

Lauri Humalamäki
Pilvipalvelumallit ja niiden käyttö organisaatioissa



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2020

TIIVISTELMÄ

Humalamäki, Lauri

Pilvipalveluiden tarjoamat mahdollisuudet yrityksen IT-infrastruktuurille

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 30s.

Tietojärjestelmätiede

Ohjaaja: Kyppö, Jorma

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millaisia mahdollisuuksia erilaiset pilvipalvelut tarjoavat yritysten IT-infrastruktuurille ja antaa pilvipalveluista lukijalle kattava yleiskatsaus. Lukijalle kerrotaan pilvipalveluiden tuomista liiketoiminnallisista haasteista ja hyödyistä ja lisäksi käydään läpi, millaisille organisaatioille eri pilvipalvelut sopivat. Tarkastelun kohteena ovat muun muassa infrastruktuuri pilvessä (IAAS), palvelualusta pilvessä (PAAS) ja ohjelmisto pilvessä (SAAS). Näitä valmiita pilvipalvelumalleja verrataan organisaation itse ylläpitämiin yksityisiin on-premise -pilvipalveluihin ja lisäksi käsittelyyn otetaan uudempi termi, hybridipilvipalvelu. Eri pilvipalveluntarjoajan tuotteita esitellään ja käydään läpi ja lisäksi syvennytään tarkastelemaan pilvipalveluita tietoturvan ja ympäristön näkökulmasta. Tutkielman lopussa katsotaan vielä pilvipalveluiden levinneisyyttä Suomessa ja muualla maailmassa, erityisesti EU-alueella. Tutkielman lähteinä käytetään aiempia tutkimustuloksia, palveluntarjoajien kotisivustoja ja tieteellistä kirjallisuutta aiheesta.

Avainsanat: Infrastruktuuri, pilvipalvelut, hybridipilvi, on-premise, palveluntarjoaja

ABSTRACT

Humalamäki, Lauri

Cloud computing opportunities for IT-infrastructure

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020

Information Systems, Research Plan

Supervisor: Kyppö, Jorma

The purpose of this research is to define what kind of opportunities cloud computing services provide for corporate infrastructures and to give the reader an overview of the subject. The reader will be told, what kind of financial challenges and benefits cloud computing offers and which kind of organizations are cloud services most suitable for. Infrastructure as service (IAAS), platform as service (PAAS) and software as service (SAAS) are being studied and they are compared to private On-Premise cloud services which are operated by the organization itself. In addition, hybrid cloud infrastructure is also studied. Study finds, how secure cloud computing is and how it affects the environment and the ecosystem. At the end of the study, reader will find out, how much cloud services are used in Finland and in other countries.

Keywords: Infrastructure, cloud computing services, hybrid cloud computing, On-Premise, service provider

KUVIOT

Kuva 1 Julkisen pilven käyttömalli. Malli kuvaa asiakkaan näkökulmaa ja sitä, miten vähän asiakas pystyy näkemään, kuinka pilven infrastruktuuri on luotu.	17
Kuva 2 Microsoft Azuren pilvipalvelun hallintapaneeli käyttäjän näkökulmasta.	21
Kuva 3 Pilvipalvelun päästöt elinkaaren aikana.....	19
Kuva 4 Pilvipalveluiden käyttö eri toimialan yrityksissä Suomessa.....	23
Kuva 5 Pilvipalveluiden käyttöaste EU-alueen yrityksissä.	24

TAULUKOT

Taulukko 1 Pilvipalvelumallien hyödyt ja haitat.....	28
--	----

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
KUVIOT.....	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO.....	6
2 PILVIPALVELU KÄSITTEENÄ	8
2.1 Infrastrukturi palveluna (Infrastructure as Service, IAAS)	9
2.2 Sovellusalusta palveluna (Platform as Service, PAAS)	10
2.3 Ohjelmisto palveluna (Software as Service, SAAS).....	12
2.4 Hybridipilvipalvelu (Hybrid Cloud Infrastructure)	13
2.5 Yksityinen On-Premise pilvipalvelu	14
3 PILVIPALVELUIDEN OMINAISUUKSISTA YLEISESTI	16
3.1 Pilvipalveluiden turvallisuus	16
3.2 Pilvipalvelut ympäristöystävällisyyden näkökulmasta	18
3.3 Tunnetuimpia pilvipalveluntarjoajia.....	20
4 PILVIPALVELUIDEN KÄYTTÖ SUOMESSA JA MUUALLA MAAILMASSA	22
4.1 Pilvipalveluiden käyttö Suomessa.....	22
4.2 Pilvipalveluiden käyttö ja kasvu muualla maailmassa	23
5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	25
6 LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Erilaisten pilvipalveluiden määrä kasvaa jatkuvasti ja uusia vaihtoehtoja tulee markkinoille nopeaan tahtiin. Palveluntarjoajat tuovat mahdollisuuden luoda joko pelkän ohjelmiston (Software as service, SAAS), palvelualustan (Platform as service, PAAS) tai koko infrastruktuurin (Infrastructure as service, IAAS) pilveen. Monilla organisaatioilla on yhä omissa tiloissa ylläpidettävä yksityinen pilvi, jonka kautta organisaation palveluita ajetaan, mutta tarpeen vaatiessa voidaan vuokrata muualta lisää tallennustilaa. Tätä oman palvelintilan ja pilvipalvelun tuoman lisäkapasiteetin yhdistämistä kutsutaan hybridipilveksi. (Mazhelis, 2012.) Tutkielman seuraavissa kappaleissa syvennyttään tarkemmin tarkastelemaan eri pilvipalvelutyyppeiden ominaisuuksia ja käydään läpi pilvipalvelua käsitteenä.

Tilastokeskuksen joulukuussa tekemän tutkimuksen (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2019) mukaan 74 % suomalaisista yrityksistä käyttää maksullisia pilvipalveluita ja määrä on kasvanut viiden edellisen vuoden aikana 23 prosenttiyksiköllä. Yleisimmät käyttötarkoitukset pilvipalveluille suomalaisilla yrityksillä olivat sähköpostin käyttö, tiedontallennus ja erilaiset toimisto-ohjelmat. Merkittävän osana oli myös laskentatehon ulkoistaminen pilveen. Suomessa yritykset käyttävätkin pilvipalveluita merkittävästi enemmän kuin muissa EU-maissa (Grym, 2019).

Koska erilaisia pilvipalveluita on markkinoilla valtavia määriä, on tärkeää valita organisaatiolle juuri sopiva palvelu käyttöön. Oikein valittu palvelu voi toimiessaan tuoda paljon uusia työkaluja, pienempiä IT-infrastruktuurin ylläpitokuluja ja nopeutta palveluiden toimimiseen. Epäonnistunut valinta taas voi olla kallis ja hidaskin projekti, jota ei saada ikinä päätökseen. (Kavis, 2014.) Pilvipalveluilla voi olla tämän myötä iso vaikutus organisaation liiketoimintaan ja sen kehittymiseen. Lisäksi pilvipalveluiden turvallisuutta on syytä arvioida tarkasti, sillä mahdolliset haavoittuvuudet ja tietoturva-aukot voivat tuoda massiivisia riskejä ja katastrofaalisia menetyksiä. (Ukil, Debasish & De Sarkar, 2013)

Tämä tutkimus tarkastelee laajasti erilaisia tarjolla olevia pilvipalvelumalleja ja antaa niistä kattavan yleiskuvan. Näiden mallien haasteita ja hyötyjä avataan lukijalle ja tutkimuksessa on vahvasti mukana myös liiketaloudellinen näkökulma. Pilvipalveluiden levinneisyyttä ja tilastoja tutkitaan EU-alueen ja erityisesti Suomen kohdalta. Tutkielmassa pyritään löytämään vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- 1) Millaisia eri pilvipalveluita organisaatioille on tarjolla ja miten ne eroavat organisaatioiden itse palvelinkoneilla ylläpitämistä palveluista?
- 2) Millaisia hyötyjä ja haittoja pilvipalveluista on organisaatioiden näkökulmasta?

Tutkimuksen lähdemateriaalina toimivat pääasiassa aiheen tieteelliset julkaisut, aiemmat tutkielmat ja kirjallisuus. Tutkimus toteutetaan systemaattisena kirjallisuuskatsauksena ja kirjallisuushakuihin käytetään pääosin Jyväskylän yliopiston kirjaston JykDokia ja Google Scholaria. Haut kohdistetaan erityisesti tietojärjestelmätieteen ja tietotekniikan digitaalisiin julkaisukokoelmiin. Lähdemateriaali käydään huolella läpi tiedon oikeellisuus varmistaen ja aineistojen pohjalta luodaan uusia näkemyksiä ja argumentteja aiheesta. Lähdekirjallisuuden laadun on oltava korkealla tasolla tutkielmaan.

Koska pilvipalvelut ovat 2000-luvulla keskeinen ja alati yleistynyt aihe, on niistä tehty paljon tutkimuksia ja julkaistu tieteellistä kirjallisuutta. Tästä poikkeuksena on pilvipalveluiden käyttö Suomessa, josta ei ole vielä toistaiseksi tehty kattavia tutkimuksia, joten lähdemateriaalina tähän toimivat erilaiset Suomessa ja EU-alueella kerätyt tilastot. Lähteistä pyritään valikoimaan parhaiten tutkielmaa palvelevat aineistot ja lisäksi hakemaan erilaisia näkökulmia ja pitämään lähdeluettelo monipuolisena.

2 PILVIPALVELU KÄSITTEENÄ

Pilvipalveluna tarkoitetaan palvelua, joka mahdollistaa nopean ja helpon pääsyn jaettaviin tietokoneresursseihin verkon kautta. Näitä resursseja ovat esimerkiksi palvelimet, tallennustila, sovellukset ja palvelut. Palveluntarjoajan kapasiteetti on määritetty palvelemaan useampaa käyttäjää samaan aikaan ja kuluttaja voi hankkia lisää pilven resursseja automaattisesti ilman interaktiota ihmisen kanssa. (Mell & Grance, 2011.) Arkkitehtuurisesti pilvipalveluita katsotaan usein kolmella eri tasolla, joita ovat infrastruktuuri palveluna, palvelualusta palveluna ja ohjelmisto palveluna (Mazhelis, 2012). Näitä tasoja käsitellään tarkemmin tutkielman seuraavissa kappaleissa.

