

Kalle Penttilä

# JULKISEN PILVEN EDUT JA HAITAT VERRATTUNA OMAAN KONESALIIN

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta  
Pro gradu -tutkielma  
Toukokuu 2023

## TIIVISTELMÄ

Kalle Penttilä: Julkisen pilven edut ja haitat verrattuna omaan konesaliin  
Pro gradu -tutkielma  
Tampereen yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteiden tutkinto-ohjelma  
Toukokuu 2023

---

IT-palveluja on siirretty viime vuosina yritysten omista perinteisistä konesaleista kiihtyvällä tahdilla julkiseen pilveen globaaleille toimijoille. Pilveen siirrolla tai pilven käyttöönotolla tarkoitetaan yleensä kolmea suurinta pilvipalveluntarjoajaa, jotka ovat Amazon Web Services (AWS), Google Cloud Platform (GCP) ja Microsoft Azure. Näiden lisäksi on lukematon määrä IT-palvelutaloja, joiden pilvipalvelu täyttää monia pilvipalvelun määritelmiä kuten esimerkiksi palvelun saa käyttöön tarvittaessa (On-demand) ja joustavuus (Rapid Elasticity), mutta eivät ole isojen toimijoiden tavoin hyperskaalattavia.

Tämän tutkielman tarkoitus on tutkia nopeasti etenevää tarjontaa pilvipalveluissa ja vertailla niitä sekä toisiinsa että perinteisempään konesalitarjontaan. Työn ensimmäisenä tavoitteena on perehtyä pilvipalveluun siirtymisen riskeihin saatavuuden ja taloudellisuuden lähtökohdista. Toisena tavoitteena on löytää työkaluja riskienhallintaan. Tutkimusmenetelmänä työssä käytetään kirjallisuuskatsausta.

Työn lopputuloksena löydettiin pilvipalvelujen käytön riskejä pienentäviä asioita, joita ovat esimerkiksi pilvistrategia ja automaation hyödyntäminen. Toisaalta perinteinen konesalituotanto ei ole poistumassa ja siitä luopuminen kokonaisuudessaan julkisen pilvipalvelun käyttöön siirtymällä on riskejä kasvattava asia.

Avainsanat: Pilvipalvelut, julkinen pilvi, konesali

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PILVIPALVELUT</b> .....	<b>4</b>
2.1. Pilvityypit lyhyesti .....	4
2.2. Vastuualueet .....	6
2.3. Pilvityypit ja -palvelut tarkemmalla tasolla .....	7
2.3.1. SaaS - Software as a Service.....	7
2.3.2. PaaS - Platform as a Service .....	10
2.3.3. IaaS - Infrastructure as a Service .....	12
2.4. Pilvipalvelujen tuotantomallit .....	13
<b>3. IT-STRATEGIA JA PILVISTRATEGIA</b> .....	<b>17</b>
3.1. Pilvistrategian malli .....	17
3.2. Pilvistrategian kehittäminen.....	20
<b>4. KONESALI</b> .....	<b>22</b>
4.1. Konesalin määritelmä .....	22
4.2. Konesalien kehitys .....	22
4.3. Konesali palveluna .....	23
4.4. Konesalin laitteisto ja ohjelmisto.....	27
4.5. Virtualisointi .....	27
<b>5. PILVIPALVELUN KÄYTTÖ JA USKOMUKSET</b> .....	<b>29</b>
5.1. Katsaus markkinatilanteeseen.....	29
5.2. Pilvipalveluun liittyvät uskomukset .....	30
5.3. Valtionhallinnon pilvipalvelulinjaukset .....	32
<b>6. PILVIPALVELU JA PERINTEINEN KONESALI</b> .....	<b>34</b>
6.1. Julkisen pilvipalvelun pienemmät aloituskustannukset.....	34
6.2. Joustavuus, nopeus ja innovaatio .....	37
6.3. Kustannusten vertailu perinteisen konesalin ja pilvipalvelun välillä .....	37

<b>6.4. Riskien pienentäminen.....</b>	<b>38</b>
<b>7. JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>42</b>
<b>8. YHTEENVETO .....</b>	<b>44</b>
<b>9. VIITELUETTELO .....</b>	<b>45</b>

## LYHENTEET JA SANASTO

API	Application Programming Interface, Ohjelmiston tai sovelluksen rajapinta
AWS	Amazon pilvipalveluympäristö
CCoE	Cloud Center of Excellence, pilvipalveluihin erikoistunut monitoimitiimi
Cloud First	Pilvipalvelua pidetään ensisijaisena tuotantomallina muutosvaiheessa
CMDB	Configuration Management Database, IT-infrastruktuurin konfiguraatiotiedot
GCP	Google Cloud Platform, Googlen pilvipalveluympäristö
GDPR	Yleinen tietosuoja-asetus
IaaS	Infrastructure as a Service, Infrastruktuuri palveluna
ITSM	IT Service Management, IT-palveluiden hallintaprosessi
Lift and Shift	Ohjelma tai palvelu siirretään muuttamattomana perinteisestä konesalista pilvipalveluun
On-Premise	Paikallinen konesali, perinteinen konesali
PaaS	Platform as a Service, sovellusalusta palveluna
Pilvi	Konesalin laitteiden päällä ole abstraktiokerros, josta tuotetaan tietoteknisiä palveluja
SaaS	Software as a Service, sovellus palveluna
SLA	Service Level Agreement, palvelutasosopimus

## 1. JOHDANTO

Sähköisten palvelujen käyttö ja tarjonta on lisääntynyt voimakkaasti internetin tulon myötä. Esimerkiksi Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen mukaan joka viides on asioinut sosiaali- tai terveydenhuollon ammattilaisen kanssa sähköisesti ja suurin osa väestöstä on käyttänyt sosiaali- ja terveydenhuollon digitaalista Omakanta-palvelua vuonna 2020. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2021)

Sähköisiä palveluja tuotetaan konesaleista ja teknologian kehittyminen on mahdollistanut uuden tuotantomallin, joka on saanut nimekseen pilvipalvelu. Pilvipalvelu on jaettu kahteen kerrokseen. Alempi on fyysinen, mikä koostuu laitteista, jotka tuottavat palvelua abrakstille kerrokselle, joka on fyysisen kerroksen päällä oleva ohjelmisto ja nämä yhdessä muodostavat käsitteen pilvi. (Mell & Grance, 2011)

Erilaisia pilvipalveluja on tarjolla lukematon määrä, mitä mielikuvituksellisimpiin tarpeisiin, sekä päivittäisten asioiden hoitoon olevaa tarjontaa, mistä esimerkkinä hyvin monelle tuttu ja yleinen pilvipalvelu Googlen Gmail-sähköposti. Gmail-palvelua käyttää maailmanlaajuisesti 1.8 miljardia käyttäjää ollen suurin sähköpostialusta (Techjury, 2023). Pilvipalvelun palvelujen käyttöön tarvitaan tietokone tai vastaavalla internet-yhteydellä varustetulla väline, joka voi olla matkapuhelin tai mikä tahansa mobiiliväline. Yleisin käyttöliittymä pilvipalveluun on internet-selain.

Pilvipalvelujen käyttö on myös hyvin laajalle levinnyt yrityksissä. Vuonna 2022 maksullisia pilvipalveluja vähintään kymmenen hengen yrityksistä käytti 83 % ja suuryrityksistä lähes kaikki. Yrityksillä käytetyin pilvipalvelu on sähköposti. Sen jälkeen tulee erilaiset toimistosovellukset sekä tietojen tallennukset. Vähiten käytetty pilvipalvelu yrityksillä on alustapalvelu sovelluksille. (Tilastokeskus, 2022)

Valtaosassa yrityksiä on pilvipalvelun käyttö nykypäivää ja tietotekniikan käytön tehostaminen on tärkeä osa liiketoiminnan kilpailukyvyyn kasvattamista. Koska pilvipalvelujen käyttö on yleistynyt, niin kysymys on lähinnä siitä, millä tavoin pilveä kannattaa käyttää. Tutkielman aiheena on tutkia, voidaanko oikeanlaisella pilvipalvelun ja perinteisen konelain käytöllä saada kustannushyötyä tai muita kilpailutekijöitä kilpailijoihin verrattuna. Kustannustehokas pilvipalvelun käyttö voi olla jopa välttämätöntä kilpailussa mukana pysymisen kannalta.

Pilvipalveluilla viitataan useimmiten julkisia pilvipalveluja tarjoaviin kolmen suurimman toimijan hyperskaalattaviin Google Cloud Platform (GCP), Amazon Web Service (AWS) ja Microsoft Azuren alustoihin ja tarjontaan. Pilvipalveluja voidaan tuottaa myös pienemmän skaalauksen omaavilta alustoilta ja palvelua voi ostaa monelta eri pilvipalvelun tarjoajalta, mutta selvyuden vuoksi julkisella pilvipalvelulla tarkoitetaan tässä työssä kolmea suurinta toimijaa.

Tutkimusongelmana työssä käsitellään pilvipalveluun liitettyjä lupauksia. Tästä esimerkkinä lupaus säästyvistä kustannuksista ja tähän tukeutuen esimerkiksi valtionvarainministeriö (2018) ohjaa julkista hallintoa siirtymään julkisen pilven käyttöön paikallisista konesaleista ”pilvi ensiksi -ohjeistuksella”. Viitteitä mahdollisesta kuluja lisäävästä vaikutuksesta antaa Loukidesin tutkimus (2021), jossa pilvipalvelujen käyttäjien suurin huolenaihe on kustannusten hallinta. Pilvipalvelujen käyttötavalla ja optimoinnilla on suuri merkitys, millaisia hyötyjä on mahdollista saavuttaa.

Tutkimusongelmasta on johdettu tutkimuskysymys: Miten pienentää riskejä julkisen pilven kanssa toimiessa?

Tutkimuskysymyksen avulla yritetään saada vastausta, miten pilvipalvelujen kanssa pitäisi toimia, etteivät riskit toteudu. Riskeillä tässä tutkimuksessa lähinnä viitataan taloudellisiin riskeihin.

Tämän tutkielman tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuskatsaus, joka on kirjallisuuden avulla toteutettu laadullisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen yhdistelmä. Tutkimuskohteina ovat perinteinen konesali ja pilvipalvelu.

Tutkimuksessa vertaillaan pilvipalvelua ja perinteistä konesalia, jolloin tutkimus on myös vertailevaa tutkimusta. Pilvipalveluille annetaan arvolupauksia verrattuna perinteiseen konesalituotantoon ja vertaileva tutkimus on näiden kahden tuotantomallissa, jolla voidaan selvittää niiden eroja ja yhtäläisyyksiä ja tavoitteena on löytää vastaus, mihin pilvipalveluille annetut arvolupaukset perustuvat. Vertaileva tutkimus voi olla sekä laadullista ja määrällistä tutkimusta. Laadullisella tutkimuksella on erilaisia lähestymistapoja paljon ja yhtä ainoaa määritelmää tutkimukselle on mahdoton antaa (Juhila). Lähteinä on käytetty eri lähteistä löytyvää kirjallisuutta, internetissä olevia julkaisuja ja IEEE Xplore -sivustolta löytyviä tutkimuksia. Lähdemateriaali on pyritty pääasiassa rajaamaan enintään muutaman vuoden vanhoihin julkaisuihin. Pilvipalvelut ja siihen liittyvä teknologia on nopeassa muutoksessa, niin

siihen liittyvä kirjallisuus ja tutkimukset vanhenevat suhteellisen lyhyessä ajassa uusien teknologioiden tullessa markkinoille.

Tästä tutkielmasta on rajattu pois pilvipalveluun liittyvät tietoturvakysymykset, koska se olisi yksistään jo yhden tai useamman tutkielman aihe ja pilviteknologian tietoturvasta on paljon hyviä ja laadukkaita tutkimuksia jo ennestään.

Tutkielman rakenteena on käydä aluksi läpi eri pilvituotantomalleja ja terminologiaa luvussa kaksi. Kolmannessa luvussa käsitellään pilvipalvelustrategiaa ja sen muodostamista. Konesalia käsitellään laajasti pilvipalvelujen jälkeen luvussa neljä, koska pilvipalvelu itsessään ei voi olla olemassa ilman fyysistä kerrosta ja pelkästään pilvipalvelujen käyttö ainoana tuotantomuotona ole välttämättä ainoa mahdollinen tapa tuottaa tietoteknisiä palveluja tulevaisuudessa, jolloin vaihtoehtona on perinteinen konesali. Luvussa viisi käsitellään pilvipalvelujen käyttöä ja uskomuksia. Kuudennessa luvussa vertaillaan perinteistä konesalia ja pilvipalvelua sekä pyritään tunnistamaan pilvipalveluihin siirtymiseen liittyviä riskejä ja hyviä käytäntöjä. Seitsemännessä luvussa ovat johtopäätökset ja kahdeksas luku kertoo yhteenvedon. Tutkielmassa käsitellään pilvipalveluja enimmäkseen yrityksen näkökulmasta ja huomiota kiinnitetään erityisesti infrastruktuuri palveluna alueeseen.



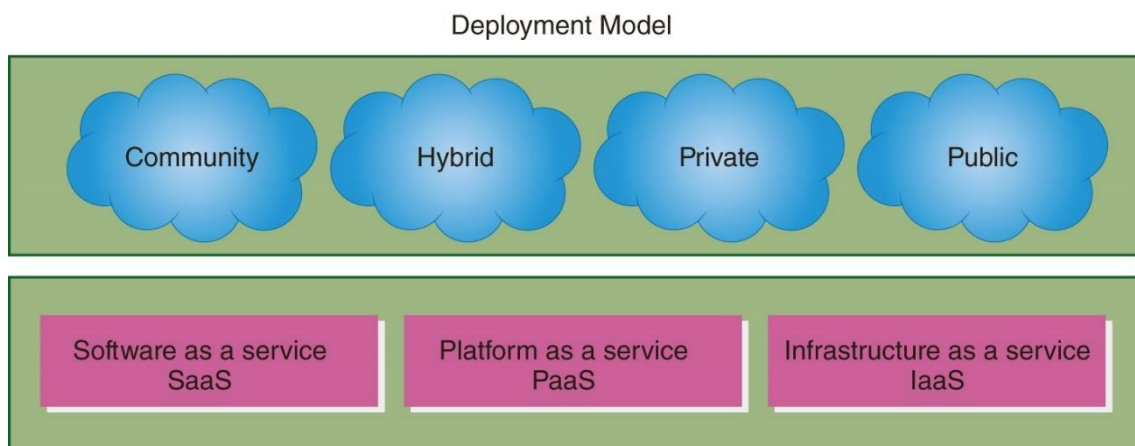
## 2. PILVIPALVELUT

Tässä luvussa käydään läpi pilvipalveluita, pilvipalveluiden määritelmiä, pilvipalveluiden tarjontaa ja sanastoa. Pilvipalveluihin liittyvät mallit on kehitetty samalla tavalla kuin muussakin teollisessa tuotannossa oleviin tuotantomalleihin ja palvelumalleihin. Tuotantomalli kuvaa tapaa, miten yritys valmistaa ja jakelee tuotteitaan asiakkailleen ja palvelumalli kuvaa tapaa, jolla yritys tarjoaa palveluitaan asiakkaalle. Kohdassa 2.1 kuvaillaan pilvipalveluja lyhyesti ja seuraavissa kohdissa tarkemmalla tasolla.

### 2.1. Pilvityypit lyhyesti

Pilvipalvelu-termiä käytetään laajalti ja yksinkertaisimmillaan se on jonkun ylläpitämä resurssi, mikä tarjoaa verkon yli palveluja (Software as a Service - SaaS). Pilvipalveluista puhuttaessa monesti tarkoitetaan julkista pilveä, jonka määritelmää tarkastellaan seuraavassa kappaleessa.

Yhdysvaltain standardisointi- ja teknologiainstituutti (National Institute of Standards and Technology, lyh. NIST) on määritellyt vuonna 2011 pilven (Mell & Grance, 2011). Kuvassa 1 esitellään NIST-instituutin määritelmän pilvityypit ja palvelumallit.



Kuva 1. Pilvityypit ja palvelumallit (Jamsa, 2022).

Pilvipalvelun tyypilliset piirteet on koottu viiteen eri kohtaan:

- Itsepalvelumahdollisuus (On-demand self-service). Palveluntarjoajalta voi tilata itsepalveluna reaaliajassa laskentakapasiteettia, tallennustilaa ja verkon. Provisiointi tapahtuu automaattisesti ja on tyypillisesti muutamassa minuutissa käytössä.

- Pääsy verkosta kapasiteettiin kiinni (Broad network access). Tilattua kapasiteettia voi käyttää laitteella mistä on pääsy internetiin ja laitteessa on käyttöön soveltuva käyttöliittymä kuten esimerkiksi internet-selain.
- Resurssipooli (Resource pooling). Palveluntarjoaja tarjoaa laskentatehoa useille käyttäjille samasta resurssipoolista käyttäjien tarpeen mukaan. Käyttäjillä ei ole tietoa, miltä fyysiseltä koneelta palvelu tulee konesalin sisällä mutta on mahdollista jollain tasolla määritellä, missä palvelua tarjotaan fyysisesti.
- Skaalattavuus (Rapid elasticity). Kapasiteettia voi lisätä tai poistaa joustavasti. Kapasiteetin hallintaa voi automatisoida ja kapasiteettia voi lisätä tai vähentää kysynnän mukaan. Teoriassa käyttäjä voi lisätä kapasiteettia rajattomasti oman tarpeensa mukaan.
- Monitoroitu (Measured service). Palveluntarjoaja monitoroi ja mittaa käytettyjä resursseja, ja tulokset ovat useimmiten käyttäjän käytettävissä läpinäkyvästi. Käyttäjä tietää paljonko prosessointitehoa on käytetty ja levytilaa käytössä.

