin, R.Y. (1993). Applications of Case Study Research, Applied Social Research Methods series, Vol. 34, SAGE publications.