Pilvipalvelu ideana on lähtenyt kehittymään 1960-luvulta saakka. Vuonna 1963 Yhdysvaltain asevoimien tutkimusorganisaatio DARPA esitteli keskustietokoneen, jota pystyi käyttämään useampi ihminen samaan aikaan. (Foote, 2017.) Yhtenä suurena virstanpylväänä pilvipalveluiden kehityksessä voidaan ajatella Amazonin vuonna 2006 julkaisemaa Amazon Web Serviceä. Palvelu tarjosi yrityksille helppokäyttöisen alustan tietojen tallennukselle, jota useampi käyttäjä pystyi hallitsemaan samaan aikaan. (Hamilton James, 2016.) Nopeasti leviävät IoT (Internet of Things) -laitteet ovat nykyään yhtenä merkittävänä osana pilvipalveluiden kasvussa. Pilvipalvelu on niiden selkärankana, koska lähes kaikki laitteiden data ladataan pilveen. (Hirra, 2017.) Sekä pilvipalveluiden tarjoajien että käyttäjien määrä kasvaakin jatkuvasti, eikä nousulle näy tällä hetkellä loppua. Euroopan komission alaisen yksikön Eurostatin mukaan esimerkiksi pilvestä käytettävien toimisto-ohjelmistojen käytön määrä EU-alueen yrityksissä kasvoi vuodesta 2014 vuoteen 2018 64 prosenttiyksiköllä (Kaminska & Smihily, 2019).

Plummer ja Bittman (2008, s. 4) pitivät tutkimuksessaan pilvipalvelun merkittävänä piirteinä skaalautuvuutta ja joustavuutta. Skaalautuvuudella tarkoitetaan pilvipalvelun tehokkuutta ja kykyä vastata asiakkaan tarpeita. Joustavuus puolestaan tarkoittaa sitä, että sama pilvipalvelu voi palvella sekä suurta organisaatiota että yksittäistä kuluttajaa samaan aikaan. Tämä voidaan kokea haasteellisena palveluntarjoajan resurssien tarjonnan kannalta. Lisäksi samassa tutkimuksessa todettiin, että pilvipalvelut ovat tuoneet suuria muutoksia ostajan ja myyjän välisiin suhteisiin. (Plummer & Bittman, 2008.)

Pilvipalveluiden kohdalla voidaan puhua yksityisestä pilvestä, yhteisöpilvestä, julkisesta pilvestä ja hybridipilvestä. Yksityinen pilvi palvelee vain yhtä tiettyä organisaatiota ja sitä voi ylläpitää organisaatio itsessään, jolloin pilvi-infrastruktuurin ylläpito on organisaation tai jonkin kolmannen osapuolen toimijan vastuulla. Yhteisöpilvessä samaa pilveä voivat käyttää myös muut vastaavanlaiset yritykset. Julkisella pilvellä tarkoitetaan kaikille avoimia pilvipalveluita, joita ylläpidetään palveluntarjoajan palvelimilta käsin.

Hybridipilvi taas yhdistää yksityisen ja julkisen pilven palveluita resurssien tarpeen mukaan. (Cloud Security Alliance, 2017.)

2.1 Infrastruktuuri palveluna (Infrastructure as Service, IAAS)

Infrastruktuuri palveluna (IAAS) on pilvipalvelumalli, jolla tarjotaan asiakkaille käyttöliittymän kautta etähallittavaa ja nopeasti hankittavaa laskentatehoa, tallennustilaa ja verkkoa (Mazhelis, 2012). Hankittujen pilviresurssien avulla asiakas voi luoda oman infrastruktuurin pilveen ja pyörittää ohjelmistoja, kuten käyttöjärjestelmiä ja sovelluksia. Käyttäjällä ei kuitenkaan ole mahdollisuutta hallita tai käyttää taustalla olevaa varsinaista pilvi-infrastruktuuria, vaan palvelinkoneet ja muut palvelulle vaadittavat laitteistot ovat palveluntarjoajan tiloissa. (Mell & Grance, 2011.) Kuten myös muiden pilvipalveluiden kohdalla, on IAAS-palveluntarjoajien määrä kasvanut viime vuosien aikana. Englantilainen teknologiasivusto Techradar listasi tämän hetken suurimmiksi IAAS-palveluntarjoajiksi Amazon Web Servicen, Microsoft Azuren, IBM Cloudin, Google Cloudin ja Oracle Cloudin (Drake & Turner, 2020).

Arkkitehtuurisesti IAAS-palveluiden voidaan katsoa koostuvan tiloista, palvelinkoneista, abstraktiotasosta, orkestrointitasosta ja API-ohjelmointirajapinnasta, jolla resursseihin päästään etänä käsiksi. Abstraktointi toteutetaan yleensä virtualisoinnin avulla ja tarvittavat resurssit saadaan vapautettua fyysisiltä palvelimilta. Orkestroinnilla kerätyt resurssit yhdistetään käyttövalmiiksi kokonaisuudeksi, joka tarjotaan asiakkaille. Ohjelmointirajapinnat toimivat usein http-protokollalla, jolloin käyttäjä pääsee hallitsemaan pilveä selaimen kautta. (Cloud Security Alliance, 2017.)

Michael Kavis kirjoitti kirjassaan (2014, s. 39), että infrastruktuuri palveluna on tuonut monille organisaatioille suuren helpotuksen, sillä enää organisaation tiloihin ei tarvitse perustaa suurta konesalia ja sille toimivaa verkkoa. Oma konesali vaatii paljon tilaa, laitteistoa ja ylläpitoa. IAAS-palvelut näkyvätkin usein rakennuskustannuksien säästöissä. Kavisin mukaan palvelusta voi tehdä edullista sekin, että monesti palveluntarjoaja tarjoaa erilaisia tapoja mitata käytöstä aiheutuneita kustannuksia ja mukauttaa sen myötä laskutusta. Infrastruktuuri palveluna on kaikista valmiista pilvipalvelutyypeistä skaalautuvuin ja parhaiten sopeutuva organisaation tarpeiden mukaan. Laskentatehoa ja palvelintilaa voidaan kasvattaa merkittäviäkin määriä tarpeen vaatiessa. (Kavis, 2014). Palveluntarjoajat pyrkivät myös pitämään palveluiden laadun ja vakauden korkeana, sillä palvelun käyttäjien on varsin vaivatonta vaihtaa palveluntarjoajaa mahdollisten ongelmien ja käyttökatkokkien seurauksena. (Mazhelis, 2012) Kuitenkin mahdollisten katkokkien varalta käyttäjät voivat luoda useita päällekkäisiä sekä virtuaalisia että fyysisiä

datakeskuksia, jolloin organisaation infrastruktuuri pysyy yhä toiminnassa (Mazhelis, 2012).

Infrastruktuuri palveluna vaatii organisaatiolta IT-osaamista erityisesti verkkokehityksen, hajautetun laskennan ja palvelukeskeisen arkkitehtuurin osalta, koska koko infrastruktuurin ylläpito ja hallinta on organisaation vastuulla. Kustannukset voivat nousta ja palvelun laatu heikentyä ilman riittävää osaamista. (Mazhelis, 2012). Jotkin IAAS-palvelun laskutustavat voivat olla epäedullisia käyttäjille. Pay-as-you-go -laskutustavalla käyttäjä maksaa varatuista resursseista olivat ne kaikki käytössä tai ei. Organisaatio saattaa siis maksaa pilvipalveluistaan liikaa, mikäli ei käytä jatkuvasti kaikkia resursseja. Markkinoilla on kuitenkin tarjolla muitakin laskutustapoja, kuten maksu käytön mukaan. Palvelun kapasiteteettia voidaan nostaa lähes välittömästi ja veloitus menee sen mukaan. Uudempana vihreänä ilmiönä on maksu, joka määrittyy sen mukaan, kuinka paljon energiaa kulutetaan (Hinz, Piegas & Charles, 2018).

IAAS-pilvipalvelumallin soveltuvuutta organisaatiolle pitää siis harkita tarkkaan. Tiivistettynä voidaan sanoa, että infrastruktuuri palveluna on hyvä valinta, mikäli palvelun muokattavuus ja skaalautuvuus on tärkeä kriteeri. Organisaatio voi hallita muun muassa käyttöjärjestelmiä, muistia ja laskentatehoa omien tarpeiden ja kriteerien perusteella. Mikäli näin laajalle muokattavuudelle ja hallinnalle ei kuitenkaan ole tarvetta, on organisaation syytä kääntyä muiden pilvipalveluiden puoleen. (Kavis, 2014.). IAAS sopii isompien lisäksi pienille organisaatioille, joissa on tietotaitoa ja osaamista pilven kautta hallittavan infrastruktuurin käyttöön. Pienen organisaation ei ole välttämättä järkevää perustaa omiin tiloihin ylläpidettävää pilvi-infrastruktuuria ja usein valmiin IAAS-palvelun hankinta on edullisempi tapa.

2.2 Sovellusalusta palveluna (Platform as Service, PAAS)

Sovellusalusta palveluna (PAAS) tarjoaa asiakkaalle helposti käyttöönotettavan alustan, jossa asiakas voi itse hallita ohjelmointikieliä, kirjastoja, palveluita ja työkaluja (Mell & Grance, 2011). Lisäksi asiakkaalla voi olla mahdollisesti pääsy esimerkiksi istuntojen hallintaan, laitteiden integraatioon, hiekkalaatikkoympäristöön, instrumentointiin ja XML-pohjaiseen rekisteriin. (Marinescu, 2013.) Asiakas ei kuitenkaan voi vaikuttaa taustalla olevan pilvi-infrastruktuurin ominaisuuksiin, kuten verkkoon, servereihin, käyttöjärjestelmiin ja tallennustilaan. (Mell & Grance, 2011.)

Cloud Security Alliance (CSA) kertoo raportissaan (2017, s. 16), että sovellusalusta palveluna tuo uuden integraatiokerroksen infrastruktuurin arkkitehtuuriin. Tämä mahdollistaa uusia viitekehyksiä ohjelmistokehitykseen, uusia väliohjelmistoja ja toimintoja, kuten tietokannat, viestintä ja jonotus. PAAS:n yhtenä etuna voidaan pitää sitä, että se voidaan rakentaa IAAS-palvelun päälle ja asiakas voi joissakin tilanteissa valita tämän infrastruktuurin itse.