Pilvestä tarjottu palvelu on koostettu kolmeen pääryhmään palvelumalleiksi:

- Ohjelmistoja palveluna (Software as a Service - SaaS). Tässä palvelumallissa sovellus on pilvessä ja käyttäjä pääsee kytkeytymään siihen erilaisilla asiakasohjelmilla tai kevyellä käyttöliittymällä kuten internet-selaimella. Käyttäjä ei hallinnoi tai näe sovelluksen alla olevaa infrastruktuuria, kuten käyttöjärjestelmää, verkkoja tai levytiloja.
- Sovellusalusta (Platform as a Service - PaaS). Käyttäjä voi tähän palvelumalliin siirtää sovelluksia ja kehittää niitä alustalla. Palveluntarjoajalta tulee ohjelmointikielet, kirjastot ja työkalut. Käyttäjällä ei ole tässäkään mallissa mahdollisuutta päästä käsiksi pilvessä olevaan infrastruktuuriin, joten käyttöjärjestelmät, verkot ja levyt ovat palveluntarjoajan kontrollissa.
- Infrastruktuuri palveluna (Infrastructure as a Service - IaaS). Tässä palvelumallissa käyttäjä voi provisoida palveluntarjoajan konesalista kapasiteettia käyttöönsä, kuten laskentatehoa, levytilaa ja verkkoyhteydet. Käyttäjälle alla oleva pilvi-infrastruktuuri ei näy ja hallinta rajoittuu käyttöjärjestelmätasolle.

Pilvimallit on Yhdysvaltain standardisointi- ja teknologiainstituutin mukaan jaoteltu neljään eri kategoriaan:

- Yksityinen pilvi (Private cloud). Pilvi-infrastruktuuri on rakennettu yhden organisaation monia käyttäjiä varten. Pilvi voi olla organisaation omissa tiloissa

ja hallinta sekä omistus on organisaation omalla vastuulla. Yksityinen pilvi voi olla myös ulkoistettu palveluntarjoajan konesaliin.

- Yhteisöllinen pilvi (Community cloud). Organisaatioilla on yhteinen pilvi-infrastrukturi ja organisaatioita yhdistää joku tekijä, kuten tavanomaista suurempi tietoturva. Organisaatiot voi itse hallinnoida pilveä omissa tiloissa tai pilvi voi olla palveluntuottajan tiloissa, jolloin pilvi tarjotaan palveluna kolmannelta osapuolelta.
- Julkinen pilvi (Public cloud). Julkinen pilvi on avonainen kaikille käyttäjille ja tästä pilvimallista voi tilata resursseja käyttöönsä kuulumatta mihinkään organisaation tai vastaavasti organisaatiot voivat olla julkisen pilven käyttäjiä. Julkinen pilvi sijaitsee palveluntarjoajan tiloissa.
- Hybridipilvi (Hybrid cloud). Hybridi-pilvessä yhdistyy kaksi tai kolme edellisistä malleista ja pilvet on yhdistetty standardoiduilla teknologioilla.

## 2.2. Vastuualueet

Tyypillistä pilven vastuujakomallia havainnollistaa kuva 2. Kaikissa palvelumalleissa virtualisointikerroksen tuottaminen kuuluu palveluntarjoajalle. IaaS-mallissa palveluiden tuottamiseen liittyvä infrastrukturi kuuluu palveluntarjoajan ylläpitämiin palveluihin ja asiakas vastaa palvelusta käyttöjärjestelmätasolta lähtien. PaaS-mallissa käyttöjärjestelmä ei ole käyttäjän hallinnoitavissa ja palvelu tuotetaan ohjelmistoalustan avulla. SaaS-mallissa käyttäjälle jää mahdollisuus mennä rajapinnan kautta käyttämään sovellusta ja palveluntarjoaja vastaa kaikesta palveluntuottamisesta. Taulukossa on myös mukana liiketoimintaprosessi palveluna (Business Process as a Service, BPaaS). Se ei kuulu NIST-instituutin määrittämisen mukaiseen kolmeen pääryhmän palvelumalliin (Mell & Grance, 2011). Esimerkki BPaaS-palvelusta on ulkoistettu palkanlaskenta.

Paikallinen toteutus	IaaS	PaaS	SaaS	BPaaS
Prosessi	Prosessi	Prosessi	Prosessi	Prosessi
Tallennettava data	Tallennettava data	Tallennettava data	Tallennettava data	Tallennettava data
Integraatiot	Integraatiot	Integraatiot	Integraatiot	Integraatiot
Sovelluksen parametointi	Sovelluksen parametointi	Sovelluksen parametointi	Sovelluksen parametointi	Sovelluksen parametointi
Sovellus	Sovellus	Sovellus	Sovellus	Sovellus
Tekninen turvallisuus	Tekninen turvallisuus	Tekninen turvallisuus	Tekninen turvallisuus	Tekninen turvallisuus
Väliohjelmistot	Väliohjelmistot	Väliohjelmistot	Väliohjelmistot	Väliohjelmistot
Tietokannat	Tietokannat	Tietokannat	Tietokannat	Tietokannat
Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä
Virtualisointi	Virtualisointi	Virtualisointi	Virtualisointi	Virtualisointi
Palvelimet	Palvelimet	Palvelimet	Palvelimet	Palvelimet
Tallennus	Tallennus	Tallennus	Tallennus	Tallennus
Tietoliikenne	Tietoliikenne	Tietoliikenne	Tietoliikenne	Tietoliikenne
Konesali	Konesali	Konesali	Konesali	Konesali

■ = Asiakas vastaa / järjestää    ■ = Palveluntarjoaja vastaa / järjestää

Kuva 2. Vastuunjako erilaisissa palvelumalleissa (Valtiovarainministeriö, 2020b).

### 2.3. Pilvityypit ja -palvelut tarkemmalla tasolla

Kohdan 2.3 alakohdissa esitellään pilvityyppejä kirjallisuuden kautta. NIST-instituutti määrittelee peruskäsitteet pilvipalveluille ja sen lisäksi avataan pilviteknologian käsitteitä tarkemmin.

#### 2.3.1. SaaS - Software as a Service

Tässä alakohdassa tarkastellaan palvelumallin ohjelmistoja palveluna piirteitä. SaaS on yleisin ja helppoiten käyttöönotettava pilvipalvelumalli. Organisaation on kohtuullisen yksinkertaista ottaa sovellus käyttöön pilvestä. Palvelun tuottaminen itse omasta konesalista vaatii laskentakapasiteetin kuten fyysisen koneen tai virtuaalikoneen, käyttöjärjestelmän ja levyt datan tallentamista varten. Lisäksi on oltava ylläpito alustapalvelulle sekä sovellukselle. Nämä piirteet jäävät pois SaaS-mallista. Palvelun käyttöönotto on nopeampaa, kun kapasiteetin hankinta, käyttöjärjestelmä ja sovellusasennukset jäävät pois. (Jamsa, 2022)

SaaS-malli on myös usein yrityskäyttäjille ensimmäinen kosketuspinta pilvipalveluihin. Office 365 ja nykyiseltä nimeltään Microsoft 365 on yksi yleinen ohjelmisto, joka on saatavilla palveluna pilvestä. Ohjelmistopakettiin kuuluvaa Word-tekstinkäsittelyohjelmassa voidaan käyttää pilvestä internet-selaimen avulla asentamatta sovellusta työasemalle. SaaS-sovellus yleisesti tuottaa tiettyä liiketoimintaprosessia, kuten asiakas- tai henkilöstöhallintaa tai myyntiä. Yrityskäyttäjät ovat huomanneet sovelluksen olevan pilvessä helpommin käytettävissä kuin perinteisestä konesalista

tuotettuna. Palvelut pilvestä käytön lisääntyessä, niin samanaikaisesti siihen liittyvä kustannus kasvaa ja kustannusten hallinnan merkitys kasvaa. (Hurwitz & Kirsch, 2020)

SaaS-sovellukset tukevat perinteistä sovellusten kustomointia ja konfigurointia (configuration and customization). Käyttäjä voi parametreista säätää palvelun toiminnallisuutta ja käyttöliittymän näkymää. Käyttäjillä on henkilökohtaiset asetukset säädettävissä ja esimerkiksi käyttöliittymään voi tuoda organisaation värit näkyviin, jos tällaisen mahdollisuuden on sovelluksen toimittaja suunnitellut parametreihin. (Manvi & Shyam, 2021, luku 6.2)

SaaS-sovelluksilla on usein lyhyempi päivitysväli kuin perinteisillä sovelluksilla. SaaS-palvelussa palveluntarjoaja päättää päivityksistä ja päivitys tulee kaikille käyttäjille. SaaS-palvelun piirteisiin kuuluu yksi käytössä oleva versio. Vanhempien versioiden käyttö ja ylläpito ei ole mielekäs kustannusten ja resurssien käytön vuoksi. Käyttäjän pitää huomioida, ettei päivitystä voi välttää ja päivityksessä voi kadota tarpeellisia toimintoja ja tarpeettomia tulla tilalle. (Manvi & Shyam, 2021, luku 6.2)

Seuraavassa on listattu pilvipalveluille yleisiä ominaisuuksia SaaS-palvelun näkökulmasta:

- SaaS-sovellukset ovat usein suunniteltu sisältämään yhteisiä palveluja ja samaa sovellusta voi käyttää eri toimialueilla toimivat yritykset ja organisaatiot.
- Samaa ohjelmistoa samanaikaisesti käyttää useat asiakkaat (Multi-tenancy). SaaS-palvelussa infrastruktuuri on yhteiskäytössä muiden asiakkaiden kanssa ja tiedot on varastoitu fyysisesti samaan paikkaan. Joissakin tapauksissa palveluntarjoajalta on mahdollista saada yksittäinen asennus sovelluksesta, jolloin sovellus ei ole jaetussa käytössä.
- SaaS-palvelut ovat mitoitettavissa käyttäjän tarpeen mukaan. Palvelusta saa esimerkiksi lisää levytilaa tarpeen vaatiessa ja toisaalta sitä voi myös vähentää ja tämä tapahtuu lähes viivettä.
- Monessa palvelussa on myös itsepalvelumahdollisuus lisätä resursseja. Palvelusta riippuen SaaS-portaalissa on mahdollista lisätä lisenssejä ja hoitaa tai saada erilaisia palveluun liittyviä asioita ilman suoraa yhteydenottoa palveluntarjoajaan. Tämä ei vielä poista monimutkaisemmissa tapauksissa tarvetta asioida palveluntarjoajan tukitiimien kanssa.
- Yleisesti SaaS-sovellukset ovat integroitavissa muihin sovelluksiin rajapintojen avulla täydentäen muiden sovellusten toimintaa.

- Palvelussa voi olla sisäisiä konfigurointityökaluja, joilla voidaan liiketoimintaprosesseja muokata yrityksen sisäisen tarpeen mukaan. Työkalulla voi muuttaa palvelun prosessia nopeasti ilman ohjelmointia.
- SaaS-sovellukset kehittyvät jatkuvasti ja uudet toiminnallisuudet tulevat käyttöön ilman tuotantokatkoja. Jatkuva kehitys ja operointi (DevOps) on yleinen piirre palveluja pilvestä -mallissa.

Palvelun yhteiskäytön takia palveluntarjoajalla on iso vastuu pitää asiakkaiden tiedot ja data erillään toisistaan, ja samalla varmistaa, ettei tietomurtoja tapahdu. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 9)

Perinteinen ohjelmisto on suunniteltu yhden kuluttajan tai asiakasyrityksen kerrallaan käytettäväksi, kun taas SaaS-ohjelmisto suunnitellaan alun perinkin moniasiakaskäyttöön ja se onkin yksi suurimmista eroista näiden ohjelmistojen välillä. (Sarkar & Shah, 2015)

Suurin etu moniasiakaskäytössä on kustannusten säästö. Infrastruktuuri on jaettu usean maksajan kesken ja sovelluksen operointikulut jakaantuvat eri käyttäjille. Ylläpidosta tai päivityksistä ei peritä erillistä ylläpitomaksua. Päivitykset ja uudet ominaisuudet sisältyvät palvelun käyttömaksuun. Koska on vain yksi ohjelmistoinstanssi käytössä, niin sen päivittäminen, ylläpito ja skaalautuminen on tehokkaampaa verrattuna useaan eri sovellusversioon jaettuna asiakkaiden konesaleihin. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 9)

Moniasiakaskäytön hyödyt voivat myös kääntyä haitoiksi joissakin tapauksissa. Samassa instanssia olevien asiakkaiden tietojen eristäminen toisistaan on tarkasti huomioitava, mikä aiheuttaa erityisiä turvaamistoimenpiteitä. Yhden asiakkaan resursseja kuluttava käyttö voi heijastua muille asiakkaille esimerkiksi suorituskyvyn laskuna. Sovelluksen kustomointi on vaikeampaa verrattuna yhden asiakkaan käytössä olevaan instanssiin ja sovellukseen. Kustomoinnissa on pidettävä mielessä kaikki käyttäjät. Tätä on huomioitu kehittämällä sovellukseen muokattavuutta mutta kaikkien käyttäjien erityistarpeita on lähes mahdoton toteuttaa. Huolto ja ylläpitotoimenpiteet vaikuttavat kaikkiin käyttäjiin yhtäaikaaisesti ja niihin ei voi juuri vaikuttaa aikataulullisesti. (Manvi & Shyam, 2021, luku 6.5)

SaaS-tyyppisiä palveluja on runsaasti tarjolla ja joissakin tapauksissa pilvipalveluja pääsee käyttämään ilmaiseksi, kun on päätelaite ja verkkoyhteys olemassa. Usein ilmaistarjonta on sovelluksesta karsittu versio ja maksamalla saa resursseja lisää

käyttöön. Esimerkkejä ilmaisista SaaS-tyyppisistä palveluista ovat Google Drive -tiedostojen tallennuspalelu ja Zoho CRM, joka tarjoaa toimintoja asiakkuudenhallintaan. Palveluista saa lisäominaisuuksia käyttöönsä maksamalla palvelusta. Maksullisista palveluista tunnettu on striimauspalvelu Netflix. SaaS-palvelun tunnusmerkit täyttävää Netflixia käytetään internetin kautta ja käytössä on mittava määrä erilaisia elokuvia ja ohjelmia ilman tarvetta noutaa erillistä fyysistä mediaa esimerkiksi videovuokraamosta.

Tässä alakohdassa on käsitelty ohjelmistoja palveluna pilvestä, mikä on kaikkein yleisin ja levinnein pilvipalvelun käyttömuoto. Pilvipalvelujen käyttö on hyvin arkipäiväistynyt ja niitä käytetään töissä sekä vapaa-ajalla erityisemmin asiaan huomiota kiinnittämättä. SaaS on loppukäyttäjille tarkoitettu palvelumuoto, kun taas seuraavassa alakohdassa läpikäytävä PaaS on sovelluskehittäjien suosima pilvipalvelu.

### **2.3.2. PaaS - Platform as a Service**

Alusta palveluna -malli on yrityksille ja sovelluskehittäjille tuotu pilvipalvelu. Kehittäjän ei tarvitse mallissa hallinnoida palvelun pyörittämiseen käytettävää alustaa. Käyttöjärjestelmän palvelinhallinta tulee palveluntarjoajalta sekä sovelluskehitykseen tarvittavat kielet ja alusta. Sovelluskehittäjä voi keskittyä verkkopohjaisen sovelluksen kehittämiseen ja julkaisemiseen. PaaS-palvelun resurssit ovat skaalattavissa ylös ja alas samoin kuin muissakin palvelumalleissa. PaaS-palvelun tuottaminen ei ole sidottu julkisen pilven tarjoamaan alustaan, missä palvelun tarjoaja huolehtii verkosta, käyttöjärjestelmästä ja muusta infrastruktuurista. Vaihtoehtoisesti voi PaaS-palvelua tuottaa yksityisestä pilvestä tai käyttää julkisen pilven IaaS-palvelua. (Manvi & Shyam, 2021, luku 6.6)

Pilvipalveluiden kehityskaaressa IaaS-palvelu oli ennen PaaS-palvelua. IaaS tarjoaa perusinfrastruktuurin ja kun infrastruktuuri oli saatavilla, niin kehittäjät keskittyivät sovellusten kehittämiseen ja ajamiseen. Tämä johti PaaS-palvelun syntymiseen. Palvelun perusidea on nopeuttaa ohjelmistojen kehittämistä. Sovelluksen kehittämisen aloitus on nopeaa, kun kehitysalusta ja työkalut ovat valmiina. PaaS-tekniikan avulla liiketoiminta pyrkii vastaamaan nopeasti asiakkaiden muutostarpeisiin. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 10)

SaaS on loppukäyttäjäpalvelu, kun taas IaaS ja PaaS ovat palveluja, millä tuotetaan ja kehitetään palveluja loppukäyttäjille. Alustapalvelun käyttäjäryhmä on sovelluskehittäjät ja infrastruktuuripalvelun käyttäjinä ovat arkkitehdit. Pilvimaailmasta

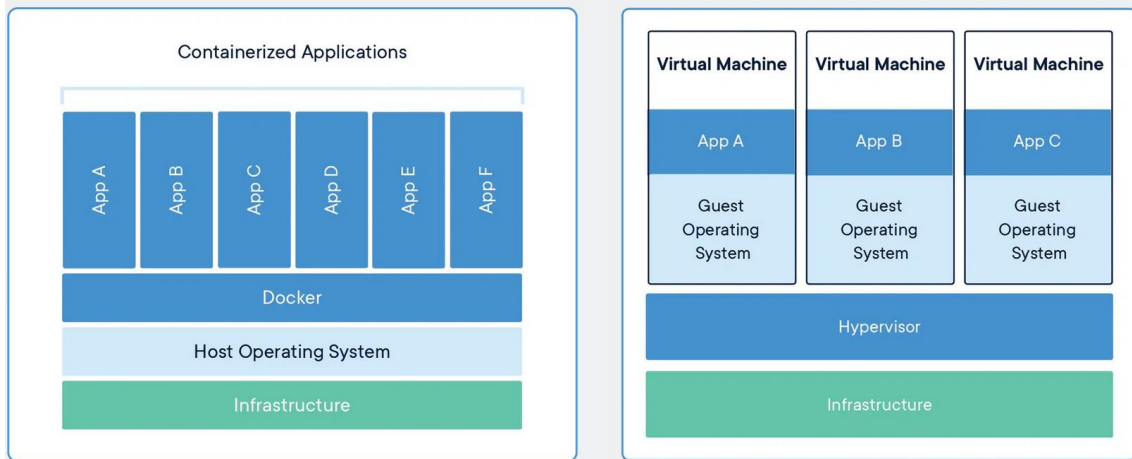
puhuttaessa voidaan todeta PaaS-palvelun olevan IaaS-palvelun päällä, koska PaaS ei voi toimia ilman IaaS-palvelun tarjoamaa infrastruktuuria.