Integraatiokerros ja väliohjelmisto rakennetaan IAAS:in päälle, sitten orkestroidaan ja yhdistetään ja lopulta näytetään PAAS-palveluna ohjelmointirajapinnan avulla. (Cloud Security Alliance, 2017.) PAAS-palvelut ovatkin monien sovelluskehittäjien suosiossa laajan ohjelmointikielituen vuoksi ja nykyään mukana ovat myös monet avoimen lähdekoodin palvelut, joilla palvelun käyttäjät saavat paremman hallinnan ohjelmistolle (Kavis, 2014). Ohjelmistokehittäjät voivat ajaa useita erilaisia ohjelmia eri ohjelmointikielillä ilman tarvetta huolehtia sovellusalustaa pyörittävistä resursseista ja yhteensopivuuksista (Cloud Security Alliance, 2017).

Kokonaisuutena PAAS tarjoaa valmiin sovellusalustan, eli paketin teknologioita, joita sovelluksien kehittämiseen tarvitaan. PAAS auttaa käyttäjiä keskittymään sovelluksien kehittämiseen, jolloin työn tehokkuus parantuu ja kehittämiskustannukset ja -kulut laskevat. (Ojala & Helander, 2014.) Asiakasorganisaatiolta ei vaadita yhtä suurta tietotekniikkaosaamista ja vastuuta kuin IAAS:n kohdalla, koska palveluntarjoaja huolehtii palvelimien ylläpidosta, tietoturvapäivityksistä, monitoroinnista ja skaalaamisesta (Kavis, 2014).

Palveluntarjoajan hallitsema infrastruktuuri on myös PAAS:n heikkouksena. Asiakas ei välttämättä pääse hallitsemaan esimerkiksi tallennustilaa, muistia ja käyttöjärjestelmiä, vaikka sille olisi tarvetta ja osaamista. Palvelun mukautettavuus ei siis ole yhtä laaja kuin IAAS:n kohdalla. Palveluntarjoaja jakaa palveluitaan monille asiakkaille samaan aikaan ja sen myötä on pidettävä huoli, että palvelun tehokkuus ja luotettavuus on kaikilla asiakkaila samalla tasolla. Tämän myötä palveluntarjoaja saattaa laskea käytettäviä resursseja, mikäli suoritetaan erityisen raskaita laskutoimituksia tai käytetään liikaa internet-kaistaa. Myös PAAS-palveluntarjoajat tarjoavat erilaisia laskutustapoja palveluilleen. Asiakkaan on syytä varautua etukäteen maksettujen resurssien loppumiseen, mikäli resursseja on hankittu tarpeeseen nähden liian pieni määrä. (Kavis, 2014.)

Kuten aiemmin todettiin, ovat sovellusalustat palveluna erityisesti sovelluskehittäjien käyttöä varten suunniteltu ja toimivat hyvin sekä pienillä että isoilla organisaatioilla. PAAS on yleisesti ottaen järkevä valinta, jos tarvitaan valmiit ohjelmistot sovelluksien kehittämiseen. PAAS voidaan myös luoda jo valmiin infrastruktuurin päälle. Mikäli organisaatiolla on tarve suorittaa suuria laskutoimituksia tai vaaditaan nopeaa skaalautuvuutta resurssien suhteen, voi IAAS olla kuitenkin parempi vaihtoehto. Samoin myös silloin, jos halutaan hallita PAAS-palvelun taustalla olevaa infrastruktuuria.

2.3 Ohjelmisto palveluna (Software as Service, SAAS)

Ohjelmisto palveluna tarjoaa asiakkaalle palveluntarjoajan sovelluksia, joita voidaan hallita joko selaimen tai erillisen sovelluksen kautta. Asiakas ei pääse hallitsemaan pilvessä olevaa infrastruktuuria ollenkaan ja ainoastaan palvelun sovelluksien asetukset ovat asiakkaan konfiguroitavissa. (Mell & Grance, 2011.) Michael Kavis jakaa kirjassaan (2014, s. 83) SAAS-palvelut kolmeen eri ryhmään, eli yrityksen liiketoiminnan sovellukset, datasovellukset ja tuottavuuden sovellukset. Liiketoiminnan sovelluksia ovat esimerkiksi ERP-toiminnanohjausjärjestelmät ja CRM-asiakkuudenhallintajärjestelmät. Datan kategoriasta esimerkkeinä mainitaan erilaiset tietokannat ja niiden hallintaohjelmat ja tuottavuudesta ohjelmat kommunikointiin ja sähköpostiin. (Kavis, 2014.) Monet SAAS-ohjelmistopalvelut rakennetaan IAAS- ja PAAS-palveluiden päälle ketteryuden, joustavuuden ja taloudellisten hyötyjen vuoksi. Lähes kaikilla SAAS-palveluilla on sovelluskerros, tietovarasto ja API-rajapinta. Näiden päällä on esityskerros WEB-selaimille ja mobiililaitteille. Monet palveluntarjoajat käyttävät julkisia API-rajapintoja yhteensopivuuden varmistamiseksi. (Cloud Security Alliance, 2017.) SAAS-palveluissa käytetään enää harvemmin lisenssipohjaista hinnoittelua ja yleisimmin käytössä on tilauksien kuukausimaksut tai joissakin tilanteissa käytön mukaan määrittyvät veloitukset (Laatikainen & Ojala, 2014).

Michael Kavisin mukaan (2014, s. 83) SAAS-palvelut ovat erityisen hyödyllisiä organisaatiolle, mikäli käytettävät sovellukset eivät kuulu organisaation ydinosaan. Esimerkiksi ohjelmistoyrityksen ei kannata ylläpitää kirjanpitosovelluksia omilla palvelimilla itse, vaan SAAS-palvelut ovat tässä helpoin ja edullisin valinta. Kirjanpitoyrityksen kohdalla tilanne voi taas olla toinen ja itse ylläpidetty kirjanpito-ohjelmisto voi olla muokattavuuden kannalta järkevin. Monet SAAS-palveluntarjoajat tarjoavat API-rajapintoja, joiden avulla SAAS-palvelut on helppo yhdistää omiin jo organisaation olemassa oleviin ohjelmistoihin. Asiakkaan eduksi katsotaan myös se, että palveluntarjoaja on vastuussa kaikista päivityksistä ja tietoturvasta, hallitsee infrastruktuuria ja ylläpitää laajaa yhteensopivuutta eri selaimien ja mobiililaitteiden kohdalla. (Kavis, 2014.)

Koska SAAS-palvelut luodaan palvelemaan monia erilaisia asiakasorganisaatioita, on niiden joustavuus, muokattavuus ja mahdollisesti sopivuus heikompaa kuin itse ylläpidetyillä ohjelmistoilla (Kavis, 2014). Joillekin organisaatioille hyvin toimiva ohjelmisto ei välttämättä toimi toisella organisaatiolla. Ohjelmisto palveluna onkin kaikista valmiista pilvipalvelumalleista heikoimmin muokattava ja hallittava. Sovelluksien asetukset, esimerkiksi tekstinkäsittelyohjelman tai kirjanpito-ohjelman asetukset ovat asiakkaan muokattavissa. Tätä enempää muokattavuutta eivät SAAS-

palveluntarjoajat yleensä tarjoa. Kuukausimaksut palvelusta myös juoksevat jatkuvasti, käytetään palvelua tai ei.

Tiivistettynä ohjelmisto palveluna on monille eri kokoluokan organisaatioille järkevä valinta liiketaloudelliselta kannalta. Esimerkiksi tekstinkäsittelyohjelmaa ei ole järkevää lähteä luomaan ja ylläpitämään itse, vaan se on helpointa ottaa palveluntarjoajalta lukuisten valmiiden ohjelmien valikoimasta. Sama koskee monia muitakin palveluita ja sovelluksia. Etenkin yhteensopivuuksien ylläpitäminen ja päivityksien jakaminen tuo suuria kustannuksia palveluita itse ylläpitävälle organisaatiolle. Toisaalta mikäli palveluntarjoajat eivät kykene täyttämään jotain tiettyä tarvetta, saa parhaiten sopivan ohjelmiston luomalla sen itse.

2.4 Hybridipilvipalvelu (Hybrid Cloud Infrastructure)

Organisaatio voi itse ylläpitämänsä yksityisen pilven lisäksi hankkia resursseja ulkoisilta julkisilta pilvipalvelutarjoajilta. Tätä kutsutaan hybridipilveksi. Ulkoisia pilvipalveluita hankitaan erityisesti nopean ja väliaikaisen resurssien tarpeen kasvaessa, jolloin itse ylläpidetyn pilven resurssien kasvattaminen ei ole taloudellisesti järkevää. Hybridipilven hankinnan päätökseen organisaatioissa vaikuttaakin suuresti infrastruktuurin hallinnan ja ylläpidon lasketut kulut. (Mazhelis, 2012.)

Yksityisen pilven ja julkisen pilven sitoo yhteen standarsoitu teknologia, joka mahdollistaa datan liikkuvuuden, siirrettävyyden ja kuormituksen jakamisen. Organisaatiolla voi olla käytössä automatiikkaa, joka varaa julkisesta pilvestä lisää resursseja jo käytössä olevien resurssien ylikuormittuessa. Breiterin mukaan (Yhdysvallat Patenttinvirasto 2012/0204187 A1 , 2012, s. 2) osa tai kaikki yksityisellä pilvellä käsiteltävästä työmäärästä ja datasta voidaan siirtää automaattisesti ulkopuoliseen pilvipalveluun oikeita parametreja, tietoja ja suojausohjeita toteuttaen. Krutz ja Vines kutsuvat kirjassaan (2010, s. 49) tätä automatiikkaa nimellä "cloudbursting". Moni organisaatio on lisäksi valinnut, että säilyttää kriittisiä ja salaisia ohjelmistoja omassa yksityisessä pilvessään. Kun laskentateho tai tallennustila eivät yksityisessä pilvessä enää kykene vastaamaan tarvetta, vähemmän tärkeät ohjelmistot voidaan sen jälkeen siirtää julkiseen pilveen. (Krutz & Vines, 2010.)

Hybridipilvipalvelu tuo yksityisen pilven rinnalle joustavuutta ja laajennettavuutta mahdollistaen kuluttajaa valitsemaan juuri tietylle työmäärälle tarvittavan palvelun. Erityisesti tarjolla olevat erilaiset automatiikat resurssien laajentamiselle tuovat nopeasti muuttuvalle liiketoiminnalle avun. Jotkin organisaatiot valitsevat julkisen palvelun uuden ohjelmiston kehitykselle ja testaamiselle ja kun ohjelmisto on toimintakunnossa, se siirretään yksityiseen pilveen käytettäväksi (Pethuru & Anupama, 2018). Hybridipilvipalvelu on tutkimuksissa todettu edulliseksi pilvipalveluksi, koska sitä käytetään yleensä

vain hetkellisesti tarpeen vaatiessa. Kulut ovat luonnollisesti alhaisimmillaan kuin vain yksityinen pilvi on käytössä. Toisaalta hybridipilven kustannukset nousevat selvästi, mikäli julkista pilveä käytetään toistuvasti, vaikka samat työt voisi hoitaa omassa yksityisessä pilvessäkin. (Mazhelis, 2012.)

Pethuru ja Anupama mainitsevat kirjassaan (2018, s. 99) hybridipilven eduiksi myös palautumisen käyttökatoista ja varmuuskopioinnin. Organisaatiot näkevät pilven yhä merkittävämpänä tekijänä varmuuskopioiden tallentamiselle. Osa organisaatioista perustaa pilveen useita virtuaalisia datakeskuksia infrastruktuurin kopioinnille, jotta infrastruktuuri saadaan palautumaan katastrofissa ongelmitta. (Pethuru & Anupama, 2018.) Tämä toki nostaa julkisen pilven resurssien hankkimisen tarvetta ja sen myötä kustannuksia.

2.5 Yksityinen On-Premise pilvipalvelu

Yksityisellä pilvellä tarkoitetaan pilvi-infrastruktuuria, joka on tarkoitettu vain tietyn organisaation käyttöön. Pilvi-infrastruktuurin ylläpito voi olla joko organisaation tai jonkin kolmannen osapuolen yrityksen vastuulla. (Mell & Grance, 2011.) Tässä kappaleessa käsitellään kuitenkin organisaation itse ylläpitämää yksityistä pilvipalvelua, eli niin sanottua On-Premise -pilvipalvelua, jota voidaan verrata julkisiin pilvipalveluihin.

On-Premise -pilvipalvelussa organisaatio hankkii itse tilat datakeskukselle, jolla pyritetään yksityistä pilvipalvelua. Oma datakeskusta perustaessa organisaation IT-henkilöstön vastuulla on palvelinkoneiden, ohjelmistojen ja verkkoyhteyksien hankkiminen ja asentaminen. Tietoturva, päivitykset ja yhteensopivuudet vaativat jatkuvaa huomiota yksityisen pilven käytössä ja monesti organisaatio joutuu kehittämään tarvittavia ohjelmia itse. (Kavis, 2014.) Valmiit palvelinkoneet organisaatio voi hankkia tarvittavan laskentatehon ja tallennuskapasiteetin mukaan. Pienelle organisaatiolle voi riittää yksikin palvelinkone, kun taas isot organisaatiot tarvitsevat yleensä useita palvelinkoneita suuressa konesalissa (Kung-Kiu, Winfried & Ernesto, 2013).

Usein loppukäyttäjät toimivat samoissa tiloissa, missä On-Premise -pilvipalvelun palvelinkoneisto on toiminnassa. Data ja laskenta pidetään siis fyysisesti lähellä, mikä vähentää viivettä ja verkkoyhteyksien kuormitusta. Tietoturvan kannalta On-Premise -pilvipalvelun käyttäjät hyötyvät siitä, ettei arkaluontoista tietoa tarvitse luovuttaa organisaation ulkopuolisille palveluille. Organisaation ulkopuolelta työntekijät pääsevät käyttämään pilveä VPN-yhdeyden avulla. (Kung-Kiu ym., 2013.) Yksityisen On-Premise -pilvipalvelun etuna on lisäksi myös se, että käytännössä kaikki on organisaation muokattavissa ja hallittavissa. Infrastruktuurista ja ohjelmista saadaan juuri sellaisia kuin halutaan.

Yksityisen On-Premise -pilvipalvelun haasteena ovat sen fyysinen koko ja kustannukset. On-Premise vaatii fyysisesti tilaa palvelinkoneille ja paljon

resursseja palvelinkoneiden hankintaan ja ylläpitoon. On-Premise -pilvipalveluita käyttävätkin usein vain suuret ja keskisuuret organisaatiot. (Kung-Kiu ym., 2013.) Oman yksityisen pilven perustaminen ja ylläpito vaatii luonnollisesti myös suurta teknistä osaamista organisaation IT-henkilökunnalta. Yksityisen pilven teknisten ratkaisujen epäonnistuessa ylläpitokustannukset voivat nousta suuriksi. Lisäksi erilaiset katastrofit ja käyttökatkokset ovat tärkeitä ottaa huomioon. Mikäli ison organisaation koko infrastruktuuria pyöritetään vain yhdestä paikasta käsin, voi esimerkiksi tulipalolla, maanjäristyksellä tai sähkökatkoksella olla tuhoisia seurauksia. Lievimmillään selvittää lyhyellä käyttökatkoksella, mutta pahimmillaan menetetään suuria määriä tärkeää dataa.

3 PILVIPALVELUIDEN OMINAISUUKSISTA YLEISESTI

Erilaiset valmiit pilvipalvelumallit ja yksityinen On-Premise -pilvipalvelu on nyt käsitelty tutkielmassa. Tässä luvussa katsotaan yleisesti pilvipalveluiden ominaisuuksia organisaation näkökulmasta ja jatketaan vertailua itse ylläpidettyyn yksityiseen pilveen. Aiheena ovat tietoturva, joka on nykyään yleinen huolenaihe tietotekniikan maailmassa ja pilvipalveluiden ympäristöstävällisyys. Lisäksi katsotaan yleisesti suurimpia pilvipalveluntarjoajia.

3.1 Pilvipalveluiden turvallisuus

Tietoturva on monella asiakkaalla mielessä, kun organisaation kriittistä tietoa jaetaan ulkopuoliselle toimijalle maantieteellisesti hajautettuna. Monesti omissa tiloissa ylläpidetty yksityinen pilvi koetaan turvallisemmaksi kuin julkinen pilvi. (Krutz & Vines, 2010.) Lisäksi tietoturvan vaatimukset riippuvat usein asiakasorganisaation toimialasta. Terveystieteiden alalla ja finanssirytyksillä tietoturva-vaatimukset ovat usein suurempia kuin esimerkiksi verkkopelien rytyksellä. (Kavis, 2014.) Ihmisten terveys- tai pankkitietojen vuotaminen olisi organisaatiolle huomattavasti suurempi ongelma kuin pelin tilastojen ja käyttäjätunnuksien vuoto.

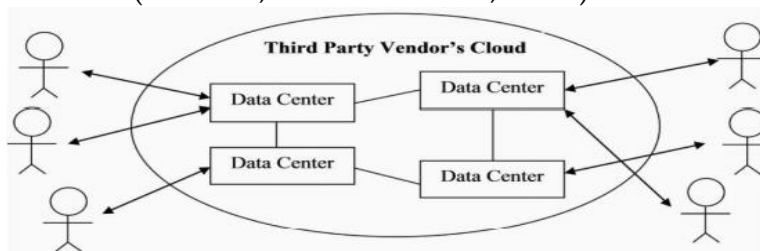
Krutz ja Vines jakavat kirjassaan (2010, s. 63) kolme ominaisuutta, jotka turvallisella pilvipalvelulla on oltava. Ensimmäisenä ominaisuutena on käyttövarmuus. Pilvipalvelun on toimittava ennakoitavasti ja se on pysyvä ylhäällä eri olosuhteissa, kuten hyökkäyksen aikana. Toinen ominaisuus on luotettavuus. Ohjelmiston on sisällettävä mahdollisimman vähän heikkouksia ja haavoittuvuuksia, jotka voivat heikentää ohjelmiston käyttövarmuutta. Kolmas ja viimeinen ominaisuus on selviytyvyys. Ohjelmiston on palautettava katkoksesta mahdollisimman nopeasti mahdollisimman vähäisillä vahingoilla. (Krutz & Vines, 2010.)

Pilvipalvelun turvallisuuden määrittäjänä on usein se, mikä on käyttäjän ja mikä palveluntarjoajan vastuulla. SAAS-ohjelmistoissa palveluntarjoajan on huolehdittava lähes kaikesta tietoturvasta, koska käyttäjä ei pysty määrittämään, miten ohjelmistot toimivat. Tietoturvapäivitykset, kirjautuminen ja monitorointi on hoidettava palveluntarjoajan päästä, kun taas käyttäjä voi vain määrittää lupia ja oikeuksia. PAAS-palvelualustassa tietoturvan vastuu jakautuu tasaisemmin käyttäjän ja palveluntarjoajan välillä. Palveluntarjoaja huolehtii alustan tietoturvasta, päivityksistä ja ydinkonfiguraatioista ja käyttäjälle jää kaikki muu tietokannan tietoturvaominaisuuksista käyttäjätilien ja kirjautumisen hallintaan. IAAS-palveluissa palveluntarjoaja huolehtii taustalla olevasta varsinaisesta pilvi-infrastruktuurista ja esimerkiksi siitä, ettei palvelinkoneille hyökätä. Koko

organisaation itse luoma IT-infrastruktuuri on kuitenkin asiakkaan itsensä vastuulla. (Cloud Security Alliance, 2017.)

Pilvipalveluiden turvallisuuteen vaikuttavat siis monet asiat aina käyttäjän toimenpiteistä palveluntarjoajan turvallisuusmenetelmiin. Monesti huolenaiheena on se, ettei asiakasorganisaatio tiedä, minne sen arkaluontoista tietoa tallennetaan ja palveluntarjoajat voivat olla lisäksi vaitonaisia tarkoista turvallisuusmenetelmistä (Katso kuva 1) (Carlin & Curran, 2011). Läpinäkyvyyden lisäksi yhtenä pelkona on arkaluontoisen datan vuotaminen saman pilvipalvelun toiselle käyttäjälle. Tämän vuoksi palveluntarjoajan on tärkeää pitää käyttäjien tiedot tarkasti erillään. Eri maiden erilainen lainsäädäntö vaikuttaa pilvipalveluiden käyttöön ja valvontaan. Euroopassa GDPR:n vaikutuksen alaisena pilvipalveluntarjoajan työntekijä ei voi monitoroida pilvipalvelun toimintaa ja asiakkaan dataa yhtä vapaasti kuin esimerkiksi Yhdysvalloissa. (Cloud Security Alliance, 2017.) On myös todettu tilanteita, joissa pilvipalvelun dataa on enkryptattu turvallisuuden varmistamiseksi, mutta sitä ei olekaan saatu enää dekrypattua. Tämän kaltaisissa tilanteissa organisaation data on korruptoitunutta ja käyttökeltotonta, ellei varmuuskopioita ole olemassa. (Carlin & Curran, 2011.)