PaaS-palveluita tutkiessa ei voi olla törmäämättä kontteihin (Containers). Konttitekniologia on uudempi teknologia kuin PaaS ja vasta viime vuosina se on alkanut tulla tunnetuksi. PaaS-alustoilla hyödynnetään yhä enenevästi konttien käyttöä sovellusten ajamiseen ja hallintaan ja toisaalta PaaS-alustoja voidaan ajaa konteista. Kontti on standardiyksikkö sisältäen sovelluksen ajamiseen tarvittavan koodin ja muut riippuvuudet ja se on teknisesti tiedosto (image). Kontin voi siirtää ympäristöstä toiseen sellaisenaan. Konttia ei ajeta suoraan käyttöjärjestelmän päällä, vaan se tarvitsee toimiakseen kontin ajoympäristön. Ajoympäristö voi olla asennettu käyttöjärjestelmään tai konttia voi ajaa ajoympäristön tarjoavassa PaaS-palvelussa. Tunnetuimpia konttitekniologian kehittäjiä on Docker, jolla on samanniminen avoimeen lähdekoodiin perustuva alustaohjelmisto, joka mahdollistaa sovellusten paketoimisen, ajamisen ja hallinnan konteissa. Dockerin voi asentaa työasemalle, Windows- ja Linux-käyttöjärjestelmiin, perinteiseen konesaliin tai pilveen. Sovelluskehittäjä voi kehittää kontin työasemalla, testata konttia paikallisesti ja julkaista kontin eri ajoympäristöissä. (Docker, 2023)

Heroku esimerkki PaaS-palvelusta, jossa voi ajaa kontteja. Dyno on Herokun konttitekniologiaa ja Dynolla kuvataan eristettyä ympäristöä, josta löytyy kaikki tarvittava sovelluksen suorittamiseen, kuten käyttöjärjestelmä, ajurit ja kirjastot. Koska Dyno on eristetty muista Dyno-ympäristöistä, niin sovelluksen ajaminen ei kuormitustilanteessa aiheuta resurssien vähentämistä muilla samalle alustalle rakennetuille sovelluksilla. (Heroku, 2023)

Kuva 3 kuvaa sovellusten käyttöä konttiympäristössä ja virtuaalikoneilla. Tässä arkkitehtuurissa on laitettu yksi sovellus yhdelle virtuaalikoneelle, joka on tavanomainen käytäntö. Virtuaalikoneiden määrän kasvaessa resurssien kulutus nousee sovellusta kohden nopeammin kuin konttitekniologiassa. Kuvassa voisi olla yksi fyysinen kone alustakoneena molemmissa ratkaisuisissa, jolloin yhdellä fyysisellä koneella ajetaan kaksinkertainen määrä sovelluksia konttitekniologiassa.





Kuva 3. Vertailu konttitekniikan ja virtuaalikoneiden välillä (Docker, 2023).

Konttitekniikkaa on kehittämässä useita yrityksiä ja kehitystyötä standardoi yritysten perustama yhteisö OCI (Open Container Initiative), joka on avoimen lähdekoodin standardi. Standardilla määritellään, miten paketit ja niiden sisältö tulee rakentaa ja miten ne tulee ajaa. Määrittäminen mahdollistaa konttien yhteensopivuuden erilaisissa konttien ajoympäristöissä. Esimerkiksi Dockerilla tehtyä konttia voi ajaa Herokun palvelussa. (OCI, 2023)

PaaS-palvelun yhteydessä konttitekniikkaa käsiteltiin sen takia, koska on nähtävissä sen olevan yhtenä suhteellisen uutena nousevana teknologiana ja kytkeytyvän vahvasti PaaS-teknologiaan mutta se on yleisestikin käytössä eri pilvipalveluissa. Konttien avulla säästetään resursseja ja kontit helpottavat pilviympäristön vaihtoa, kuten esimerkiksi yksityisen ja julkisen pilven välillä voidaan tehdä. Seuraavassa alakohdassa käsitellään IaaS-palveluita, mikä on helpoiten ymmärrettävissä perinteisten konesalituotannon korvaajaksi tai kilpailijaksi.

### 2.3.3. IaaS - Infrastructure as a Service

Infrastructure as a Service on yksinkertaistettuna pilvipalvelumalli, jossa asiakas vuokraa käyttöönsä tietokoneiden ja tallennustilojen verkko- ja hallintaresurssit. Isoilla kaupallisilla toimijoilla IaaS-palvelun käyttöönotto on tehty helpoksi

Palvelun saa käyttöönsä seuraavilla toimilla yleisellä tasolla. Malli voi vaihdella palveluntarjoajan mukaan:

- Rekisteröityminen: Palvelu vaatii rekisteröitymisen ja maksukortin tietojen syöttämisen rekisteröitymisessä syntyneelle tilille.
- Resurssien varaaminen: Asiakas valitsee, mitkä resurssit hän haluaa vuokrata, kuten virtuaalikoneen tai fyysisen koneen, tallennustilat, verkko- ja hallintaresurssit.

- Käyttöjärjestelmän asennus: Asiakas asentaa valitsemansa käyttöjärjestelmän. Asennuksen yhteydessä voi valita määritellä resursseja, mitä voi skaalata myöhemmin.
- Sovellusten asennus ja konfigurointi: Asiakas asentaa tarvittavat sovellukset ja konfiguroi ne toimimaan haluamallaan tavalla.
- Käyttöönotto: Konfiguroinnin jälkeen sovellusten käytön voi aloittaa ja niitä voi hallinnoida IaaS-palveluntarjoajan tarjoamien työkalujen avulla.

IaaS-palvelu on suunniteltu itsepalveluympäristöksi ilman ihmiskontaktia palveluntarjoajaan. Käyttäjä saa pääsyn pilvipalvelun infrastruktuuriin maksamalla kiinteää maksua tai resurssien käytön mukaan. Maksamisen loppuessa myös pääsy resursseihin päättyy. Yrityksessä pilvipalvelun resurssien hankinta ei välttämättä vaadi IT-osaston mukana oloa, toisin kun yleisesti yrityksen omassa konesalissa toimiessa. Pilvipalvelua käyttöön otettaessa on huolehdittava sovellusten lisensoinnista ja tietoturvasta. Nämä eivät tule automaattisesti palveluntarjoajalta. (Jamsa, 2022, luku 8)

## **2.4. Pilvipalvelujen tuotantomallit**

Seuraavissa alakohdissa kerrotaan vielä tarkemmin tämän tutkielman kohdassa 2.1 esitellyistä tuotantomalleista. Pilvipalvelujen tuotantomallit ovat NIST-organisaation (Mell & Grance, 2011) määritelmän mukaan jaoteltu neljään eri malliin. Kuvaus on hyvin yleisesti käytössä ja siihen viitataan usein pilvipalveluihin liittyvissä julkaisuissa. Seuraavassa käydään kuvaus tarkemmalla tasolla.

### **2.4.1. Yksityinen pilvi**

Yksityisen pilven selvimpiä rajoituksia on sen käyttö rajoitettu yhteen organisaatioon ja kun taas yhteisöllistä pilveä käyttää useampi organisaatio. Puhekielessä yksityisellä pilvellä usein tarkoitetaan yrityksen tiloista (on premise) tuotettua palvelua, joka on yrityksen itsensä hallinnoima. NIST:n määrittelyn mukaan yksityinen pilvipalvelu voi olla myös ulkoistettu palvelun tai konesalin tai molempien osalta organisaation ulkopuoliselle palveluntarjoajalle ollen edelleen yksityinen pilvipalvelu. NIST:n määritelmä on tehty 2011 mutta sen tärkeys on ajan myötä korostunut markkinoiden tuodessa erilaista tarjontaa yrityksille ja kuluttajille. Määrittelyn avulla voi selvittää onko pilvipalvelu julkinen vai yksityinen vai onko se pilvipalvelu ollenkaan. Yksityinen pilvi ei eroa sen suhteen julkisesta pilvestä, etteikö sillä olisi kaikki pilvipohjaisen arkkitehtuurin edut. (Jackson & Goessling, 2018)

Konesalipalveluista on hyvin kattava tarjonta lähtien tilojen vuokraamisesta virtuaalipalvelimien tarjontaan asti. Sovelluksen ajaminen palveluntarjoajan

virtuaalialustalta alustan tarjoamassa käyttöjärjestelmässä ei kuitenkaan tarkoita samaa kuin NIST-määrityksen mukainen pilvipalvelu tai yksityinen pilvi, vaikka alusta olisikin nimetty kaupallisista syistä pilveksi. Yksityinen pilvi on varustettu vastaavilla ominaisuuksilla kuin julkinen pilvi, kuten itsepalvelu, skaalautuvuus, ja mukautuvuus sekä julkisen pilvien lisäksi paremman kontrollin ja muokattavuuden organisaatiolle omistetusta resurssista. Yksityisessä pilvessä on myös automaatio vahvasti mukana, joten skaalaus tapahtuu rajapinnan kautta automaattisesti tai käyttöliittymän kautta. Julkisen pilven ominaisuudet ovat liitettävissä yksityiseen pilveen ja suurimmat erot ovat monikäyttöisyys ja infrastruktuuri on fyysisestikin erotettu jaetusta ympäristöstä. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 1)

Käytännössä yksityisen pilven fyysinen eristäminen on hankala toteuttaa muuten kuin tuottamalla palvelua organisaation omista tiloista. Joissain tapauksissa fyysinen eristäminen voi tarkoittaa vain omaa alustapalvelinta (host) jonka päällä on virtualisointikerros, käyttöjärjestelmät sekä sovellukset. Tilat, verkko ja palomuuuri on jaettu muiden käyttäjien kanssa. Tähän pilvipalvelun tuottajat ovat kehittäneet fyysisen laitteen (appliance), joka voidaan sijoittaa organisaation omaan konesaliin tuottaen palomuurin takaa pilvipalvelua. Laite on tyypillisesti kytketty julkisen pilven palveluihin. Asiakas voi omistaa ja hallinnoida laitetta. Toinen kysymys on, onko ratkaisu enää yksityinen pilvi. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 1)

#### **2.4.2. Julkinen pilvi**

Puhuttaessa pilvestä, niin usein termi yhdistetään suurten kaupallisten toimijoiden pilvipalveluun ja nimenomaan IaaS-tyyppiseen tuotantomalliin sekä julkisen pilven määrityksen täyttävään palveluun. Julkisen pilven palvelun kokeilu ei vaadi erityisiä tietoteknisiä taitoja. Tilin perustaminen ja käyttöjärjestelmän luonti on tehty yksinkertaiseksi ja monet palveluntarjoajat antavat ilmaista käyttöaikaa palveluihin, joiden avulla pääsee kokeilemaan palveluja ainakin rajoitetusti.

#### **2.4.3. Yhteisöllinen pilvi**

Yhteisöllinen pilvi on perustaltaan samanlainen kuin julkinen pilvi erona rajoitettu pääsy. Esimerkkinä on julkishallinnolle tuotettu pilvipalvelu, mikä voi olla julkishallinnon yksittäisen organisaation itse tuottamaa palvelua tai toimittajan tiloista tuotettua. Esimerkkinä toimittajan tiloista tuotettu yhteisöllinen pilvi on Azure Government. Yhdysvaltain virastot ovat kiinnostuneita pilvipalveluista, jotka täyttävät valtion turvallisuus- ja vaatimustenmukaisuusvaatimukset. Azure Government on kehitetty täyttämään Yhdysvaltain hallituksen säädökset ja vaatimukset. Palveluun

pääsee asiakkaaksi Yhdysvaltojen liittovaltion eri hallinnon tasojen kelpoisuusvaatimuksen täytettyään. Vaatimuksena Azure Governmentin käytön aloittamiselle on liittovaltio-, osavaltio- tai paikallishallinnossa toimiminen tai hallintojen kanssa yhteistyön tekeminen. Lisäksi Microsoft tarkistaa kelpoisuuden ennen pääsyä palveluun. (Microsoft, 2022)

#### **2.4.4. Hybridipilvi**

Hybridipilvi on yleinen ratkaisumalli yritysten tietotekniikkapalvelujen tuottamiseen ja se on laajempi käsite kuin muut tuotantomallit. Hybridipilvi-käsitteeseen voi sisällyttää useita eri pilvimalleja, kuten julkinen pilvi tai yksityinen pilvi. Hybridipilven sateenvarjon alla voi olla myös tuotantomalleja, mitkä eivät ole pilvimallisia mukaan lukien perinteinen konesali. Erilaiset palvelut voidaan integroida hybridipilvessä toisiinsa ja esimerkiksi perinteisen konesalin nimipalvelin voi olla yhdistetty pilvipalvelun vastaavaan palvelimeen ja ne voivat varmistaa toistensa toimintaa. Hybridipilven käyttöönotto on tyypillinen tapa aloittaa julkisten pilvipalvelujen käyttö organisaation oman konesalin ohella. (Jackson & Goessling, 2018)

Hybridipilveen on usein sisällytetty pelkästään perinteisen konesalia uudempaa teknologiaa, kuten konttiratkaisut, konttien hallintaympäristö, skaalattava tallennustila ja mahdollisuus vaihtaa laskennan ajoympäristöjä pilvien välillä. (Tittel, 2022)

#### **2.5. Muita tuotantomalleja**

Monipilviympäristö (Multicloud environment) tarkoittaa kahden tai useamman pilven yhdistelmää ja siinä käytetään eri pilvipalvelun tarjoajan palveluja yhdessä. Monipilviympäristö on hybridipilven alla oleva ratkaisu, jossa ei ole mukana perinteisten konesalien tuottamaa palvelua. Monipilviympäristö ei ole niinkään pilvityyppi, vaan enemmän pilvipalvelujen tuottamisen konsepti tai strategia, millä organisaatio voi hajauttaa palvelujen hankintaa erilaisin syin. Syitä ovat esimerkiksi tuotteiden erilainen hinnoittelu ja saatavuus. Palvelujen hajauttamisella voidaan myös pienentää riskejä mahdollisten palvelujen tarjoajan tuotantokatkoksen varalle. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 7)

#### **2.6. Pilvipalvelun palvelutasot**

Palvelutasot ovat tärkeitä pilvipalvelun käyttökokemuksen ja saatavuuden kannalta. Palvelutasosopimus (Service Level Agreement, SLA) on palvelun tarjoajan ja asiakkaan välinen sopimus palvelun laadusta, suorituskyvystä ja saatavuudesta. Palvelutasosopimuksella on tarkoitus varmistaa asiakkaan saavan palvelun sovitulla

tasolla ja sopimus sisältää usein seuraamuksia, jos palvelutaso ei täyty. Palvelutasoa voidaan ilmoittaa prosentteina ja esimerkiksi 99.99 prosenttinen palvelutaso sallii 52 minuutin ja 33 sekunnin mittaisen palvelun alhaalla olon vuodessa ilman seuraamuksia. Korkean käytettävyyden palvelutaso on yleensä palvelutaso 99.999 prosenttia. (Kejariwal & Allspaw, 2017, luku 2)

Palvelutasosopimuksen tavoite on suojata asiakasta huonolta palvelulta mutta vähintään yhtä tarpeellinen sopimus on toimittajalle. Sopimuksen avulla toimittaja varmistaa odotusten olevan asetettu oikein ja suorituskyky arvioidaan oikeudenmukaisesti ja toimittaja sitoutuu sopimuksen määrittelemiin palvelun päällä oloaikaan ja saavutettavuuteen.