Hyviä puolia pilvipalveluiden tietoturvasa On-Premise -palveluihin verrattuna on myös paljon. Julkisen pilven palveluntarjoajan henkilöstö on yleensä hyvin koulutettua ja tietoturvan puolella on töissä useita ekspertejä. Näin pilvipalvelun tietoturvaprotokollat saadaan pidettyä ajan tasalla. Asiakasorganisaation itsessään olisi haastavaa ja kallista hankkia vastaavaa ammattitaitoa. Pilvipalveluntarjoaja kohtaa lisäksi paljon erilaisia riskejä ja hyökkäyksiä. Haittaohjelmasta jonkun asiakkaan tiedoissa voidaan oppia ja suojausta parantaa ja näin muiden asiakkaiden riski joutua vastaavan hyökkäyksen kohteeksi pienenee. Joitakin hyökkäyksiä asiakasorganisaatiot eivät tule itse edes kokemaan suoraan. Esimerkiksi pilvipalveluntarjoajan roskapostifiltrit ja WEB-sovelluksien palomuurit saattavat pysäyttää hyökkäyksen ennen kuin asiakas itse huomaa niitä. (Cloud Security Alliance, 2017.) Pilvipalveluntarjoajat huolehtivat myös kattavasti, etteivät ulkopuoliset pääse kirjautumaan oikean käyttäjän tunnuksilla pilveen. Kirjautumisen vahvistamiseen voidaan käyttää esimerkiksi RSA-avainta tai Proxy-pohjaista todentamista. (Poonam, Neha & Shikha, 2013.)



Kuva 1 Julkisen pilven käyttömalli. Malli kuvaa asiakkaan näkökulmaa ja sitä, miten vähän asiakas pystyy näkemään, kuinka pilven infrastruktuuri on luotu.

3.2 Pilvipalvelut ympäristöystävällisyyden näkökulmasta

Ympäristökysymykset ovat nousseet myös IT-infrastruktuurin ja pilvipalveluiden kohdalla pintaan viime vuosikymmenellä. Ilmastonmuutos on yleinen huolenaihe ja monet eri alojen organisaatiot tarjoavatkin ympäristöystävällisiä palveluita. Useita alan toimijoita painostetaan sitoutumaan uusimpiin ympäristösäännöksiin ja tuottamaan palveluita, jotka kuormittavat ekosysteemiä mahdollisimman vähän (Radu, 2017). Ympäristövaikutuksien lisäksi sähkön säästäminen vähentää myös pilvipalveluiden ylläpitämisen kustannuksia merkittävästi (Huang, Xiang & Li, 2016). Pelkästään Yhdysvaltojen datakeskusten vuosittainen sähkönkulutus on noin 70 miljardia kilowattituntia, eli noin 1.8 prosenttiyksikköä koko maan sähkönkulutuksesta. Ympäristöystävällisistä pilvipalveluista voidaan puhua termillä vihreät pilvipalvelut (Green Cloud Computing). (Radu, 2017.)

Pilvipalveluntarjoajilla katsotaan olevan kaksi merkittävää keinoa tulla ympäristöystävällisemmäksi vihreän pilvipalvelun tarjoajaksi. Ensimmäisenä on pilvipalvelun ympäristötehokkuuden lisääminen. Keinoina tähän ovat esimerkiksi servereiden virranhallintaominaisuudet, automaattinen infrastruktuurin skaalaus ja virtualisointi. Palvelinkoneiden prosessoreiden kellotaajuutta ja jännitettä voidaan laskea ja osa komponenteista voidaan sammuttaa, kun niitä ei käytetä. Virtualisointi ja skaalaus taas edistävät resurssien hyödyntämistä ja tarjoavat palvelun skaalautuvuutta ja joustavuutta. Myös yksityisen pilvipalvelun ylläpitäjät voivat osallistua vihreän pilvipalvelun tavoitteeseen vaihtamalla paljon virtaa kuluttavat palvelinkoneet vähemmän kuluttaviin ja pienempiin. Yksityisen pilvipalvelun käyttäjä ei enää tarvitse omiin tiloihin suurta laskentatehoa, vaan voi käyttää myös pilveä. Toisena pilvipalvelun ympäristöystävällisyyden keinona on vihreän, uusiutuvan energian käyttö. (Radu, 2017.) Yleisimpiä palveluntarjoajien käyttämiä uusiutuvia energianlähteitä ovat aurinko-, tuuli- ja vesivoima.

Pilvipalveluiden datakeskuksia voidaan myös katsoa vihreiksi datakeskuksiksi, kun energiatehokkuus on maksimoitu ja päästöt leikattu minimiin koko rakennuksen kohdalta. Datakeskusten kohdalla energiankulutus on jaettuna laskentatehon energiaan, viestinnän energiaan ja datakeskuksen fyysisen infrastruktuurin energiaan. Fyysisessä infrastruktuurissa lämmönhallinta on datakeskusten kohdalla merkittävässä osassa. Palvelinkoneet tarvitsevat viileää ilmaa jäähdytykseen ja tuottavat lämmintä ilmaa. Siksi ekologisin sijoituskohteeksi palvelinsalille on viileässä ilmastossa. (Radu, 2017.) Datakeskuksen käyttämästä sähköstä meneekin tyypillisesti 30-50 prosenttia palvelinkoneiden jäähdyttämiseen (Yogendra & Pramod, 2012). Microsoftin tekemän tutkimuksen mukaan (2011, s. 1) palvelinkoneiden tuottama hukkalämpöä voidaan hyödyntää rakennuksien ja veden lämmittämiseen. Datakeskusten energiatehokkuus kasvaisi

merkittävästi ja niiden lämpöä hyödyntävien talouksien lämmityskulut laskisivat. Haasteena on kuitenkin se, että tällöin suuret datakeskukset pitäisi sijoittaa asuintalojen läheisyyteen. Suuren datakeskuksen sähkönkulutus voi olla kymmeniä megawatteja ja sähkön saannin pitää olla erittäin luotettavaa ja vakaata (Yogendra & Pramod, 2012). Tämä lisää huomattavia vaatimuksia alueen sähköjakeluinfrastruktuurille. Asuinalueilla sähkö on myös yleensä kalliimpaa kuin esimerkiksi teollisuusalueilla, mikä lisää kynnystä sijoittaa datakeskus asuinalueelle (Liu, ym., 2011).

Pilvipalveluntarjoajille on tarjolla lukuisia eri menetelmiä energiankulutuksen seurantaan ja hallintaan. Jo pelkästään sähkönkulutuksen seurannalla voi olla merkittäviä liiketaloudellisia hyötyjä. Datakeskuksen sähköjakelujärjestelmiin voidaan sijoittaa sähkönkulutusmittareita. Näin tarjolla olevilla hallintaohjelmilla pystytään näkemään eri tilojen ja laitteistojen sähkönkulutusta ja lisäksi myös ilmaston ja ympäristön tilaa. Virran ja jännitteiden lukuja voidaan seurata ja lisäksi eri tietoja voidaan tallentaa lokiin, jotta nähdään, miten energiankulutus on vaihdellut eri aikoina. (Huang ym., 2016.) Palveluntarjoajat voivat perinteisten veloitusapojen lisäksi tarjota veloitusta käytetyn energiankulutuksen perusteella. Tällä voidaan edistää pilvipalvelun energiatehokkuutta, mutta energiankulutuksen mittaamiselle on kuitenkin vielä lukuisia haasteita. (Hinz ym., 2018.)

Microsoftin tutkimuksen mukaan (2020, s. 10) Microsoftin pilvipalvelut ovat merkittävästi ympäristöystävällisempi vaihtoehto verrattuna samojen palveluiden ylläpitämiselle On-Premise -palveluna. Energiatehokkuuden katsottiin nousevan 22 – 93 prosenttiyksikköä pilvipalveluun siirtymisellä On-Premise -datakeskuksen koosta riippuen. Pilvipalvelun merkittävästi paremman energiatehokkuuden katsotaan johtuneen tehokkaammista toimintatavoista, IT-laitteistosta ja datakeskuksen infrastruktuurista. (Microsoft, 2020.) Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tämä pätee varmasti myös moniin muihin suuriin pilvipalveluntarjoajiin. Pilvipalveluita voidaankin pitää energiatehokkaampana ja ympäristöystävällisempänä vaihtoehtona On-Premise -pilveen verrattuna. Käytön ja ylläpidon lisäksi ympäristöä kuormittavat pilvi-infrastruktuurin rakentaminen ja laitteiston kierrättäminen elinkaaren lopussa (Katso kuva 3 (Microsoft, 2020)).



Kuva 2 Pilvipalvelun päästöt elinkaaren aikana.

3.3 Tunnetuimpia pilvipalveluntarjoajia

Aiemmissä kappaleissa on jo mainittu muutamia pilvipalveluntarjoajia ja tässä kappaleessa käsitellään niitä hieman tarkemmin. Koska pilvipalveluntarjoajien määrä markkinoilla on valtava, käsitellään niistä vain suurimpia ja tunnetuimpia. Ominaisuuksiltaan ja palveluiltaan näillä suurilla palveluntarjoajilla on paljon yhteistä.

Windows-käyttöjärjestelmistään tunnettu Microsoft julkaisi pilvipalvelu Azuren vuonna 2010. Azure tarjoaa SAAS-, PAAS- ja IAAS-palveluita asiakkaille. Merkittävänä etuna monen käyttäjän kohdalla voidaan pitää sitä, että Azure tukee myös Linux-pohjaisia käyttöjärjestelmiä. (Drake & Turner, 2020.) Tärkeimmistä ominaisuuksista Azuren kohdalla voidaan mainita esimerkkeinä Office 365 -toimistopalvelut, Sharepoint, SQL-serverit, tekoälyn käyttö ja erilaiset kehittämistyökalut peleille ja ohjelmistoille (Microsoft, 2020). Kuvassa 2 näkyy Azuren virtuaalikoneen käyttöliittymä asiakkaan näkökulmasta (Microsoft, 2020).

Vuonna 2006 perustettu Amazon Web Services (AWS) on vanhimpia suuria pilvipalveluntarjoajia markkinoilla. Vaikka AWS tarjoaakin monia erilaisia palveluita, katsotaan sen keskittyvän erityisesti IAAS-palveluihin. AWS:n palvelut on jaettu neljään eri ryhmään, joita ovat laskentateho, tallennustila, sisällön toimittaminen ja verkkoyhteydet. Näitä käyttäjä asiakas pääsee hallitsemaan itse. Monesti AWS:n kohdalla puhutaan lisäksi EC2-palveluista, eli Elastic Compute Cloudista. EC2 pyrkii tarjoamaan asiakkaille mahdollisimman saumattoman ja helpon keinon skaalata resurssien käyttöä tarpeen mukaan. (Amazon Web Services, 2020)

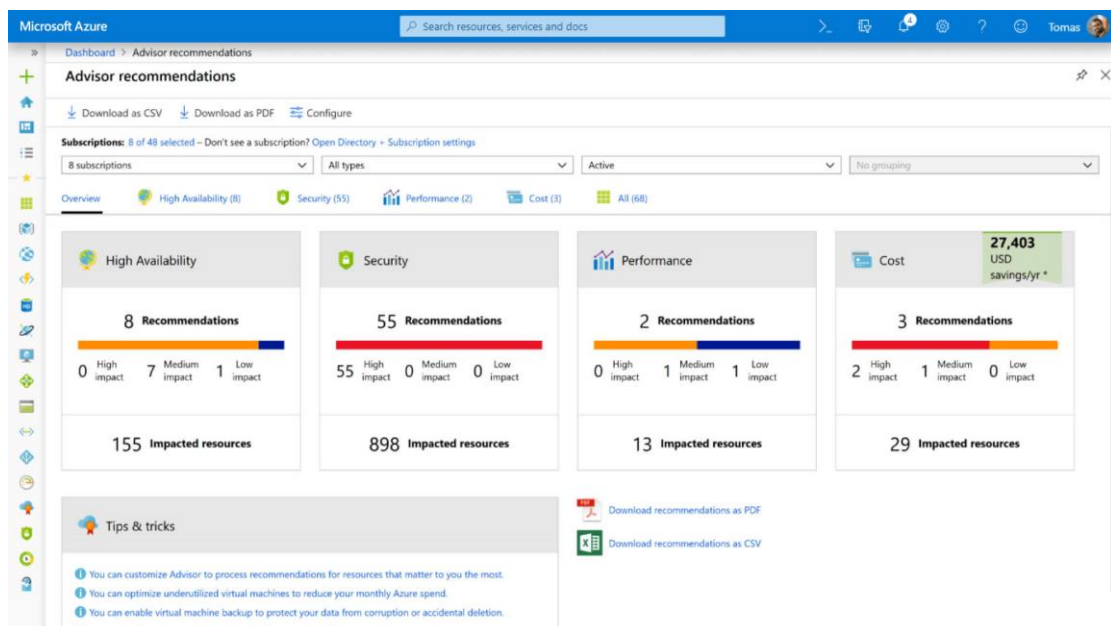
Hakukonejätti Google perusti Google Cloud -pilvipalvelun vuonna 2008 ja se tarjoaa Azuren ja AWS:n tapaan kaikkia pilvipalvelumalleja asiakkaille. Big Data, tekoäly ja koneoppiminen ja Internet of Things (IoT) ovat Cloudissa keskeisessä osassa ja lisäksi esimerkiksi tunnetut Google Kääntäjä, Google Maps ja Digital Assistant voidaan yhdistää pilvipalveluihin (Google, 2020). Google Cloud on myös Linux-ystävällinen ja Googlen suurimmat omat palvelut pyörivät myös Cloudin avulla (Drake & Turner, 2020).

Vuonna 2013 perustettu IBM-cloud yhdistää yksityisen pilven ja julkisen pilven tehokkaasti ja pyrkii tarjoamaan asiakkaille saumattoman siirron pilveen (IBM, 2020). Käyttäjällä on mahdollisuus koko raudan ja virtuaalisten palvelimien muodostaman kokonaisuuden hallintaan web-käyttöliittymä tai mobiilisovelluksen kautta. Myös IBM tarjoaa kaikkia eri palvelumalleja, eli SAAS-, PAAS ja IAAS-palveluita. (Drake & Turner, 2020.)

Viimeisenä katsottavana pilvipalveluntarjoajana on Oracle Cloud, joka on vuonna 2016 perustettuna tuorein käsiteltävä pilvipalvelumalli. Oraclen itsenäiset tietokannat hyödyntävät koneoppimista ja mukauttavat ja optimoivat

itseään automaattisesti. Datan siirtäminen On-Premisen ja Oracle Cloudin välillä on suunniteltu tehokkaaksi ja edulliseksi, jolla palvelusta pyritään luomaan helppo ja nopea vaihtoehto potentiaalisille asiakkaille. Oracle Cloudilla on myös useita valmiita ERP-toiminnanohjausjärjestelmiä asiakkaan käyttöönotettavaksi (Oracle Cloud, 2020).

Valmiilla suurilla pilvipalveluntarjoajilla on siis paljon yhteistä. Kaikki tarjoavat kaikkia valmiita palvelumalleja, eli SAAS-, PAAS- ja IAAS-palveluita ja esimerkiksi nykyään merkittävät asiat, kuten tekoäly, big data ja tietoturva ovat kaikilla keskeisessä osiossa ja markkinoinnin kohteena. Organisaatioilla onkin haastavaa valita juuri omaan käyttöön parhaiten soveltuva palveluntarjoaja suuren valikoiman joukosta. Valinnan tekemiseen pitää määritellä, mikä palveluntarjoaja täyttää vaatimukset palveluiden ja toimintojen suhteen ja lisäksi hinnoittelu on tärkeä valita sopivaksi. Omien toimintojen siirtäminen saumattomasti pilveen vaatii muun muassa sopivan arkkitehtuurin ja ominaisuudet palvelulta. Myös tietyt valmiit hinnoittelupaketit eivät välttämättä ole omalle organisaatiolle edullisin vaihtoehto.



Kuva 3 Microsoft Azuren pilvipalvelun hallintapaneeli käyttäjän näkökulmasta.

4 PILVIPALVELUIDEN KÄYTTÖ SUOMESSA JA MUUALLA MAAILMASSA

Kuten aiemmin on jo todettu, pilvipalveluiden käyttö on kasvanut valtavasti ja uusia toimijoita alalle syntyy jatkuvasti paljon. Tässä tutkielman kappaleessa käydään läpi pilvipalveluiden levinneisyyttä Suomessa ja muualla maailmassa. Lisäksi katsotaan, mihin erilaisiin käyttötapauksiin pilvipalveluita käytetään tilastollisesti eniten.

4.1 Pilvipalveluiden käyttö Suomessa

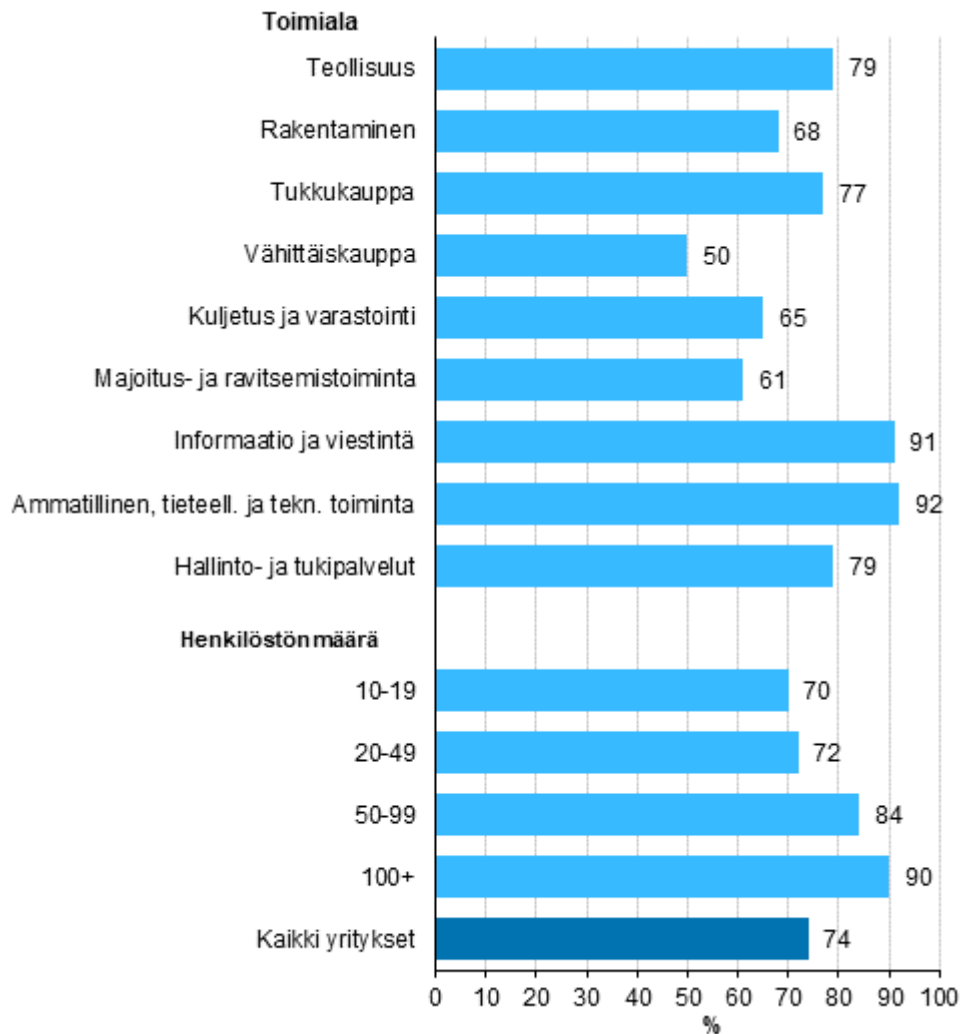
Vuonna 2018 tehdyn tutkimuksen mukaan Suomessa käytetään selvästi eniten pilvipalveluita muihin EU-maihin verrattuna (katso kuva 5) (Eurostat, 2018). Suomea voidaankin pitää pilvipalveluiden käytön edelläkävijänä. Jopa 65 prosenttiyksikköä Suomen yrityksistä käytti maksullisia pilvipalveluita joihinkin käyttötarkoituksiin yrityksen toiminnoissa (Tilastokeskus, 2018).

Kuten kuvasta 4 (Tilastokeskus, 2018) nähdään, eniten pilvipalveluita käytettiin informaation ja viestinnän toimialalla, joissa pilvipalveluita oli käytössä peräti 90 prosenttiyksiköllä yrityksissä. Samoin mitä isompi yritys on kyseessä, sitä todennäköisempää pilvipalveluiden käyttö on. Yli 100 henkilöä työllistävistä yrityksistä 88 prosenttia käyttää pilvipalveluita, kun taas 10-19 henkilöä työllistävissä yrityksissä vastaava luku oli 57 prosenttia. Eri toimialoista vähittäiskaupoissa käytettiin vähiten pilvipalveluita. Käyttöaste alalla oli vain 50 prosenttia (Tilastokeskus, 2018.)