Pilvipalvelussa yleisiä palvelutasomittareita on seuraavanlaisia:

- Käytettävyys: Palvelun käytettävyyttä mitataan ajassa. Prosentteina ilmoitettuna kuinka paljon palvelu on käytettävissä. Prosenttimäärä voi olla esimerkiksi 99.5 prosenttia ja voidaan raportoida kuukausittain.
- Suorituskyky: Palvelun suorituskykyä voidaan mitata latausnopeutena tai läpimenoaikana. Myös vastausaika (response time) on tärkeä mittari.
- Turvallisuus: Sopimuksessa voi olla määritelty mittarit tietoturvapoikkeamille.
- Palvelupyynnöt: Vastausajat palvelupyyntöihin ja pyyntöjen toteutuksiin voi olla määritelty palvelutasosopimuksessa.

Palveluntuottajan pitää huomioida palvelutasossa samanaikaisesti asiakkaan tarpeet ja palvelun tuottamisen kilpailukyky. Korkeampi palvelutaso vaatii varajärjestelmien rakentamista ja kalliin infrastruktuurin. Pilvipalveluympäristössä voi olla vikoja, jotka vaikuttavat samanaikaisesti useaan palvelimeen ja kaikki palvelimet eivät välttämättä mahdu varalla olevalle kapasiteetille. Virtuaalialustalla voi olla priorisointijärjestelmä, jos varakapasiteetti ei riitä. (Gonzalez & Helvik, 2012)

### 3. IT-STRATEGIA JA PILVISTRATEGIA

Strategialla tarkoitetaan suunnitelmaa ja yleisesti yrityksillä on liiketoimintastrategia, millä ohjataan liiketoiminnan kehitystä valitun tavoitteen suuntaan. IT-strategia on suunnitelma, miten teknologiaa käytetään tietohallinnon kehittämiseksi ja liiketoiminnan tavoitteiden saavuttamiseen. IT-strategian on tarkoituksenmukaista tukea yrityksen yleistä strategiaa. IT-strategian merkitys liiketoiminnalle on korostunut viime vuosina digitaalisen muutoksen myötä. Digitaalinen transformaatio (Digital transformation) on termi, joka viittaa yrityksen tai organisaation siirtymiseen digitaaliseen aikakauteen ja hyödyntämään teknologian tarjoamia mahdollisuuksia parantaakseen liiketoimintaansa. Liiketoiminnan ja organisaation toimintatapojen ja ajattelutavan muuntamista digitaalisuutta kohti kutsutaan digitaaliseksi muutokseksi. Digitaalisen muutoksen polku voi sisältää esimerkiksi digitaalisten palvelujen tarjoamista, prosessien automatisoimista, tietojärjestelmien ja teknologian päivittämistä ja asiakaskokemuksen parantamista. (Lebeaux & Pratt, 2020)

Pilviteknologioiden hyödyntämisestä on tullut uusi normi jokaiselle digitalisoituvalle organisaatiolle, ja pilvipalveluista on tullut digitaalisen liiketoiminnan perusta, silti Gartnerin (2023) arvion mukaan vain alle kolmanneksella yrityksistä on pilvistrategia. Suomessa suurista yrityksistä lähes kaikki käyttää pilvipalveluja (Tilastokeskus, 2022), niin voidaan arvioida, ettei valtaosalla yrityksistä ole dokumentoitua suunnitelmaa pilvipalvelujen käytöstä.

Pilvistrategia tarkoittaa yrityksen suunnitelmaa siitä, kuinka se hyödyntää pilveä liiketoimintansa tukena. Pilvistrategian tavoitteena on hyödyntää pilven tarjoamia mahdollisuuksia parantaa liiketoiminnan tehokkuutta, joustavuutta ja skaalattavuutta sekä vähentää kustannuksia ja sitä kautta saada kilpailuetua. Pilvistrategian suunnittelu sisältää määritykset pilven palvelujen ja arkkitehtuurin valinnoista, integroinnista olemassa oleviin järjestelmiin ja tietoturvan ja hallinnan huomioon ottamisesta.

#### 3.1. Pilvistrategian malli

Tutkimusyhtiö Gartner (2021) on laatinut pilvistrategialle kymmenen kohtaisen pohjan ja vastaavanlainen on myös Valtionvarainministeriön (2020) Pilvipalvelujen soveltamisohjeen pilvipalvelustrategian mallina. Pilvistrategian ensimmäiseen kohtaan kirjataan yhteenveto, jonka voi kirjoittaa viimeiseksi, kun on tiedossa, mitä pilvistrategia sisältää. Seuraavaksi kohdassa kaksi käydään läpi pilvipalvelun perustermit ja määrittely, mitkä ovat koostettu tämän tutkielman kohdassa 2.1 Pilvityypit lyhyesti, joka on NIST-instituutin laatima määrittely pilvipalveluista.

Pilvistrategian tekemisessä on hyvä välttää uusia vakiintumattomia käsitteitä. Esimerkiksi pilvistrategioissa esiintyvät pilvinatiivi ja monipilviympäristö eivät kuulu NIST-instituutin määrittelyn mukaisiin termeihin ja voi aiheuttaa sekaannusta, siksi dokumentissa kiinnitetään pilvipalvelutermit vakiintuneeseen käytössä olevaan termistöön ja jos käytetään vakiintumatonta termiä, silloin määritellään dokumentissa käytettävä termi sekaannusten välttämiseksi.

Gartnerin pilvistrategiamallin kolmannessa kohdassa määritellään pilvipalvelun mahdolliset hyödyt liiketoiminnan tavoitteisiin. Tässä osiossa kerrotaan, miksi organisaatio on kiinnostunut pilvestä ja mitä hyötyjä liiketoiminnalle pilvipalvelujen käytön kautta voidaan saavuttaa. Hyöty voi olla esimerkiksi IT-kustannusten laskeminen tai liiketoiminnan muutoksen tukeminen.

Neljännessä kohdassa määritellään palvelustrategia. Palvelustrategiassa kuvataan, mistä palvelua tuotetaan erilaisissa tapauksissa. Se voi olla esimerkiksi yrityksen konesalista tai pilvipalvelusta. On tärkeitä eritellä pilven malli tapauskohtaisesti. Onko se julkinen pilvi, hybridipilvi, yhteisöllinen pilvi vai yksityinen pilvi. Eri palvelumallien IaaS, PaaS ja SaaS:n käyttö linjataan sekä niiden soveltuvuus eri tarpeisiin. Esimerkiksi vähemmän strategiset palvelut, kuten ITSM menevät SaaS-palveluun. Tietokannat voivat mennä yksityiseen pilveen kustannusten optimoinnin takia.

Viidennessä kohdassa käsitellään taloudelliset näkökohdat. Pilvipalveluun siirtyminen on teknologinen investointi ja on ymmärrettävä pilvipalvelun hinnoittelumalli. Odotukset säästöjen suhteen ei välttämättä toteudu, jos ei ymmärrä pilvipalvelun kustannusrakennetta. Gartnerin (2021) mukaan IaaS-palvelussa laitteistokustannukset ovat merkittävä tekijä ja on oletettavaa hinnan hitaasti laskevan ajan myötä. SaaS-palvelussa trendinä on taas nouseva hinnoittelu.

Kuudennen kohdan Gartner on nimennyt periaatteiksi, jotka ovat strategisia päätöksiä. Gartner on listannut alla olevat neljä yleisintä periaatetta.

- Periaatteista ensimmäinen on ”Pilvi ensin” (Cloud first). Tämä lähestymistapa viittaa tilanteeseen, kun järjestelmässä ja sovelluksessa tapahtuu kehittämistä tai muutoksia, niin harkitaan pilveä ensisijaisena vaihtoehtona. Pilvi ensisijaisena vaihtoehtona ei ole sama asia kuin pilvi ainoana vaihtoehtona. Pilven käytölle voi olla esteitä, joita voi olla esimerkiksi säädökset (GDPR) tai kustannukset. Gartner suosittelee Cloud first -lähestymistapaa useimmissa tapauksissa ja samoin Valtionvarainministeriö (2018) on päätenyt samaan suositukseen. Jos

kaikkia työkuormia ei voi viedä pilvipalveluun, niin silloin tulee kysymykseen hybridipilvistrategia. Hybridipilvistrategiaan tulee mukaan perinteinen konesali-infrastruktuuri ja suunnitelma sen modernisoinnista tukemaan pilvipalvelun käyttöä. (Trautman, 2018, luku 4)

- Toinen periaate on SaaS-palveluiden käytön suosiminen. Gartner (2021) suosittelee valmiiden ratkaisuiden käyttöä ohjelmistokehityksen sijaan. Pilvipalveluiden rakentaminen on kallista ja parhaan hyödyn saa käyttämällä valmISRatkaisua. Tämän tutkielman kohdan 2.2 kuva 2 havainnollistaa lisäarvon kasvun perinteisestä konesalista siirryttäessä pilvipalveluihin. IaaS-palveluun siirtyminen ei välttämättä juuri tuo lisäarvoa, eikä vastuut merkittävästi vähene, kun taas perinteisestä konesalista SaaS-palveluun siirtyminen tuo enemmän lisäarvoa ja vastuut vähenevät huomattavasti.
- Kolmas periaate on ”Best-of-breed”, jolloin valitaan parhaat ratkaisut eri toimittajilta sen sijaan, että pyrittäisiin käyttämään yhtä pilvipalvelutoimittajaa. Kääntöpuolena tässä periaatteessa on usean toimittajan hallinta, mikä voi lisätä kompleksisuutta. ”Best-of-breed” on hyvin todennäköisesti tie monipilviympäristön käyttöön. Tällä periaatteella on kaksi isoa vaikutusta. Ensimmäinen on, että se ohjaa pilvipalveluiden käyttöön, koska tuotekehitysresurssit ohjautuvat pilviteknologiaan ja toinen on liiketoiminnan suurempi vapaus valita tarpeitaan paremmin vastaava toimittaja aikaisemman rajoitetun toimittajamäärän sijaan.
- Neljäs periaate on monipilviympäristön käyttö. Gartnerin (2021) mukaan liiketoiminnan tulokset saavutetaan parhaiten monen eri pilvipalvelutoimittajan käytöllä. Tästä voi olla hyötynä esimerkiksi toimittajasidonnaisuuden välttäminen.

Seitsemäs kohta Gartnerin mallissa on työkuormien inventointi. Työkuormien omistajuus, riippuvuus ja tietoturva on kerättävä. Työkuormia voi olla paljon, niin kalleimpiin ja kriittisimpiin kannattaa keskittyä aluksi parhaan hyödyn saamiseksi.

Kahdeksas kohta on tietoturva. Pilvipalveluissa tietoturva jakautuu asiakkaan ja pilvipalvelutoimittajan kesken ja on tarkkaan ymmärrettävä, missä rajaukset menevät tietoturvan vastuun ja toteutuksen suhteen. Tietoturvasta tulee myös kustannuksia ja se voi ohjata, mihin alustalle tieto varastoidaan. Esimerkiksi turvaluokiteltu tieto sijoitetaan yksityiseen pilveen. Tietoturvan pitää olla tietoturvasuunnitelman mukainen.



Gartnerin strategiamallin yhdeksäs kohta on tukitoiminnot. Pilvistrategia vaikuttaa henkilöstöön, konesaliin ja turvallisuuteen. Nämä on huomioitava pilvistrategiassa. Pilviympäristön käytössä vaaditaan uudenlaista teknologiaosaamista ja ajattelua.

Kymmenes ja viimeinen kohta on irtautumisstrategia (Exit Strategy), jossa määritellään irtautuminen pilvipalvelusta tai pilvipalveluympäristön vaihto. Toimittajalukko kannattaa jo välttää pilviarkkitehtuuria suunniteltaessa. Tieto ja ratkaisut pitää olla uudelleen käytettävissä. Irtautumissuunnitelmassa on myös huomioitava tietoliikennekustannukset. Suurien tietomäärien siirto pois pilvestä on kallista ja voi aiheuttaa ajallisesti pitkän katkon tiedon käyttöön.

### **3.2. Pilvistrategian kehittäminen**

Pilvistrategia on tärkeä olla olemassa, koska suunnittelematon pilveen siirtyminen todennäköisesti aiheuttaa kustannusten nousun, jota mahdolliset hyödyt eivät pysty kompensoimaan. Pilvistrategian voi jakaa myös pienempiin osiin. Yksi tapa on lähestyä kysymysten kautta kohdan 3.1 Gartnerin pilvistrategiamallia.

1. Millainen on voimassa oleva IT-strategia ja miten se tukee liiketoimintaa? Nykytilanteen kartoitus strategioiden ja IT-infrastruktuurin suhteen on tärkeä tehdä. Todennäköisesti pilvipalveluja käytetään jo tälläkin hetkellä, joten kartoitus ei koske vain omasta tai palveluntuottajan konesalista tuotettua palvelua. Isommassa yrityksessä kokonaisuuden kartoitus voi olla jo sen verran isotoinen ponnistus, että harkintaan tulee jo tässä vaiheessa pilvistrategian jakaminen pienempiin kokonaisuuksiin.
2. Mitä pilveen viennillä halutaan saavuttaa? Onko ensisijaisena tavoitteena kustannussäästöt vai pilviympäristön tarjoamat hyödyt kuten skaalattavuus ja joustavuus, joiden kautta on mahdollista saada kilpailuetua. Tahtotilaan voi sisällyttää eri tason tavoitteita. Onko suunnitelmissa perinteisen konesalin toimintojen siirtäminen pilveen vai joidenkin SaaS-palveluiden käyttö pilvestä.
3. Millaiseen siirtymään organisaation henkilöstö on kyvykäs ja miten palvelujen tuotanto toteutetaan ja hallitaan esimerkiksi hybridipilvessä? Palvelujen siirto pilveen mahdollisesti monimutkaistaa IT-infrastruktuuria. Joudutaanko infrastruktuurin hallintaa ostamaan palveluna siinä tapauksessa, jos henkilöstön osaaminen on keskittynyt perinteisen konesalin ylläpitoon.

4. Voiko organisaatio toimia standardisoidulla työkaluilla? Pilvessä sovellusten ja palveluiden kustomointi voi olla vaikeammin toteutettavissa kuin perinteisen konesalin ympäristössä. Lisäksi SaaS-palvelussa sovelluksen toiminnallisuus ja käyttöliittymä voi muuttua milloin tahansa palveluntarjoajan kehittäessä palveluaan.
5. Mitä riskejä pilveen viennissä on ja onko hyödyt suurempia kuin mahdollisesti lisääntyneet riskit? Datan viennissä pilveen voi olla lainsäädännöllisiä esteitä, kuten GDPR tai niitä voi jatkossa syntyä viranomaispäätöksellä. Riskit voivat olla paljolti samoja kuin paikallisessa konesalissa, mutta vaikutusmahdollisuus niihin pilvipalvelun ostajalla on vähäisempi.

Pilvistrategiaa tehdessä kannattaa huomioida nykyisen IT-infrastruktuurin tila verrattuna pilviteknologiaan. Yhtenä ajurina voi olla yrityksen IT-infrastruktuurin modernisointi. Nykyisessä ympäristössä palveluja voidaan tuottaa fyysisiltä koneilta ilman virtuaalikerrosta. Tähän voi olla erityinen syy, kuten esimerkiksi ajettava sovellus vaatii paljon laskentakapasiteettia, niin virtualisointi ei välttämättä ole ollut teknisesti mahdollista ja vaikka tekniikka on kehittynyt, niin edelleenkin on taloudellisesti kannattavaa. IT-infrastruktuurin, sovellusten ja käytössä olevien pilvipalveluiden on palveltava liiketoiminnallisia tavoitteita. Kartoituksessa selvitetään, mitkä järjestelmät ovat kriittisiä liiketoiminnalle ja mitkä sovellukset eivät tue enää liiketoiminnan vaatimuksia. IT-infrastruktuurin on oltava joustavaa ja tuettava liiketoiminnan pyyntöjä vaihtaa prosesseja. Tiedon sijainti, kriittisyys ja käytettävyys on selvitettävä. Tieto voi olla tallennettu useisiin paikkoihin ja se voi olla sidottu tiettyyn sovellukseen. Tietokantojen sijainti voi olla merkityksellinen sovelluksen sijainnille etäisyyksistä syntyvän latenssin takia. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 17)

Pilvistrategiaa tehdessä pitäisi pystyä ennustamaan, mihin suuntaan liiketoiminta on menossa muutaman vuoden sisään ja miten parhaiten pystytään tukemaan muutoksia. Liiketoiminta voi muuttua ja ilman uutta teknologiaa liiketoiminta ei ole enää kilpailukykyinen. Tulevaisuuden ennustaminen on yhteinen prosessi liiketoiminnan ja IT-organisaation välillä päästä yhteisymmärrykseen, millaisella teknologialla pärjätään mahdollisimman hyvin muutoksissa. (Hurwitz & Kirsch, 2020, luku 17)

## 4. KONESALI

Konesaliteollisuus on myös muutoksen alla mutta varsinaiset konesalin perustoiminnot ovat pysyneet samoina viime vuosikymmenet. Vaikka tekoälyn tai pilvipalvelun ei tarvitse sijaita käyttäjän kannalta missään määritellyssä paikassa, niin konesalin fyysiset ominaisuudet tarvitaan edelleen ja palveluiden taustalla on konesali. Konesalipalveluiden yhteydessä käytetään usein englannin kielistä termiä data center facility, jolla viitataan tiloihin tai rakennukseen, missä tietotekniset laitteet ja järjestelmät sijaitsevat. Se voi tarkoittaa myös laitteiden ja järjestelmien ylläpitämiseen ja huoltoon tarvittavia tiloja ja varusteita. Tilat ja laitteet kuluttavat sähköä, tuottavat lämpöä, tarvitsevat viilennystä, huoltoa sekä työvoimaa ylläpitämään palvelua tiloineen. (Geng, 2021)

### 4.1. Konesalin määritelmä

Konesalilla tarkoitetaan tietojenkäsittelylaitteistoa sisältävää tilaa. Laitteet ovat palvelimia, tiedon varastointilaitteita ja verkkolaitteita. Tilaan tarvitaan ulkomaailmasta verkkoyhteys, sähkönsyöttö ja sähkönsyötön varajärjestelmä, ympäristön lämpötilan ja kosteuden säätö. Tilojen turvallisuutta ja niihin pääsyä valvotaan. Konesali voi olla yhden toimijan käytössä tai sisältää palveluntarjoajan vuokraamaa kapasiteettia usealle käyttäjälle. Ensisijainen tarkoitus konesalilla on käsitellä ja toimittaa tietoa (Geng, 2021). Konesalista voidaan käyttää termiä palvelinkeskus tai datakeskus. Termeillä voi olla hieman eroa, mutta ne voidaan käsittää myös synonyymeinä toisilleen.