Kun lähdetään tarkastelemaan pilvipalveluiden käyttötarkoituksia, selkeästi suosituimpina palveluina näkyvät sähköpostin ja tiedostojen tallennuksen käyttö. Seuraavina palveluina tulivat toimisto-ohjelmat ja kirjanpitosovellukset. (Tilastokeskus, 2018.) Kuten tutkielmassa aiemmin on todettu, näiden palveluiden tuottaminen itse ei ole yleensä kannattavaa, ellei organisaation toimiala liity juuri niiden tuottamiseen. Tämä näkyy myös Suomen tilastoissa. Tietokantojen ylläpidon ja asiakkuuksien hallinnan jälkeen viimeisenä tulee laskentateho sovelluksien ajamiseen (Tilastokeskus, 2018). Laskentatehon rooli yrityksissä onkin yleensä pieni, koska tavallisimpiin toimiin riittää usein paikallisten tietokoneiden teho. Sen sijaan lisää laskentatehoa voidaan tarvita esimerkiksi peli- ja sovelluskehityksen alalla.

Syitä pilvipalveluiden suosiolle Suomessa muihin maihin verrattuna on useita. Suomessa käytännössä kaikilla yrityksillä on internet-yhteys, joka on edellytys pilvipalveluiden käytölle. Tietokoneita käytetään eri työtehtävissä usein ja sen käyttö on yleistynyt viime vuosina selvästi. (Tilastokeskus, 2015.) Kokonaisuutena koko liiketoiminta on sähköistynyt ja teknologian käyttö jatkaa kasvuaan myös yksittäisillä kuluttajilla. Edellä mainitut asiat luovat tarvetta

sähköisille työkaluille, joita pilvipalvelut eri muodossa tarjoavat. Pilvipalveluista on huomattu, että ne helpottavat yrityksen toimintojen järjestämistä ja tuovat liiketaloudellista hyötyä. Esimerkiksi ERP-toiminnanohjausjärjestelmien suosio kertoo halusta automatisoida organisaation sisäisiä tai ulkoisia toimia (Tilastokeskus, 2015).



Kuva 4 Pilvipalveluiden käyttö eri toimialan yrityksissä Suomessa.

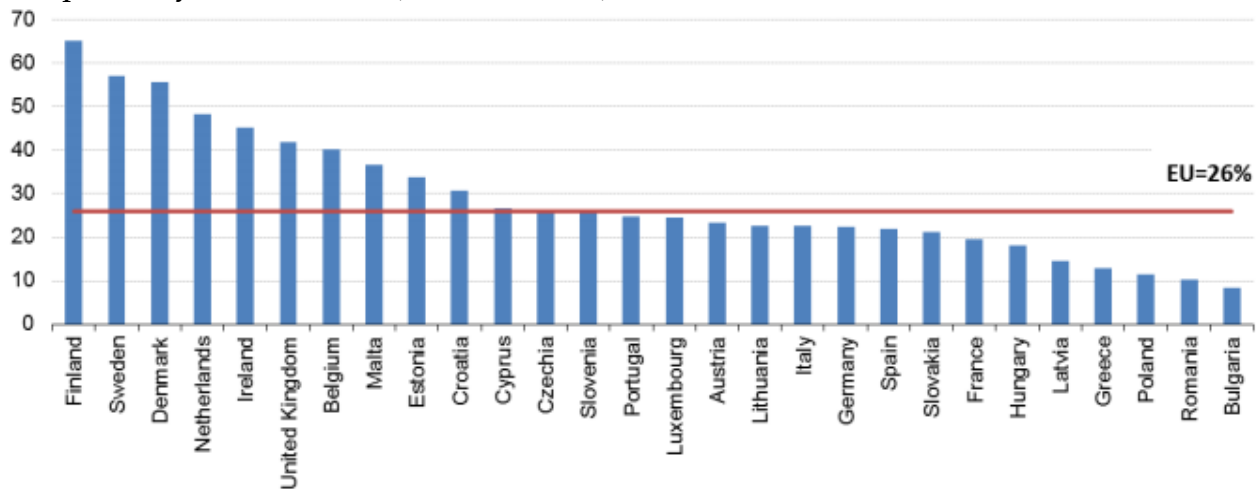
4.2 Pilvipalveluiden käyttö ja kasvu muualla maailmassa

Vuonna 2017 maailmanlaajuisten julkisten pilvipalvelumarkkinoiden arvo oli 153,5 miljardia dollaria. Vuodelle 2021 kyseisen luvun ennustettiin kasvavan 302,5 miljardiin dollariin saakka. (Kärpänniemi, 2018.) Ennustettu kasvu on siis merkittävää ja pilvipalvelut nousevat yhä suurempaan markkina-asemaan. Lisäksi pelkästään datakeskuksien maailmanlaajuiset markkinat vuonna 2018 olivat 181 miljardia dollaria (Kärpänniemi, 2018). Datamääriä tarkastellessa dataliikenne maailmanlaajuisten pilvipalveluiden kohdalla kolminkertaistui vuosien 2014 ja 2016 välillä. Vuonna 2016 dataliikenteen määrä oli 6.8 tsettabittiä

ja vuoden 2021 loppuun mennessä vastaavan datan määrän arvioidaan olevan 20.6 tsettabittiä. (Statista, 2018.)

Vuonna 2018 tehdyssä Eurostatin tutkimuksessa (2018, s. 1) todettiin, että EU-alueella pilvipalveluiden käyttöaste yli 10 henkeä työllistävissä yrityksissä oli 26 prosenttia. Esimerkiksi vuoteen 2016 verrattuna nousua on tullut 5 prosenttiyksikköä. Pilvipalveluiden käytön tilastoissa pohjoinen Eurooppa edustaa suurinta osaa käyttäjistä. Kuvasta 5 nähdään EU-maiden käyttötilastoja pilvipalveluiden omaksumisessa (Eurostat, 2018). EU-alueen tilastot noudattavat samaa kaavaa kuin Suomenkin kohdalla, eli selvästi suosituimpina pilvipalveluina olivat sähköposti ja tiedostojen tallentaminen. Myös laskentatehon ostaminen oli EU-alueella vähiten käytetty pilvipalvelu. (Eurostat, 2018.)

Kansaivälisen ICT-alan tutkimus- ja konsultointiyrityksen Gartnerin mukaan (2019) pilvipalvelumalleista ohjelmisto palveluna (SAAS) tulee pysymään suosituimpana pilvipalvelumallina. Sitä seuraavat toisena infrastruktuuri palveluna (IAAS) ja viimeisenä palvelualusta palveluna (PAAS). Eri pilvipalveluiden muodot katsotaan yhdeksi tärkeimmistä alueista, joihin suurin osa tietohallinnon johtajista haluaa sijoittaa ja palveluita ja resursseja siirretään pilveen yhä enemmän. (Gartner, 2019.)



Kuva 5 Pilvipalveluiden käyttöaste EU-alueen yrityksissä.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkielmassa oli tarkoituksena löytää vastaukset alussa esiteltyihin tutkimuskysymyksiin. Ensimmäisenä kysymyksenä oli, millaisia eri pilvipalveluita organisaatioille on tarjolla ja miten ne eroavat organisaatioiden itse ylläpitämistä palveluista. Tutkielman alkupuoliskolla esiteltiin tärkeimmät valmiit pilvipalvelumallit, eli SAAS, PAAS ja IAAS. Niiden tärkeimpiä ominaisuuksia ja palveluita käytiin läpi ja lisäksi sitä, mihin toimintoihin niitä käytetään. Lisäksi esiteltiin, miten organisaatio voi ylläpitää itse yksityistä pilvipalvelua. Yksityinen On-Premise pilvipalvelu oli vertailukohtana valmiille pilvipalvelumalleille ja siksi myös sen tarkka käsittely oli tärkeää. Uudempana käsitteenä oli hybridipilvipalvelu, joka yhdistää julkisen ja yksityisen pilven.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, mitä hyötyjä ja haittoja pilvipalveluista on organisaation toiminnalle. Eri pilvipalvelumalleja esitellessä käytiin läpi juuri kyseisen palvelun hyötyjä ja haittoja eri näkökulmista. Lisäksi yhtenä näkökulmana oli pilvipalveluiden tarkastelu tietoturvan ja ympäristöystävällisyyden näkökulmasta. Eri hyötyjä ja haittoja vertailtaessa keskeisenä asiana oli myös verrata niitä organisaation itse ylläpitämään pilveen (Katso yhteenvetona mallien hyödyistä ja haitoista taulukko 1).

Haasteena pilvipalveluissa organisaatioiden kannalta ovat lukuisat eri palveluntarjoajat ja pilvipalvelut. Organisaation on erityisen tärkeää tutustua eri pilvipalvelumalleihin ja palveluntarjoajiin ennen pilvipalvelun valinnan tekemistä. Esimerkiksi Infrastrukturi palveluna voi olla jollekin organisaatiolle paras valinta, mutta toiselle organisaatioille haastava niin toteutuksen kannalta kuin liiketaloudellisestakin näkökulmastakin. Oman organisaation osaamista, resursseja, liiketoimintamallia ja tavoitteita onkin syytä tarkastella syvästi, jotta valinta onnistuu. Suoraa vastausta oikean pilvipalvelumallin valinnalle ei ole ja hyötyjä ja haasteita tarkastellessa on asiaa punnittava juuri oman organisaation kohdalla. Ylipäätään jollekin organisaatiolle voi olla kokonaan järkevämpää pysyä omassa yksityisessä pilvessä kuin siirtyä julkiseen pilveen.

Organisaation eri näkökulmat voivat myös vaikuttaa valintaan. Paljon arkaluontoista tietoa käsittelevä yritys voi arkailla julkiseen pilveen siirtymistä, koska tietoturva on yritykselle erittäin tärkeä asia. Jollekin yritykselle ympäristöystävällisyys on puolestaan erittäin tärkeää, jolloin on loogista valita vihreä pilvipalvelu. Jokin organisaatio haluaa omalle infrastruktuurille mahdollisimman hyvän muokattavuuden ja hallinnan, jolloin se kannattaa luoda itse omille palvelimille. Jokin toinen organisaatio taas haluaa edullisesti ja helposti valmiit ohjelmat esimerkiksi tekstinkäsittelyyn, jolloin SAAS-palvelut ovat järkevä valinta.