### 4.2. Konesalien kehitys

Yrityksillä perinteisesti on ollut konesalit omistuksessaan ja omassa operoinnissa. Konesalien koot ovat vaihdellut pienemmistä pääkonttoriin sijoitetuista palvelinhuoneista isoihin datakeskuksiksi rakennetuista rakennuksista. Organisaatio on vastannut konesalin suunnittelusta, kehityksestä ja operoinnista. Viime vuosina yritykset ovat luopuneet omista konesaleista monestakin syystä. Palvelinkeskuksat ovat monimutkaistuneet, josta on seurannut kustannusten nousu ja hallinnan vaikeus. On koettu, ettei infrastruktuurin ylläpito ole yrityksen ydinosasta, varsinkaan jos yritys itsessään ei ole IT-palveluja tuottava organisaatio. Tähän markkinatilanteeseen on syntynyt konesalipalvelujen tarjoajia, joihin yritysten IT-infrastruktuuri on siirtynyt ulkoistetuksi palveluksi. (Geng, 2021, luku 4)

Valtionhallinto on ollut tässä muutoksessa mukana ja omista konesaleista on pääosin luovuttu. 2011 valtiolla on ollut 190 konesalia hallinnassa ja julkisen hallinnon ICT-

strategian mukaan vuonna 2024 omien konesalien määräksi on määritelty kaksikymmentä kriittisiä palveluja tuottavaa konesalia. (Valtiovarainministeriö 2014)

Alla oleva listaus kuvaa valtionhallinnon konesalien keskittämällä haettuja hyötyjä asiakasnäkökulmasta seuraavasti (Valtiovarainministeriö 2014, 15):

- Yksikkökustannusten alentaminen.
- Palveluiden saatavuuden ja jatkuvuuden parantaminen.
- Hallintakulujen alentaminen.
- Kapasiteetin säätö joustavasti ylöspäin ja alaspäin.
- Toimintavarmuuden parantaminen.
- Tietoturvakäytännön suojaustasojen ja varautumisen vaatimustasojen mukaiset palvelut.

Valtionhallinnon konesalitoiminta on pitkälti ulkoistettu palveluntarjoajille vuosien 2012–2020 valtion konesali- ja kapasiteettipalvelustrategian mukaisesti (Valtiovarainministeriö 2014). Toinen konesali- ja kapasiteettipalvelut puitesopimuskierron on tehty vuosille 2021–2029 palveluntarjoajan kanssa. Puitesopimuksen kautta valtion organisaatiot voi hankkia tietojenkäsittely- ja tallennuskapasiteettia palveluna (Hansel, 2021).

Konesali- ja kapasiteettipalvelut puitesopimuksen arvioitu kokonaisarvo on kasvanut 384 miljoonaan euroon vuosille 2021–2019. Vuosien 2013–2019 ensimmäinen puitesopimus oli arviolta 240 miljoonaa euroa (Tivi, 2013). Luvuista voi päätellä, ettei valtionhallinnon perinteisten konesalipalveluiden käyttö ole katoamassa lähivuosina, vaan todennäköinen suuntaus on palveluiden keskittyminen yhä suurempiin konesaleihin sekä osaksi julkisiin pilvipalveluihin.

### **4.3. Konesali palveluna**

Ilmaista laskentakapasiteettia ei ole isommassa mittakaavassa saatavissa, jolloin yrityksen on joko pidettävä yllä omaa konesalia tai vuokrattava tiloja tai kapasiteettia konesalipalveluja tarjoavalta palveluntuottajalta (Colocation). Pilvipalvelun perusta ja ensimmäinen kerros on konesalipalvelut ja konesalipalveluja voidaan kutsua myös pilvipalveluiden tapaan lyhenteellä DCaaS, joka on konesali palveluna (DCaaS - Data Center as a Service). Pilvipalvelujen tarjoajalla on yleisesti konesali omassa hallinnassaan mutta DCaaS-palvelumalli on leviämässä alustaksi pilvipalvelujen tuottamiseen. Konesalipalvelun tarjoajalta tulee tilat, sähkönsyöttö, tapauskohtaisesti fyysiset koneet ja muut tarvittavat resurssit. Vaihtoehtoisesti konesalituloihin voi viedä omia laitteita ja kehikoita. Pilvipalvelun tuottamisen kustannuksissa konesalipalvelut

ovat merkittävässä osassa ja on hyödyllistä tietää päätöksiä tehdessä, mistä kustannukset muodostuvat.

DCaaS muodostuu viidestä eri peruskomponentista, jotka ovat tila, teho, jäähdytys, palotorjunta ja fyysinen turvallisuus, joista kolme ensimmäistä muodostavat suurimman osan kustannuksissa. Konesalin kapasiteettia voidaan mitata kolmella tapaa (Wu & Buyya, 2015, osa 2):

- Kehikoiden määrä palvelinkeskuksessa.
- Konesalirakennuksen koko neliöinä.
- Kokonaisteho megawatteina.

Konesalin kustannusrakenteeseen vaikuttaa vahvasti konesalin sijainti ja konesalin tuottaman palvelun laatu. Liiketoiminnan tarve määrittelee konesalille vaadittavat ominaisuudet kuten sijainti, verkkoyhteydet tai konesalin häiriötön käytettävyyssika. TechTargetin julkaisemassa oppaassa (Sheldon, 2020) on konesalituloja vuokrattaessa kustannusten muodostuminen jaoteltu kymmeneen kohtaan.

1. Sijainti: Keskeisellä paikalla oleva kiinteistö on kalliimpi sivummalla olevaan sijaintiin verrattuna, jonka vuoksi organisaatiot voivat valita halvemman hinnan vuoksi syrjäisemmän sijainnin. Syrjäisemmän sijainnin haittapuolina voi olla hitaammat yhteydet tai vähemmän tarjontaa tietoliikenneoperaattoreissa. Yrityksen henkilökunnan on päästävä sujuvasti vuokrattuihin tiloihin tekemään laiteasennuksia, päivityksiä tai vikatilanteessa tekemään korjauksia. Yrityksen kannattaa huomioida päätöksenteossa konesalin sijaintiin liittyvät matkakulut ja matkustamiseen käytettävä aika sekä mahdollinen etäisyyksistä johtuva latenssi käytössä. Konesalin sijainti on merkittävä tekijä kustannuksissa sekä konesalin käytettävyydessä.
2. Tilat: Vuokrattujen tilojen määrä. Hinnoittelu perustuu käytettyyn ja varattuun tilaan. Joissakin tapauksissa ei pelkkä tila määrää hintaa, vaan hinnoitteluun vaikuttaa varattu tehon määrä. Tiloja on eri turvallisuusluokituksella ja korkeampi turvallisuus vaikuttaa hintaan.
3. Laitteisto: Vuokratiloihin voi tuoda omia laitteita tai vuokrata laitteet palveluna. Tilan ja laitteiston vuokra on yleensä eritelty ja konesalituloja vuokraavilla on eri käytäntöjä vuokraan kuuluvista laitteista, kuten sähköjakeluun kuuluvista laitteista. Palvelimet ja verkkolaitteet eivät sisälly tilavuokraan.

4. Sähkön syöttö: Sähkön kulutus ja sähkön syötön varmistaminen on merkittävä osa konesalin kuluista. Sähkön hinta voi vaihdella alueittain ja sähkösovimukset voivat olla yksilöllisiä. Konesalien välillä on eroja sähkönkäytön tehokkuudessa ja tämän avulla voi tarjota alempia vuokria. Sähkösaannin varmistaminen lisää kuluja aggregaattien tai UPS-laitteiden muodossa. Sähkönsyötön varmistaminen poikkeustapauksissa lisää kuluja. Rakennukseen voi olla useita sähkönsyöttöjä eri suunnista, aggregaatteja on riittävästi ja akustot riittävät toimintaa sähkönsyötön katketessa. Konesalin sähkökapasiteetti ilmoitetaan megawatteina esimerkiksi 25 MW IT-sähkökapasiteetti. Laitekaapeille on oma sähkönsyöttö, joka ilmoitetaan kilowatteina ja se voi olla esimerkiksi 10 KW. Vuokratilan hankinnan suunnittelussa on hyödyllistä varmistaa sähkönsyötön ja jäähdytyksen riittävyys laitekaapille.
5. Tietoliikenneyhteydet: Laitteet on voitava yhdistää konesalin sisällä muihin tiloihin ja konesalin ulkopuolisiin verkkoihin. Tietoliikenneverkon komponentteja ovat kaapelit, kytkimet, reitittimet, palomuurit ja internet-yhteydet. Näistä tulee kertaluonteisia maksuja tai kuukausittaisia kuluja. Kaapeloinnin voi sopia toteutettavaksi kupari- tai valokuitukaapeloinnilla.
6. Yhteysnopeus: Yhteyden lisäksi pitää kustannuksiin lisätä tarvittava kaistanleveys. Konesalipalvelun tarjoajalta voi ostaa kaistanleveyttä tai sopimuksen voi tehdä suoraan operaattorin kanssa ja konesali voi olla avoin usealle operaattorille. Huomioitava on yhteysnopeuden noston kasvattavan kuluja.
7. Asennus- ja muutosmaksut: Konesalipalvelun vuokraan eivät kuulu erilaiset muutokset. Esimerkiksi palvelinten asennus ja kytkennät hinnoitellaan erikseen. Erilaiset muutospyynnöt saattavat nostaa kuukausiveloitusta merkittävästi.
8. Palautus ongelmatilanteissa: Konesalilla on päällä oloaika, mikä luokitellaan Tier 1–4 tasoilla. Tier 1 sallii 28.8 tunnin palvelukatkokset vuodessa ja taso Tier 4 sallii 26.3 minuuttia vuodessa ilman luvattun palvelutason rikkomista. Organisaation kannattaa valita omiin tarpeisiin riittävä palvelutaso. Korkeamman palvelutason pitämiseksi konesalipalvelujen tarjoaja joutuu investoimaan aggregaatteihin, UPS-akkuihin, automaattisiin kytkimiin ja

vikasietoisiin jäähdytysjärjestelmiin. Korkeampi palvelutaso näkyy suoraan kustannuksissa ja asiakasmaksuissa.

9. Turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus: Konesalin turvallisuutta valvotaan kameroilla ja murtohälyttimillä. Tiloissa on erilaisia lukituksia ja kulkukorttisuojauksia sekä korkeamman turvaluokituksen tiloissa konesalihenkilökunta on paikalla asennuksia tehtäessä. Fyysisen suojaus on konesalihinnittelussa mukana. Tiloilla voi olla myös turvallisuuteen liittyvä Katakri 2020 ST III -sertifikaatti, jolloin konesalia voi käyttää esimerkiksi joidenkin valtionhallinnon palveluiden tuottamiseen. Eri maiden hallintojen säädökset voivat vaatia tiloille erilaisia auditointeja tai asiakkaan vaatimuksista konesalilla on oltava sertifiointeja, kuten ISO 14001 -ympäristöjärjestelmä.
10. Tukipalvelut: Organisaatio voi ylläpitää konesalissa olevia palvelimia oman henkilöstön avulla mutta paikanpäälle saapuminen esimerkiksi fyysisen koneen uudelleenkäynnistämistä varten ei ole aina kannattavaa. Konesalit tarjoavat asiakkaille rutiininomaisia tukipalveluja. Tukipalvelut ovat hinnoiteltu eri tavoin. Palvelumaksuun voi kuulua kiinteä tuntimäärä kuukaudessa palvelua tai veloitus voi olla tukipyyntökohtainen. Katkottoman palvelun tuottamisen varmistamiseksi on huolellisesti selvitettävä tukipalvelujen taso ja yrityksen oman henkilöstön mahdollisuudet korjata ja huoltaa vuokratiloissa olevia laitteita ja kaapelointeja.

Uptime Institute (2023) on itsenäinen organisaatio, joka on määritellyt Tier-luokittelustandardin. Standardi määrittelee, kuinka hyvin konesali on suunniteltu, rakennettu ja ylläpidetty. Tier-tasojä on neljä ja ylempi taso sisältää alemman tason määritykset. Tasoissa määritellään kriteerejä ylläpidolle, sähkönsyötölle, jäähdytykselle ja vikasietoisuudelle. Tier 3 -taso vastaa korkean käytettävyyden teollisuutta, missä komponenttien vaihto on mahdollista ilman tuotantokatkoa ja häiriötekijät eivät katkaise tuotantoa.

Tier-luokittelun avulla yritys voi määritellä konesalitoimintojen sopivuuden oman liiketoiminnan vaatimuksiin. Esimerkiksi voiko Tier 1 -luokitellusta konesalista tuottaa prosessiteollisuuden palveluja, jos palvelukatkoksia ei siedetä hyvin ja tietojärjestelmän katkoksen kustannukset ylittävät nopeasti alemmasta luokituksista saadut säästöt.

#### 4.4. Konesalin laitteisto ja ohjelmisto

Konesalitulojen ja konesalijärjestelmien lisäksi palvelujen tuottamiseen tarvitaan laitteistot ja ohjelmistot. DCaaS sisältää tilan, sähkönsyötön, jäähdytyksen, palotorjunnan ja fyysisen turvallisuuden. Näiden päälle rakentuu palveluiden tuottamiseen tarvittavat fyysiset laitteet ja sekä ohjelmistot. Peruslaitteita ovat palvelimet, tallennuslaitteet ja verkkolaitteet. Käyttöjärjestelmä voidaan laittaa fyysiselle palvelimelle suoraan mutta hyvin yleistä on käyttää virtualisointia eli hypervisor-ohjelmistoa ja virtuaalipalvelimia. IaaS-palvelu toimii virtuaalikerroksen päällä. (Wu & Buyya, 2015, luku 11)

Konesaliympäristössä asennettavat palvelimet voidaan jakaa räkkipalvelimiin ja korttipalvelimiin. Räkkipalvelimet asennetaan laitekaappeihin ja korttipalvelin laitekehikkoon. Kustannusten hallinnan ja jakamisen suhteen räkkipalvelin on yksinkertaisempi, kuin korttipalvelin kehikkoineen. Korttipalvelinratkaisu sopii räkkipalvelinta paremmin suuremman mittaluokan käyttöön. (Wu & Buyya, 2015, luku 11)

Palvelimet tarvitsevat tallennuskapasiteettia, joka voi olla sisäinen tai ulkoinen levy DAS (Direct Attached Storage). Näiden lisäksi käytetään yleisesti keskitettyjä levyjärjestelmiä. Levyjärjestelmä voi olla SAN-verkko (Storage Area Network) ja NAS-verkko (Network-attached storage). Ulkoiset levyjärjestelmät tarvitsevat liittimet, kaapeloinnin ja tallennuskytkimet toimiakseen sekä levyjärjestelmäohjelmiston. Fyysiset levyt voidaan jakaa perinteisiin pyöriviin kovalevyihin HDD (Hard disk drive) ja Flash-tekniikkaan perustuviin SSD-levyihin (Solid-state drive). SSD-levyssä ei ole liikkuvia osia ja suuntaus on SSD-levyjen käyttöön pyörivien kovalevyjen sijaan. (Wu & Buyya, 2015 luku 12)

Palvelimien ja tallennustilan lisäksi on oltava tietoliikenneverkko. Verkon komponentit koostuvat fyysisistä laitteista kuten kytkimistä, reitittimistä, palomuurista sekä kaapeloinnista. Konesaliverkon alla on palvelinten verkot, joita usein kutsutaan tuotantoverkoiksi, levyjärjestelmille tallennusverkko ja hallintaverkko. Verkot voidaan jakaa fyysisiin ja loogisiin verkkoihin. Konesalin sisäisen verkon lisäksi on internet-yhteydet.