Pilvipalveluiden suosion valtava kasvu kertoo jo osaltaan niiden hyödyistä. Jos ne eivät toimisi tehokkaasti, eivät organisaatiot siirtyisi käyttämään niitä.

Pilvipalvelut koetaan siis usein järkeväksi vaihtoehdoksi ja yhä useampi organisaatio siirtyy yksityisestä On-Premise-pilvestä julkiseen pilveen. Näin voidaan parantaa omien palveluiden laatua, tietoturvaa ja ympäristöystävällisyyttä ja samalla laskea kustannuksia.

Vaikka pilvipalveluiden levinneisyys ja käyttö ei ollut tutkimuskysymyksissä, on se kuitenkin merkittävä aihe pilvipalveluita yleisesti käsiteltäessä. Pilvipalveluiden suosion kasvu näkyy kaikkialla maailmassa ja lisäksi palveluntarjoajia tulee jatkuvasti lisää. Suomi on ollut monesti teknologian kohdalla edelläkävijänä ja sama tilanne oli myös pilvipalveluiden käytön kohdalla.

Jatkotutkimuksissa voitaisiin syventyä johonkin tiettyyn pilvipalvelumalliin ja sen arkkitehtuuriin paremmin. Palvelumallin arkkitehtuureja voitaisiin käydä eri tasojen ja kerroksien näkökulmasta läpi tarkemmin, sillä moni pilvipalvelu tuokin uusia kerroksia infrastruktuurin arkkitehtuuriin. Lisäksi tutkimuskohteena voisi olla, miten erilaisilla rajapinnoilla saadaan yhdistettyä organisaation omia toimintoja pilvipalveluihin.

Pilvipalvelu	Hyödyt	Haitat
Yksityinen On-Premise	<ul style="list-style-type: none"> - Muokattavuus - Data fyysisesti lähellä 	<ul style="list-style-type: none"> - Ylläpito ja luominen työlästä - Fyysisen tilan tarve
IAAS (Infrastructure as Service)	<ul style="list-style-type: none"> - Laaja muokattavuus ja skaalautuvuus - Ei tarvitse omia palvelinkoneita 	<ul style="list-style-type: none"> - Vaatii IT-asiiantuntemusta - Voi olla kallis ratkaisu
PAAS (Platform as Service)	<ul style="list-style-type: none"> - Valmis sovellusalusta - Paljon hyötyjä ohjelmistokehittäjille 	<ul style="list-style-type: none"> - Muokattavuus rajallisempi kuin IAAS:ssa - Mahdolliset rajoitukset resursseissa
SAAS (Software as Service)	<ul style="list-style-type: none"> - Valmiit ohjelmistot - Vaatii vain vähän teknistä osaamista käyttäjiltä 	<ul style="list-style-type: none"> - Erittäin rajallinen muokattavuus
Hybridipilvi (Hybrid Cloud Infrastructure)	<ul style="list-style-type: none"> - Skaalautuvuus - Voi auttaa laskemaan infrastruktuurin kustannuksia 	<ul style="list-style-type: none"> - Julkisen pilven toistuva käyttö nostaa kustannuksia

Taulukko 1 Pilvipalvelumallien hyödyt ja haitat

6 LÄHTEET

Amazon Web Services. (2020). *Amazon Web Services*. Noudettu osoitteesta Amazon EC2: https://aws.amazon.com/ec2/?nc2=h_q1_prod_fs_ec2&ec2-whats-new.sort-by=item.additionalFields.postDateTime&ec2-whats-new.sort-order=desc

Breiter, G.;Lindquist, D.;Naik, V.;Rajaraman, B.;Reindhardt, H.;Thomas, M.;& Tan, Y.-S. (2012). *Yhdysvallat Patenttinro 2012/0204187 A1* .

Carlin, S.;& Curran, K. (2011). *Cloud Computing Security*. Ulster: International Journal of Ambient Computing and Intelligence.

Cloud Security Alliance. (2017). *Security Guidance For Critical Areas of Focus In Cloud Computing v4.0*. Cloud Security Alliance.

Demchenko, Y.;Ngo, C.;Wlodarczym;T., W.;Chunming, R.;& Ziegler, W. (2011). *Security Infrastructure For On-demand Provisioned Cloud Infrastructure*. IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science.

Drake, N.;& Turner, B. (2020). *TechRadar*. Noudettu osoitteesta Best IaaS in 2020: Infrastructure as a Service providers: <https://www.techradar.com/best/best-iaas-providers>

Ensi-Maria. (1. Elokuu 2017). *IaaS, PaaS, SaaS - What do they mean?* Haettu 9. Joulukuu 2020 osoitteesta Cloud On Move: <http://cloudonmove.com/iaas-paas-saas-what-do-they-mean/>

Eurostat. (2018). *Cloud computing services used by more than*. Eurostat News Release.

Foote, K. (2017). *Dataiversity*. Noudettu osoitteesta A Brief History of Cloud Computing: <https://www.dataiversity.net/brief-history-cloud-computing/>

Gartner. (13. Lokakuu 2019). *Gartner*. Noudettu osoitteesta Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud Revenue to Grow 17% in 2020: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-11-13-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-revenue-to-grow-17-percent-in-2020>

Google. (2020). *Google Cloud*. Noudettu osoitteesta Why Google Cloud: <https://cloud.google.com/why-google-cloud>

Grym, A. (22. 11 2019). Pilvipalveluiden käyttö yleistyy finanssialalla. *Pilvipalveluiden käyttö yleistyy finanssialalla*. Suomi: Euro ja talous.

Hinz, M.;Piegas, G.;& Charles, M. (2018). *A Cost Model for IaaS Clouds Based on Virtual Machine*. J Grid Computing.

Hirra, S. (2017) *Internet of Things: Future of Cloud Computing*. Department of CSE, SEST.

Huang, X.;Xiang, Y.;& Li, K.-C. (2016). *Green, Pervasive and Cloud Computing*. 11th International Conference, GPC 2016.

IBM. (2020). *IBM*. Noudettu osoitteesta IBM Cloud Products: <https://www.ibm.com/cloud/products>

Kaminska, M.;& Smihily, M. (2019). *Cloud computing - statistics on the use by enterprises*. Noudettu osoitteesta Eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises

Kavis, M. (2014). *Architecting the Cloud : Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS)*. John Wiley & Sons, Incorporated.

Krutz, R.;& Vines, R. (2010). *Cloud Security: A Comprehensive Guide to Secure Cloud Computing*. John Wiley & Sons.

Kung-Kiu, L.;Winfried, L.;& Ernesto, P. (2013). *Service-Oriented And Cloud Computing*. Malaga: Second European Conference, ESOC 2013.

Kärpäniemi, S. (5. Syyskuu 2018). *Suomalaiset yritykset merkittäviä pilvipalveluiden käyttäjiä Euroopassa*. Noudettu osoitteesta Ficom: <https://www.ficom.fi/ajankohtaista/uutiset/suomalaiset-yritykset-merkittavia-pilvipalveluiden-kayttajia-euroopassa/>

Laatikainen, G.;& Ojala, A. (2014). *SaaS architecture and pricing models*. Proceedings of the 2014 IEEE international conference on services computing (SCC 2014).

Liu, J.;Goraczko, M.;James, S.;Belady, C.;Lu, J.;& Whitehouse, K. (2011). *The Data Furnace: Heating Up with Cloud Computing*. Microsoft Research, Computer Science Department University of Virginia.

Marinescu, D. C. (2013). *Cloud Computinh: Theory and Practice*. Morgan Kaufmann.

Mazhelis, O. (2012). *Costs of Using Hybrid Cloud Infrastructure: Towards a General Framework*. In Proceedings of 3rd International Conference on Software Business (pp. 261-266) Lecture Notes in business information processing; Vol. 114. Springer.

Mazhelis, O.;& Tyrväinen, P. (2011). *Economic Aspects of Hybrid Cloud Infrastructure: User Organization Perspective*. Information Systems Frontiers: a journal of research and innovation.

Mell, P.;& Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.

Microsoft. (2020). *Microsoft Azure*. Noudettu osoitteesta Azure Solutions: <https://azure.microsoft.com/en-us/>

Microsoft. (2020). *The carbon benefits of cloud computing*. Microsoft.

Ojala, A.;& Helander, N. (2014). *Value creation and evolution of a value network: A longitudinal case study on a Platform-as-a-Service provider*. In Proceedings of 47th Hawaii International Conference on System Science (HICSS 2014).

Ojala, A.;& Puhakka, V. (2013). *Opportunity Discovery and Creation in Cloud Computing*. IEEE Conference Proceedings.

Oracle Cloud. (2020). *Oracle Applications*. Noudettu osoitteesta Define your future with Oracle Fusion Cloud Applications: <https://www.oracle.com/applications/>

Pethuru, R.;& Anupama, R. (2018). *Software-Defined Cloud Centers*. Springer International Publishing.

Plummer, D.;& Bittman, T. (2008). *Cloud Computing: Defining and Describing an Emerging*. Gartner.

Poonam R., Neha R & Shikha S. (2013) Cloud Security Requirements. Govind Ballabh Pan University of Agriculture and Technology.

- Radu, L.-D. (2017). *Green Cloud Computing: A Literature Survey*. Department of Research, Faculty of Economics and Business Administration, Alexandru Ioan Cuza University.
- Rasi, K. (2019). *Advance IT Solutions*. Noudettu osoitteesta Pilvipalvelut: <http://www.advance.fi/wp-content/uploads/2019/10/Advance-raportti-Pilvipalvelut-yrityksiss%C3%A4-Yhteenvedo-vuonna-2019-suoritetun-markkinatutkimusten-vastauksista.pdf>
- Statista. (2018) *Global data center IP traffic from 2013 to 2021*. Statista.
- Tilastokeskus. (2015). *Tietotekniikan käyttö yrityksissä 2015*. Suomen virallinen tilasto.
- Tilastokeskus. (2018). *Tietotekniikan käyttö yrityksissä*. Noudettu osoitteesta Pilvipalvelut: https://www.stat.fi/til/icte/2018/icte_2018_2018-11-30_kat_003_fi.html
- Ukil, A.;Debasish, J.;& De Sarkar, A. (2013). *A SECURITY FRAMEWORK IN CLOUD COMPUTING*. International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA), Vol.5, No.5,.
- Yogendra J. & Pramod K. (2012) *Energy Efficient Thermal Management of Data Center*. Springer.