#### 4.5. Virtualisointi

Virtualisointia on kehitetty 1960-luvulta lähtien, jolloin termi virtualisointi otettiin käyttöön. Virtualisointitekniikkaa käytetään konesalien eri komponenteissa, ei ainoastaan käyttöjärjestelmien virtualisoinnissa. Virtuaalikoneiden (virtual machine,



VM) luomista ja hallintaa kutsutaan alustojen virtualisoinniksi (Sunilkumar & Gopal, 2021). Tunnettuja virtuaalitekniikan kehittäjiä on VMware (2023), jonka ESXi-ohjelmisto on suoraan fyysisen koneen päälle asennettava virtualisointialusta, joka on hypervisor eli ohjelmisto, jolla voi ajaa useita virtuaalikoneita laitteistotasolla ja se pystyy hallitsemaan ja eristämään virtuaalikoneiden käyttöjärjestelmät ja sovellukset toisistaan ja fyysisestä tietokoneesta. Virtualisoinnin hyödyiksi luetaan laitteiston käyttöasteen noston ja tehostuneen palvelunhallinnan. Fyysisten koneiden käyttöasteiden nostosta seuraa konesaltilojen tehostunut tilojen ja sähkön käyttö.

## 5. PILVIPALVELUN KÄYTTÖ JA USKOMUKSET

Kannattaako pilvipalveluun meno on kysymys, johon ei ole yksiselitteistä vastausta. Isojen kaupallisten pilvipalvelujen käyttöönotto todennäköisesti hyödyttää kokonaisuudessa globaalia maailmaa mutta yksilötasolla ja tapauskohtaisesti ei välttämättä saa pilveen menosta odotettuja hyötyjä ja sen takia tässä luvussa käydään läpi pilveen siirtymisen haasteita ja vertaillaan modernia konesalituotantoa vaihtoehtona IT-palveluiden tuottamiselle jatkossakin.

Pilveen siirtymisen taustalla on tuotannon tehostamisen tarve ja pilvipalvelut koetaan perinteistä konesalipalvelutuotantoa kehittyneempänä tapana tuottaa tietoteknisiä palveluja. Teknologian kehityksen painopiste on siirtynyt pilvestä tuotettavien palveluiden kehittämiseen ja paikallisten sovellusten uudistaminen ja tuottaminen on laskevalla uralla. Tuottavuuden parantaminen vaatii myös teknologisessä kehityksessä mukana olemista. Hyvin todennäköistä on pilvipalveluiden käytön olevan jatkossa osa organisaation IT-strategiaa. Valinta lähinnä kohdistuu kysymykseen, mitä teknologiaa käytetään eri tapauksissa.

### 5.1. Katsaus markkinatilanteeseen

Statistan tutkimuksen mukaan Suomessa vuonna 2023 IT-teknologiamarkkinoiden suurin liikevaihto on IT-palveluiden alueella ollen 8.47 miljardia euroa ja jonka suurin segmentti on IT:n ulkoistus 3 miljardin euron osuudella. Julkisen pilven markkinoiden ennustetaan saavuttavan 3.08 miljardin euron liikevaihdon vuonna 2023 ja konesaliliiketoiminnan olevan liikevaihdoltaan 1.42 miljardia euroa. (Statista, 2022)

Konesalien merkitys yrityksille ja julkiselle sektorille kasvaa digitalisoinnin myötä ja konesalimarkkinoiden odotetaan kasvavan vuoteen 2027 asti 3.47 % vuosittain. Konesalimarkkinoita jyrkempää on kasvu julkisissa pilvipalveluissa, joissa kasvun ennustetaan Suomessa olevan 14.09 % vuoteen 2027 asti. Julkisissa pilvipalveluissa SaaS-palveluilla on suurin osuus ollen noin puolet markkinoista ja IaaS-palvelut sekä PaaS-palvelut muodostavat liikevaihdosta yhteensä toisen puolen. (Statista, 2022)

Gartnerin globaalissa ennusteessa yli puolet yritysten IT-kuluista tulee siirtymään pilvipalvelukustannuksiksi vuoteen 2025 mennessä niillä, joiden on mahdollista siirtää IT-infrastruktuuria pilveen (Gartner, 2022b). Johtuen pilvipalveluiden nopeammasta kasvusta, saavuttavat pilvipalvelut perinteisistä konesaleista tuotetun palvelun liiketoiminnan arvon vuonna 2025. Samanaikaisesti hämärtyvät rajat perinteisistä konesaleista ja pilvipalveluista tuotettavien palvelujen rajat (Gartner, 2022b).

## 5.2. Pilvipalveluun liittyvät uskomukset

Pilvipalveluiden ympärille on syntynyt uskomuksia, jotka eivät kaikissa tapauksissa pidä paikkaansa. Seuraavassa käydään läpi Gartnerin kokoamaa kymmentä tyypillistä myyttiä (Gartner, 2019):

### 1. Pilvipalveluiden käyttö säästää aina kustannuksissa

Hyvin yleinen uskomus on pilvipalveluiden käytön säästävän rahaa tapauksesta riippumatta. Kustannuksissa voidaan säästää, jos pilven käyttöönoton vaihtoehtona on laajat investoinnit tekniseen infrastruktuuriin. Pilvipalvelut tarjoavat mahdollisuudet säästää investoinneissa ja käyttökustannuksissa, jos käytetään pilvipalveluiden automaattista skaalautumista ja pilven tuottamia palveluita. Jos kyseessä on perinteissä konesalissa ajettava sovellus ja palvelu, niin sen vieminen pilveen todennäköisesti ei tuota kustannushyötyjä, ellei se tue pilvestä saatavia palveluja ja sitä kautta tule hyötyjä. Gartner painottaa artikkelissaan kustannusten ja hyötyjen rehellisen analyysin tekemisen tärkeyttä. Pilvipalvelun käyttöönotossa on pienemmät aloituskustannukset, kuin organisaation omaan konesaliin investoidessa, kun taas palvelumaksuissa maksetaan palveluntuottajan tekemiä investointeja.

### 2. Vain pilvestä tuotettu palvelu on laadukasta

On luotu mielikuva pilvipalvelun olevan tasokkaampaa verrattuna perinteiseen palveluun ja pilvi sanaa on alettu käyttämään myös palveluista, jotka ei varsinaisesti ole pilvipalveluja. Järjestelmän laatu ei ole riippuvainen käytettävästä teknologiasta. Laadukkaan palvelun voi toteuttaa alustasta riippumatta, kun on tiedossa tarvittavat vaatimukset ja miten ne toteutetaan. Ongelmat palvelun laadussa eivät poistu alustaa vaihtamalla, jos toteutus muuten pysyy samanlaisena.

### 3. Pilvipalveluja pitää käyttää kaikissa tapauksissa

Palvelun siirto pilveen kannattaa tapauksissa, joissa työkuorma on vaihtelevaa tai itsepalvelu tuottaa erityisiä hyötyjä. Gartnerin mukaan perinteisen sovelluksen siirtäminen pilvipalveluun ei ole suositeltavaa, ellei siitä seuraa selviä kustannussäästöjä. Perinteiset konesalit eivät ole poistumassa ja jotkut sovellukset sopivat paremmin paikalliseen konesaliympäristöön.

#### 4. Pilvi on itseisarvo

Organisaatiossa on mahdollisesti syntynyt epämääräinen käsitys pilven olevan ainoa vaihtoehto ja aina kannattavaa. Puuttuva pilvistrategia voi luoda ylioptimistisia käsityksiä pilvipalvelujen tuottamista hyödyistä. Pilvistrategiassa määritellään pilveen viemisen hyödyt liiketoiminnalle. Pilvipalveluilla on hyötyjen lisäksi myös rajoituksia ja näiden ymmärtäminen auttaa päätöksenteossa.

#### 5. Tarvitsemme yhden pilven strategian ja toimittajan

Toimittajien ja ympäristöjen määrää on houkuttelevaa rajoittaa tai vähentää yksinkertaisuuden takia. Pilviteknologian yleistyessä myös toimittajien määrä kasvaa. Pilvipalvelut tulevat eri ympäristöistä ja pilvistrategiaa noudattaen optimoidaan eri palveluntuottajien välillä. SaaS-palveluissa ei ole mahdollista saada yhdeltä toimittajalta kaikkea. Hyvin todennäköinen suuntaus on ympäristöjen ja palvelujen hallinnan monimutkaistuminen.

#### 6. Pilvipalvelu on turvallisempi kuin itsetuotettu palvelu

Gartnerin mukaan pilvipalveluissa on ollut hyvin vähän tietoturvaloukkauksia, ja ne ovat useimmiten johtunut vääränlaisista määrityksistä. Pilvipalvelua pidetään yleisesti ottaen turvallisena palvelun tarjoajien investoidessa tietoturvaan jatkuvasti. Tietoturvassa on huomioitava jaettu vastuu palvelun tarjoajan ja käyttäjän välillä. Palvelu tarjoaa välineet tietoturvaan ja käyttäjä noudattaa tietoturvastandardeja.

#### 7. Useamman pilven käyttö estää toimittajariippuvuuden

Pilvipalvelujen käyttöönotossa useamman pilvipalvelun käyttö ei estä toimittajariippuvuutta, jos palvelut keskitetään palvelumallin mukaan yhdelle toimittajalle tai keskitetään toiminnon mukaan. Toimittajaan juuttumisesta käytetään termiä toimittajalukko (lock-in), jolla tarkoitetaan sovelluksen toimimista vain tietyllä pilvialustalla käyttäen pilvialustan hallintatyökaluja, jolloin palvelusta irtautuminen vaatii palvelun uudelleen kehittämisen tulevan alustan vaatimuksille.

#### 8. Pilveen siirtymällä saa automaattisesti pilvipalvelun hyödyt

Tällä myytillä viitataan useimmiten paikallisen konesalin virtuaaliympäristöstä IaaS-palveluun siirrettyjen koneiden tuottavan erityisiä hyötyjä. Palvelimet on siirretty muuttumattomina uuteen ympäristöön ja tästä käytetään englannin kielistä termiä lift and shift. Palvelimen siirto sellaisenaan on houkutteleva vaihtoehto viedä palvelu pilvipalveluun pienemmän työmäärän vuoksi mutta suuria hyötyjä ei ole odotettavissa, ellei pilvipalvelulle tyypillisen teknologian käyttöönottoa jatka aktiivisesti ensimmäisen vaiheen jälkeen.

#### 9. Yritykset ovat siirtymässä takaisin pilvipalvelusta

Gartnerin mukaan tämä ei pidä yleisesti paikkaansa ja useimmat yritykset eivät ole siirtäneet työkuormia pilvipalvelusta paikallisiin konesaleihin takaisin. Todennäköisempi lähestymistapa epäonnistuneelle pilveen viennille on ratkoa ongelmia siirretyssä palvelussa, kuin palauttaa palvelu alkuperäiselle alustalle.

#### 10. Pilveen siirtyminen on pilvistrategia

Siirtyminen pilveen ja paikallisen konesalin sammuttaminen ei ole pilvistrategia. Pilvistrategia muodostuu liiketoiminnan strategian tavoitteista. Pilvistrategiassa kuvataan liiketoiminnan saamat hyödyt pilvipalveluista, joiden avulla liiketoiminta saavuttaa omat tavoitteensa. Migraatiosuunnitelma pilveen tai muuta operatiivista suunnitelmaa ei katsota täyttävän pilvistrategian määritelmää.

### 5.3. Valtionhallinnon pilvipalvelulinjaukset

Valtionhallinnossa on julkaistu kolme ohjetta pilvipalveluista, joita ovat Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset (Valtiovarainministeriö, 2018), sekä Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjauksen jatkoksi tehdyt julkaisut Tuottavuutta pilvipalveluilla (Valtiovarainministeriö, 2020b) ja Pilvipalveluiden soveltamisohje (Valtiovarainministeriö, 2020a). Valtiovarainministeriö on päättänyt julkisen hallinnon pilvipalvelulinjauksissa suosittelemaan ensisijaisesti pilvipalvelun käyttöä, jos siihen ei ole erityisiä esteitä. Ohjeet ovat luonteeltaan erilaisia, vaikka käsittelevät samaa aluetta. Pilvipalvelulinjauksessa linjataan perinteisistä konesaleista siirtymistä hyperskaalautuvien pilvipalvelujen käyttöön. Pilvipalveluiden soveltamisohjeessa ohjeistetaan käytännön tasolla pilvipalvelujen käyttöön ja Tuottavuutta pilvipalveluilla kannustetaan jo vahvemmin hankkimaan palvelut pilvestä perusteena esimerkiksi kansallinen kestävyysvaje.

Valtionvarainministeriön ohjeessa julkisen hallinnon pilvipalveluiden hyödyntämiseen (Valtiovarainministeriö 2020b) on käsitelty Gartnerin (2019) kymmentä myyttiä liittyen pilvipalvelujen käytön ennakkokäsityksiin ja haasteisiin. Valtiovarainministeriön ohjeissa päädytään harkitsemaan pilveen siirtoa kannattamattomassakin tapauksessa, jos kokonaisuuden kannalta saadaan hyötyjä.

## 6. PILVIPALVELU JA PERINTEINEN KONESALI

Kiihtyvän digitalisaation aikakautena monessa organisaatiossa punnitaan tarvittavien IT-palvelujen tuottamista ja hankintaa. Vaihtoehtoja voi olla esimerkiksi palvelun tuottaminen omasta lähikonesalista, palvelun siirtäminen toimittajan konesaliin tai infrastruktuurin sijoittaminen hyperskaalattavaan pilveen. Alustan valinnan lisäksi punnittavana on palvelumalli. Organisaatio voi valita itse tukevansa palvelua, ulkoistaa hallinnan toimittajalle tai ostaa tarvittavat toiminnot palveluna julkisesta pilvipalvelusta. Näiden lisäksi kannattaa valintaa tehdessä miettiä organisaation kyvykkyyttä käyttää valittua teknologiaa tavoiteltujen hyötyjen saavuttamiseksi.

### 6.1. Julkisen pilvipalvelun pienemmät aloituskustannukset

Pilvipalvelun käytön aloittamisen etuja nopeuden lisäksi ovat perinteistä konesali-investointia pienemmät aloituskustannukset. Kustannukset voidaan jakaa pääomakustannuksiin ja operatiivisiin kustannuksiin. Pääomakustannukset ovat konesaliin tehtyjä investointeja, kuten tilat ja laitteet. Pääomakustannuksia ovat myös henkilöstön koulutus tai tuotekehitys. Operatiiviset kustannukset ovat toistuvia kustannuksia, joita ovat esimerkiksi henkilöstökulut, materiaalikustannukset, sähkö ja vuokrat. Pilvipalvelun ja ulkoistetun konesalipalvelun käyttöönotossa on merkittävä ero käyttöönoton nopeudessa pilvipalvelun hyväksi. Pilvipalvelu on helppo ottaa käyttöön luomalla tili ja syöttämällä luottokortin tiedot palveluntarjoajalle, kun taas konesalipalvelun käyttöönotto useimmiten vaatii sopimuksen tekemisen sopimusneuvotteluineen palvelun tarjoajan ja käyttäjän välille. Sopimuksen tekeminen hidastaa käyttöönottoa ja palvelun hankinta on pienemmälle organisaatiolle suhteellisesti iso kustannus. Pilvipalvelun matalan kynnyksen käyttöönoton takia se on otettavissa pienimuotoisesti käyttöön. Kääntöpuolena helpolla ja sujuneella käyttöönotolla on palvelun merkityksen liiketoiminnalle kasvaessa, mahdollisuus kustannusten hallitsemattomaan nousuun ja tässä vaiheessa palvelusta irtautuminen on monesti vaikeaa.

Pilvipalvelun hyödyt palvelun käyttäjälle tulevat palvelun ja tuotannon tehostumisesta, eikä niinkään pilvipalvelun tuottajan alemmista yksikkökustannuksista. Pilvipalvelukapasiteetin kustannusten mittaamiseen on kolme perusyksikköä, jotka ovat määrä, yksikköhinta ja aika (Wu & Buyya, 2015, luku 14). Pilvipalvelukapasiteetin määrä muodostuu ylätasolla laskentatehosta, muistista ja tarvittavasta levymäärästä, ja kapasiteettia kulutetaan yleensä virtuaaliserverin muodossa. Palveluntarjoajalla on virtuaaliserverille yksikköhinta aikaan liitettynä (tunti, minuutti) ja veloitus muodostuu virtuaaliserverin päällä oloajasta ajassa mitattuna. Tämän tyyppinen virtuaaliserverin

kapasiteetin vuokraus pilvipalvelusta lasketaan muuttuvaksi kustannukseksi. Perinteisen konesaliin vastaavanlaisen kapasiteetin perustaminen vaatii investointeja, jolloin pääomaa sitoutuu fyysisen koneen hankintaan ja pääomakustannukset ovat korkeammat, kun taas käyttökustannukset voivat jäädä pienemmiksi.

Kustannusten vertailuun perinteisen konesalin ja pilvipalvelun välillä vaikuttaa merkittävästi lähtötilanne. Pienen aloittavan yrityksen ainoa realistinen vaihtoehto on laskentakapasiteetin ostaminen pilvipalvelusta oman konesalin rakentamisen sijaan. Vanhemmalla globaalilla isolla yrityksellä voi olla oma käytössä oleva konesali, johon on sitoutunut valmiiksi pääomaa ja investointeja. Laitteilla on myös usein etukäteen maksettuja kustannuksia, kuten erikseen ostettu takuu, joita ei voi saada takaisin siirryttäessä toisenlaiseen ratkaisuun ja nämä on huomioitava pilvipalveluun siirtymisen kannattavuudessa.

Perinteiseen konesalin kustannukset ovat etupainotteisia pääomaa vaativia investointeja ja päätöksentekoa perinteisen konesalin ja pilvipalvelun valinnan välillä ohjaa yrityksen strategia pääomakulujen ja operointikulujen käytön suhteen. Usein pääomia on tarkoituksen mukaista ohjata yrityksen tuottavimpiin toimintoihin ja jos kyseessä ei ole konesalipalveluja tuottava yhtiö, niin pääomalle voi saada paremman tuoton yrityksen liiketoiminnasta, kuin investoimalla konesalituloihin ja laitteistoihin.

Kustannusvertailussa kannattaa huomioida pääomakuluihin ja laiteinvestointeihin liittyvä riski. Jos tuleva laskentakapasiteetin tarve ei ole staattinen tai on ennusteista poiketen laskeva, voi investointi olla ylimitoitettu ja kustannustehoton. Pilvipalvelussa tarpeen pienentyessä voi operatiivisia kuluja pienentää vähentämällä laskentakapasiteetin vuokraamista, kun taas perinteisessä konesalissa investoitu kapasiteetti ei poistu, kuin laitteen elinkaaren loppuessa tai pääoman ennaikaisella alaskirjauksella.

Loukidesin (2021) tutkimuksen mukaan pilvipalvelun käyttäjien suurin huolenaihe on kustannusten hallinta ja esimerkiksi säädösten täyttäminen on suhteellisen vähäinen ongelma kustannusten hallintaan verrattuna. Hashicorpin (2022) State of the Cloud Survey -tutkimuksen mukaan 94 % organisaatioista hukkaa osan pilvi-investoinneistaan. Gartnerin (2022b) raportin mukaan pilvipalvelukustannukset kasvavat kiihtyvällä tahdilla.

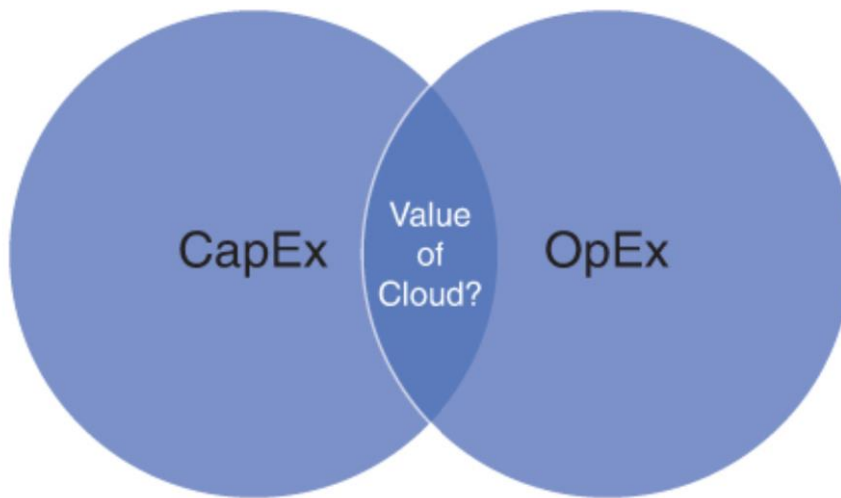
Kustannussäästöjä pidetään usein pilvipalvelun ensisijaisena etuna mutta menestyneimmät pilvipalveluja käyttävät yritykset ovat osoittaneet skaalautuvuuden ja innovaation olevan todellisia etuja. (Storment & Fuller, 2023, luku 2)

Siirtymällä pilvipalveluun perinteisestä konesalista pääomakulut (Capital Expenditures, CapEx) laskevat, koska konesaliin ja laitteistoihin liittyvät investoinnit jäävät pois ja



operatiiviset kulut (Operating Expenditures, OpEx) nousevat, koska pääomakulujen tilalle tulevat pilvipalvelun käyttöön liittyvät maksut. Pilvipalvelun tuottaja on vastavuoroisesti kasvattanut pääomakuluja tekemällä investointeja laitteisiin ja palveluihin. (Wu & Buyya, 2015, luku 14)

Kuva 4 havainnollistaa pääomakulujen ja operatiivisten kulujen suhdetta.



Kuva 4. Pääomakulut ja operatiiviset kulut (Linthicum, 2023).

Linthicumin (2023) mukaan pilvipalvelun alkuperäinen ajatus oli vapauttaa pääomia liiketoimintaan ja saada kustannuksia tippumaan siirtämällä kuluja pääomakuluista operatiivisiin kuluihin. Näin kuitenkin ei ole tapahtunut ja kaksi yleisintä syytä kustannusten ylittymiseen ovat epärealistiset odotukset pilvipalvelun tuomasta hyödystä ja väärin määritellyt mittarit. Pääomakulujen siirtoa operatiivisiin kuluihin suurempi hyöty pilvipalvelujen käytöstä saadaan muuttuvasta liiketoiminnasta, kuten siirtyminen perinteisistä tuotantomalleista digitaalisiin ratkaisuihin.

Liiketoiminnan hyödyt voidaan jakaa koviin ja pehmeisiin hyötyihin. Kovat hyödyt ovat helposti mitattavia, kuten saatava säästö työkuorman siirrosta perinteisestä konesalista pilvipalveluun tai kapasiteetin skaalaaminen käytön mukaan. Pehmeät liiketoiminnan hyödyt ovat vaikeasti mitattavia, kuten ketteryys tai nopeus. Pilvipalveluun siirtymisestä saadaan liiketoimintaan ketteryyttä, niin lisäarvon mittaaminen liiketoiminnalle on vaikeaa. (Linthicum, 2023)

Helposti mitattavia kovia hyötyjä:

- Kustannussäästöt.
- Pilvipalvelun nopeus ja tehokkuus.
- Pilvipalvelun joustavuus ja skaalautuvuus.

Pehmeät hyödyt, jotka ovat vaikeammin mitattavissa. Pehmeät hyödyt ovat myös usein strategisia pidempiaikaisia hyötyjä.

- Liiketoiminnan innovaatio ja nopeus.

## **6.2. Joustavuus, nopeus ja innovaatio**

Pilvipalvelusta saatavat hyödyt liiketoiminnalle jaotellaan kolmeen ryhmään, jotka ovat joustavuus, nopeus ja innovaatio.

Pilvipalvelun suurimpia hyötyjä on joustavuus, joka ei itsessään tuo suuria hyötyjä liiketoiminnalle, jos liiketoiminnan joustavuus ei vaadi helposti skaalattavaa järjestelmää. Liiketoiminnan joustavuuden tarpeet perustuvat arvioihin tulevista tarpeista ja jos arvio on resurssitarpeen pysyvän staattisena, niin pilvipalvelun joustavuutta ei voi laskea liiketoiminnan hyödyksi ja arvioida sitä kautta tulevan esimerkiksi kustannussäästöjä.

Nopeus on yksi pilvipalvelun perusominaisuuksia. Uusien palveluiden käyttöönotto tapahtuu pilvipalvelusta vaivattomasti ja on heti käytössä. Kun organisaatio tarvitse palvelut nopeasti käyttöön, niin pilvipalvelut tuovat suuren hyödyn liiketoiminnalle. Vastaavasti, jos nopeudesta ei ole laskennallisia hyötyjä liiketoiminnalle, niin se on ominaisuus, mikä on hyvä olla mutta ei välttämätön.

Linthicum (2023) mukaan jo vuodesta 2015 lähtien melkein kaikki nykypäivän innovaatiot syntyvät pilvipalvelussa ja teknologiayritykset käyttävät lähes 90 % tuotekehitysrahoistaan pilvipohjaiseen teknologiaan perinteisten järjestelmien sijaan. Tästä on seurauksena pilvipohjaisen teknologian nopeampi kehitys perinteisistä konesaleista tuotettuihin palveluihin verrattuna. Pilvipalvelun käyttäjä saa teknologian kehityksen käyttöönsä ja sen tuomat hyödyt. Pilvipalvelut voivat edistää innovointia mahdollistamalla nopean kokeilun ja joustavan kehityksen. Organisaatiot voivat vaivattomasti luoda, testata ja käyttää uusia sovelluksia ja palveluja pilvipohjaisessa ympäristössä, mistä voi syntyä uusia ideoita ja liiketoimintamalleja.

## **6.3. Kustannusten vertailu perinteisen konesalin ja pilvipalvelun välillä**

Kustannusvertailua vaikeuttaa, ettei välttämättä ole tiedossa todelliset suorat ja epäsuorat kustannukset paikallisesta konesalista ja siirryttäessä pilvipalveluun, voi olla vaikea hahmottaa, mitkä palvelun lopulliset kustannukset tulevat olemaan.

Kustannusten vertailuun vaikuttaa organisaation koko, tarpeet ja käytössä olevat resurssit. Kustannusvertailu tehdään seuraavanlaisesti pilvipalvelun kannattavuuden määrittämisessä:

- Koostetaan arvio organisaation paikallisesta konesalista tuotettavien palvelujen kustannuksista.
- Arvioidaan pilven käytöstä tulevat kokonaiskustannukset.
- Arvioidaan pilveen viemisen migraatiokustannukset.
- Arvioidaan tulevat pehmeät hyödyt liiketoiminnalle, kuten innovaatio.

Aineettomien kustannusten vertailussa pilvipalvelun ja perinteisen konesalin yksi merkittävä ero on kapasiteetin hallinnassa. Perinteisen konesalin kapasiteetin lisääminen, kuten uuden korttipalvelimen ostaminen kehittöön, vaatii pääomakuluihin laskettavaa investointia ja pilvipalvelussa kapasiteetin kasvattaminen lisää operatiivisia kuluja perinteisen konesalin kapasiteetin lisäämistä enemmän. Pilvipalvelussa kapasiteetin säätäminen on operatiivinen päätös, jonka takia kapasiteetin lisääminen tai vähentäminen on joustavampaa ja nopeampaa perinteisen konesalin kapasiteetin hallintaan verrattuna. Hankintapäätöksien tekeminen tuo kustannuksia siihen liittyvien käytäntöjen takia ja tämä on huomioitava kapasiteetin suunnitteluun liittyvissä kustannuksissa. (Manvi & Shyam, 2021, luku 7)

#### 6.4. Riskien pienentäminen

Tässä kohdassa käsitellään erilaisia tapoja pienentää pilvipalvelujen käyttämisen riskiä. Hashicorpin (2022) tutkimuksen mukaan tutkimuksen organisaatioista 83 % on valinnut strategiaksi monipilviympäristön käytön. Pilvipalveluja käytetään yksityisestä pilvestä ja julkisesta pilvestä. Yhdeksän kymmenestä kokee monipilviympäristön auttavan liiketoiminnan tavoitteiden saavuttamisessa. Euroopan komissio (2019) on linjannut monipilviympäristön käytön omassa pilvistrategiassaan.

” Cloud-first with a secure hybrid multi-cloud service offering”

Linjaus sisältää neljä kohtaa.

- Pilveä käytetään ensisijaisena tuotantomuotona.
- Käytetään hybridipilveä. Palvelut tuotetaan paikallisesta konesalista sekä julkisesta pilvestä.
- Käytetään monipilviympäristöä. Tällä tarkoitetaan julkisia pilvipalvelun tarjoajia.
- Tietoturva.

Linjauksella haetaan kolmea riskejä pienentävää asiaa. Vältetään yhteen pilvipalvelutoimittajaan lukkiutumista. Toisekseen organisaatio hakee parhaita mahdollisia ratkaisuja (best-of-breed), joita yhden toimittajan käyttö ei välttämättä tarjoa ja kolmantena tietoturva on linjattu kaiken toiminnan perustaksi.

Euroopan komissio tarkentaa pilvistrategiassa ”Cloud-first” tarkoittavan järjestelmien suunnittelua tukemaan pilvipohjaisten toimitusmallien etuja ja se ei tarkoita, että kaikkien järjestelmien pitäisi mennä julkiseen pilveen. Euroopan komissio ei pilvistrategiassa suoranaisesti kiellä järjestelmän siirtoa pilveen perinteisestä konesalista sellaisenaan mutta se ei tuota kaikkia pilven tuottamia etuja ilman järjestelmien kehittämistä pilviympäristön ominaisuuksia hyödyntäväksi (cloud-native). Siirrolla (lift and shift) tosin voidaan saada rajoitettuja hyötyjä mutta se ei ole kuitenkaan ensisijainen lähestymistapa pilvipalvelun käyttöön. Pilveen siirrossa on otettava huomioon järjestelmän elinkaari. Elinkaaren lopussa olevan järjestelmän siirto uudistusvaiheessa on suositeltavampi tapa. Euroopan komission toinen tukijalka pilveen siirtymisen lisäksi on hybridipilvi. Yksi merkittävä syy hybridipilvelle ja perinteisen konesalin käytölle on turvaluokiteltujen tietojen käsittely ja linjauksen mukaisesti sitä tietoa ei viedä julkiseen pilveen.

Hashicorpin (2022) tutkimuksessa 90 % tutkittavista yrityksistä kertoo monipilviympäristön vastaavan liiketoiminnan tarpeisiin ja suurimpana syynä monipilviympäristön käytölle nähdään luotettavuus ja taas suurimpana esteenä monipilvikäytölle on tutkimuksen mukaan osaamisen puute. Osaamisen puutteella tarkoitetaan vaikeutena hallita useiden eri työkalujen ja työtapojen käyttöä, minkä monipilviympäristö tuo mukanaan. Tähän tutkimuksen mukaan vastataan standardisoimalla yleiset toimintamallit ja käyttämällä järjestelmien kesken jaettuja automaatiotyökaluja.

IaaS-palvelussa automaation rooli korostuu. Automaatiota käytetään esimerkiksi resurssien skaalaamiseen ja ympäristön pystyttämiseen koodilla. Pilvipalvelun ja perinteisen konesalin merkittävä ero on resurssien käytössä. Pilvipalvelun ajattelutapaan kuuluu resurssien säätäminen käytön mukaan ja jopa virtuaalikoneen sammuttaminen, kun se ei ole käytössä. Näin saadaan pilvipalvelun käytöstä kertyviä maksuja pienennettyä. Perinteisessä konesalissa resurssien käyttöä voitaisiin samalla tavalla automatisoida mutta jostain syystä ajattelutapa ei ole yleistynyt paikalliseen konesaliin. Automatisoinnin myötä saavutetaan myös pehmeitä hyötyjä, kuten ympäristön nopeampi asennus ja sitä kautta tuotantoon ja markkinoille joustavampi pääsy.

Pilvipalvelujen yleistyessä ne ovat muuttuneet strategisesti tärkeiksi, niin yritykset ovat luoneet pilvipalveluihin erikoistuneita keskitettyjä tiimejä (Cloud Center of Excellence, CCoE). CCoE-tiimi on vastuussa pilviteknologioiden käyttöönotosta, pilvistrategian kehittämisestä ja pilvipalvelujen hallinnoinnista. Hascorpin tutkimuksessa yrityksistä 86 % käyttää keskitettyjä pilvipalveluihin erikoistuneita tiimejä. CCoE-tiimin erilaisia tehtäviä ovat:

- Pilvistrategian kehittäminen: Tiimi voi auttaa organisaatiota kehittämään strategian pilvipalvelujen käyttöön. He voivat auttaa määrittelemään tavoitteet, arvioimaan nykytilanteen, suunnittelemaan pilvipalvelujen käyttöönoton ja kehittämään hallintakäytäntöjä.
- Pilvipalvelujen käyttöönotto: Tiimi voi auttaa organisaatiota valitsemaan sopivat pilvipalvelut ja avustamaan käyttöönotossa. Tiimin tehtävänä on auttaa arvioimaan eri palveluntarjoajia, määrittelemään tarvittavat tietoturva- ja tietosuojakäytännöt, kehittämään pilvialustojen arkkitehtuuria ja toteuttamaan siirtymäprosessin.
- Pilvipalveluiden hallinta: Tiimi auttaa organisaatiota hallitsemaan pilvipalveluita ja optimoimaan niiden käyttöä. Tiimin tehtäviin kuuluu auttaa kehittämään hallintakäytäntöjä, arvioimaan palvelujen suorituskykyä ja kustannuksia sekä antamaan neuvoja pilvipalveluiden käytöstä ja parhaista käytännöistä yrityksen muille tiimeille.

CCoE-tiimi on yrityksen sisäinen tiimi ja sille voi tarjota konsulttiapua organisaation ulkopuolinen asiantuntijatiimi, josta käytetään nimitystä Cloud Advisory.

Pilvipalvelun ja perinteisen konesalin kustannusten hallintaan saamiseksi on tiedettävä, mistä kulut syntyvät, ja kulujen ohjaaminen resurssien käyttäjille on avain kulujen pienentämiseen. Yhtenä avaintekijänä on konfiguraatietietokannan (Configuration Management Database, CMDB) käyttö. CMDB:n avulla organisaatio luo näkymän virtuaalisesta infrastruktuurista ja välttää pilvipalvelujen yhteydessä mahdollisesti syntyvän varjo-IT:n. Monipilviympäristöä käyttävät organisaatiot yleisesti integroivat yrityksen monitorointityökalut pilvipalveluiden hallintatyökaluihin. (Sfondrini et al, 2018)

CMDB sisältää tietoa esimerkiksi laitteiden ominaisuuksista, käyttöjärjestelmistä, sovelluksista, verkkojen topologiasta ja palvelutasosopimuksista. CMDB:n ylläpito on perinteiseen konesaliin verrattuna vaikeampaa pilvipalvelun muuttuvien resurssien

takia. Resurssit voivat skaalautua automaattisesti tai olla olemassa vain lyhyen aikaan. CMDB on osa organisaation ITSM-järjestelmää (IT Service Management) ja ITSM-järjestelmä kytketään pilviympäristöihin niiden tarjoamien API-rajapintojen kautta ja tiedot resursseista päivittyvät automaattisesti lähes reaaliajassa järjestelmään. Pilvipalveluiden tuottajat tarjoavat monitorointialustoja: AWS CloudWatch, Azure Monitor, Google Cloud Monitoring, jotka keräävät lokeja ja metriikkaa. Lokeja ja metriikkaa voi tarkastella pilvipalvelun omilla alustoilla mutta tieto on tuotavissa pilviympäristön API:n avulla ITSM-järjestelmään, jolloin tiedot ovat yhdessä paikassa ja jaettavissa keskitetystä paikasta muihin järjestelmiin, kuten esimerkiksi laskutusjärjestelmään. (Mulder, 2020, luku 4)

Perinteisessä konesalissa ja pilvipalveluissa voidaan käyttää samaa ITSM-järjestelmää teknologiana, mutta prosessien noudattaminen on vähintään yhtä tärkeää kuin työkalu. Noudatettavia prosesseja on listattu alle (Mulder, 2020, luku 4):

- Häiriönhallinta (Incident management). Prosessi, joka vastaa kaikkien häiriöiden elinkaaren hallinnasta ja ratkaisemisesta.
- Ongelman hallinta (Problem management). Toistuvien tapausten seuranta ja ratkaiseminen.
- Muutoksenhallinta (Change management). Prosessi, jolla kontrolloidaan alustan tai palveluiden muutosta mahdollisimman vähäisillä häiriöillä palvelulle.
- Konfiguraationhallinta (Configuration management). Alustan tilan ja resurssien seuranta.

Pilvipalvelun ketteryuden takia muutoshallinta on yksi tärkeimmistä prosesseista varmistamassa, etteivät muutokset häiritse liiketoimintaa. Muutoshallintaprosessi määrittelee muutoksen arvioinnin, hyväksynnän, toteutuksen ja seurannan käytännöt ja prosessit. Muutosten teko tuotantoympäristössä aiheuttaa riskin häiriöille tuotannossa ja muutoshallintaprosessilla pienennetään muutoksesta syntyvää riskiä. Pilvipalveluissa prosessien noudattaminen on erityisen tärkeää automaation ylläpitämiseksi. Poikkeama suunnitellusta mallista pienentää automaation mahdollisuuksia ja sen tuomia hyötyjä.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa haettiin vastausta kysymykseen: Miten pienentää riskejä julkisen pilvipalvelun kanssa toimiessa?

Tutkimuksessa kirjallisuudesta erityisesti nousi muutamia asioita, millä julkisen pilvipalvelun kanssa toimiessa riskejä voi pienentää:

- Pilvistrategian teko ja sen kiinnittäminen liiketoiminnan tavoitteisiin. Suunnitelmallisuudella vähennetään esimerkiksi pilvipalveluista syntyvien kulujen hallitsematon nousu ja kun pilvistrategia tukee liiketoiminnan tavoitteita, nousevat kulut pystytään kattamaan liiketoiminnalle tuleville hyödyillä.
- Automatisoinnin merkityksen ymmärtäminen ja toimintatapojen standardointi. Automatisointi vähentää virheiden määrää ja lisää tietoturvaa. Tietoturvaan liittyvät ongelmat johtuvat suurimmalta osalta virheellisesti tehdyistä määrityksistä.
- Osaamisen kehittäminen. Vaikka pilvipalvelut eivät ole enää aivan uusia asia, on pilvipalvelujen käytön osaamisessa puutteita. Puutteellinen osaaminen aiheuttaa kustannuksia lisääviä ratkaisuja ja vähentää pilven mahdollisuuksien hyödyntämistä.
- Hybridi- ja monipilviympäristön käyttö yhden pilvipalvelutoimittajan sijaan. Yhteen pilvipalvelutoimittajaan sitoutuminen voi aiheuttaa toimittajalukon ja siitä irtautuminen voi olla kallista. Monipilviympäristö mahdollistaa parhaiden ratkaisuiden käytön ja mahdollistaa liiketoiminnalle kilpailussa mukana pysymistä.
- Pyrkiä mahdollisimman paljoo lisäarvoa tuovan palvelun käyttöön. SaaS-palvelun käyttö ensisijaisesti ennen IaaS-palvelua. SaaS-palvelun käytöllä palvelun ylläpitämiseen liittyvät riskit siirtyvät toimittajalle IaaS-palvelua enemmän.

Tutkimuksen tuloksena syntyi johtopäätös, että pilvipalvelua ja perinteistä konesalituotantoa toisiinsa verrattaessa on huomioitava niihin liittyvät ominaisuudet ja sitä kautta niihin liittyvät riskit ovat erilaisia. Niillä on erilainen käyttötarkoitus sekä omat vahvuutensa ja kummallekin on roolinsa jatkossakin. Pilvipalvelun hyödyt ja lupaukset perustuvat paljon myös aineettomiin hyötyihin ja odotuksiin, kuten innovaatio ja joustavuus liiketoiminnalle, jolloin hyödyt ovat organisaation tarpeista kiinni.

Pilvipalvelusta saatava säästö on verrannollinen tapaan käyttää teknologiaa pilvestä. Säästöjä voi saada sammuttamalla virtuaalikoneita ja skaalaamalla niitä automaattisesti. Skaalaaminen ei ole kuitenkaan ilmaista vaan se tarvitsee erilaisia teknisiä ratkaisuja. Pilvipalvelun teknologia mahdollistaa joustavuuden ja sitä kautta säästöt ovat mahdollisia. Teknologia ja automaatio eivät tule automaattisesti käyttöön, vaan vaatii perehtyneisyyttä ja seuranta. Automaation käytöllä vähennetään resurssien tuhlaamista.

Pilvistrategian laadinta on tärkeä olla olemassa riskien pienentämisessä. Suunnitelmallisuus vähentää epäonnistumisen mahdollisuuksia. Pilvistrategian laadinnassa on erityisen tärkeä löytää liiketoiminnalle tulevat hyödyt. Hybridipilven käyttö on suositeltavaa.

Pilvipalvelun ja perinteistä konesalin vertailussa huomioitavia asioita ovat pilvipalvelun pienemmät aloituskustannukset, jotka ovat yleensä pienemmät, koska perinteisen konesalin perustamisessa joudutaan investoimaan laitteistoihin ja tiloihin sekä konesalitoimintoja ylläpitävään työvoimaan. Organisaation oman konesali-investoinnin vaihtoehtona on ulkoistetun konesalipalvelun käyttöönotto, jossa organisaation omat aloituskustannukset voivat olla lähellä pilvipalvelun aloituskustannuksia. Käyttökustannuksia arvioidessa kokonaisuutena julkisen pilvipalvelun kustannukset voivat olla pienemmät, koska käyttökustannukset jakautuvat lukuisille käyttäjille ja tarjottava kapasiteetti on tehokkaasti käytössä. Käytännössä hinnoittelu on hyvin monimutkainen ja markkinataloudessa palveluntuottaja hinnoittelee käyttömaksut markkinatalouden mekanismien mukaisesti, eikä kapasiteetin optimoidusta käytöstä tulevat kustannussäästöt välttämättä laske automaattisesti palvelun käyttäjän käyttömaksuja odotetusti ja toisaalta kolme suurinta julkisen pilven tarjoajaa tekevät hyvin kannattavaa liiketoimintaa.

Pilvipalvelussa kustannussäästöt, joihin voi itse vaikuttaa, perustuvat käytön optimointiin ja jos optimointi jää tekemättä, niin toteutuvat kustannukset ovat todennäköisesti alkuperäisestä ennusteesta poikkeavat.

Suorien säästöjä merkittävämpiä ovat hyödyt, joiksi lasketaan skaalautuvuus, nopeus ja innovaatiot. Näitä ei voi sivuuttaa digitaalisessa transformaatiossa.



## 8. YHTEENVETO

Pilvi tuotetaan fyysisestä ja ohjelmallisesta kerroksesta. Fyysinen kerros pysyy suhteellisen staattisena verrattuna ohjelmalliseen kerrokseen. Suurimmat hyödyt tulevat ohjelmallisen kerroksen muutoksesta, jolla pyritään käyttämään alla olevaa fyysistä kerrosta entistä tehokkaammin.

Suurin hyöty saavutetaan pilvipalvelujen käytöstä suunnitelmallisuudesta. Pilvistrategia on merkittävä osa suunnitelmaa ja siinä on tunnistettava organisaation tarpeet digitaalisessa muutoksessa. Pilvipalvelut ovat ja tulevat olemaan iso osa muutoksesta.

Pilvipalveluihin siirtyminen kestää vuosia ja parhaan hyödyn saa pilvisiirtymisessä, kun perinteisen sovelluksen elinkaari on päätöksessä ja uusinta tapahtuu sovelluksen elinkaarta myönteillen. ”Lesson and Learn” on tärkeä osa muutoksessa. Opi ja älä toista virheitä. Pilvistrategia on jatkuvasti päivittyvä dokumentti ja virheelliset tapaukset voi kirjata pilvistrategiaan ohjaamaan päätöksentekoa oikeaan suuntaan jatkossa ja parhaat käytännöt löytyvät pilvistrategiasta. Pilvipalveluihin siirryttäessä kannattaa huomioida pilvipalveluita tuottavien yritysten näkökulma. Pilvipalveluja tuottavan yrityksen tavoite on saada palveluja tarvitsevien yritysten laskentatarve pilveen ja kasvattaa sitä kautta liiketoimintaansa. Digitalisaatiosta saatava hyöty liiketoiminnalle on organisaation omissa käsissä samalla tavoin kuin perinteisessä konesalissa. Pilvipalvelu itsessään ei tuo yrityksen tuotteita nopeammin markkinoille, jos teknologiaa ei hyödynnä tai siitä ei ole hyötyä.

Tässä tutkimuksessa tutkimusaihe oli laaja ja sopiva jatkotutkimuksen aihe olisi tutkia tarkemmalla tasolla, miten esimerkiksi ITSM-työkalu, kuten ServiceNow saadaan toimimaan saumattomasti hybridipilvessä. Organisaation ITSM-työkalu voi olla kehitetty perinteisen konesalin ehdoilla ja vaikeus on yhdistää sitä toimimaan vastaavan tasoisesti julkisen pilven kanssa. ITSM-työkalun kautta saadaan myös automaation tasoa nostettua, jolloin inhimillisten virheiden mahdollisuus vähenee sekä työkalun käytöllä muutosten teko on hallittua.

## 9. VIITELUETTELO

- Docker 2023. Use containers to Build, Share and Run your applications. Saatavilla: <https://www.docker.com/resources/what-container/>. (Viitattu: 21.1.2023)
- Euroopan komissio 2019. The European Commission Cloud Strategy. Saatavilla: [https://commission.europa.eu/publications/european-commission-cloud-strategy\\_en](https://commission.europa.eu/publications/european-commission-cloud-strategy_en). (Viitattu: 22.4.2023)
- Gartner 2023. Cloud computing is the new norm. Saatavilla: <https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/cloud-strategy>. (Viitattu: 5.2.2023)
- Gartner 2022a. How to Evolve Your Physical Data Center to a Modern Operating Model. Saatavilla: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2A2AXY8Y&ct=220518&st=sb>. (Viitattu: 10.2.2023)
- Gartner 2022b. Gartner Says More Than Half of Enterprise IT Spending in Key Market Segments Will Shift to the Cloud by 2025. Lehdistötiedote. Saatavilla: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-02-09-gartner-says-more-than-half-of-enterprise-it-spending>. (Viitattu: 20.2.2023)
- Gartner 2021. The Cloud Strategy Cookbook. Saatavilla: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-cloud-strategy-cookbook>. (Viitattu: 16.4.2023)
- Gartner 2019. The Top 10 Cloud Myths. Artikkel. Saatavilla: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-top-10-cloud-myths>. (Viitattu: 25.2.2023)
- Geng, H. 2021. Data Center Handbook, 2nd Edition. Julkaisija: Wiley. E-Kirja. Luku 1. (Luettu: 12.2.2023)
- Gonzalez, A. J. & Helvik, B. E. 2012. System management to comply with SLA availability guarantees in cloud computing. Proceeding of the 4th IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science Proceedings, 325–33
- Hansel 2021. Konesali- ja kapasiteettipalvelut 2021–2029. Saatavilla: <https://www.hansel.fi/yhteishankinnat/konesali-ja-kapasiteettipalvelut-2021-2029/>. (Viitattu: 18.2.2023)
- Heroku 2023. What is Heroku? Saatavilla: <https://www.heroku.com/what>. (Viitattu: 21.12.2023)

- Hashicorp 2022. HashiCorp 2022 State of Cloud Strategy Survey: Saatavilla: <https://www.hashicorp.com/state-of-the-cloud>. (Viitattu: 18.4.2023)
- Hurwitz, J. S. & Kirsch, D. 2022. Cloud Computing For Dummies, 2nd Edition. E-Kirja. (Luettu: 15.1.2023)
- Jamsa, K. 2022. Cloud Computing. Jones & Bartlett Learning. E-Kirja. (Luettu: 14.1.2023)
- Juhila, K. Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteet. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Saatavilla: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus>. (Viitattu 15.5.2023)
- Kejariwal, A. & Allspaw, J. 2017. The Art of Capacity Planning, 2nd Edition. Julkaisija: O'Reilly Media, Inc. E-kirja (Luettu: 4.4.2023)
- Kevin, L. J. & Goessling, S. 2018. Architecting Cloud Computing Solutions. Julkaisija: Packt Publishing. E-Kirja. (Luettu: 24.1.2023)
- Lebeaux, R. & Pratt, M.K. 2020. IT strategy (information technology strategy). Saatavilla: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/IT-strategy-information-technology-strategy>. (Viitattu: 4.2.2023)
- Linthicum, D. 2023. An Insiders Guide to Cloud Computing. Julkaisija: Addison-Wesley Professional. E-kirja. (Luettu: 18.4.2023)
- Loukides, M. 2021. The Cloud in 2021: Adoption Continues. Julkaisija: O'Reilly Media, Inc. E-kirja. (Luettu: 18.3.2023)
- Mell, P. & Grance, T. 2011. The NIST Definition of Cloud Computing. NIST. Saatavilla: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>. (Viitattu 11.1.2023)
- Microsoft 2022. Azure Government. Luettavissa: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/clouds/government/>. (Luettu: 26.11.2023)
- Mulder, J. 2020. Multi-Cloud Architecture and Governance. Julkaisija: Packt Publishing. E-kirja. (Luettu: 4.5.2023)
- OCI 2023. Open Container Initiative. Saatavilla: <https://opencontainers.org/>. (Viitattu: 21.1.2023)
- Sarkar, A. & Shah, A. 2015. Learning AWS. Julkaisija: Packt Publishing. E-Kirja (Luettu 16.1.2023)

- Statista 2022. Future-facing insights into technology markets. Saatavilla: <https://www.statista.com/outlook/technology-outlook#overview>. (Viitattu: 19.2.2023)
- Sfondrini, N., Motta, G. & Longo, A. 2018. Public Cloud Adoption in Multinational Companies: A Survey 2018. Proceeding of the IEEE International Conference on Services Computing (SCC), pp. 177-184
- Sheldon, R. 2020. Colocation pricing guide: Understanding data center costs: Saatavilla: <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/tip/Colocation-pricing-guide-Understanding-data-center-costs>. (Viitattu: 29.3.2023)
- Storment, J.R. & Fuller, M. 2023. Cloud FinOps, 2nd Edition. Julkaisija: O'Reilly Media, Inc. E-Kirja. (Luettu: 31.1.2023)
- Sunilkumar, M. & Gopal, S. 2021. Cloud Computing: Concepts and Technologies. E-Kirja. (Luettu: 14.1.2023)
- Trautman, P. 2018. Designing and Building a Hybrid Cloud. Julkaisija: O'Reilly Media, Inc. E-kirja. (Luettu: 15.3.2023)
- Techjury 2023. Gmail Statistics To Show How Big It Is In 2023. Saatavilla: <https://techjury.net/blog/gmail-statistics/#gref>. (Viitattu: 11.1.2023)
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2021. Sähköisten palveluiden käyttö on lisääntynyt: joka viides asioi sähköisesti sosiaali- tai terveydenhuollossa viime vuonna. Saatavilla: <https://thl.fi/fi/-/sahkoisten-palveluiden-kaytto-on-lisaantynyt-joka-viides-asioi-sahkoisesti-sosiaali-tai-terveydenhuollossa-viime-vuonna>. (Viitattu: 11.1.2023)
- Tilastokeskus 2022. Pilvipalvelujen käyttö. Saatavilla: <https://www.stat.fi/julkaisu/cktvztyy82z790b55dz6j23q3>. (Viitattu: 11.1.2023)
- Tittel, E. 2022. Hybrid cloud strategy for dummies. The how-to guide for jumping into the cloud and getting it right. RedHat. Saatavilla: <https://www.redhat.com/en/resources/hybrid-cloud-strategy-for-dummies-ebook>. (Viitattu: 11.2.2023)
- Tivi 2013. Tieto voitti jättipotin - jopa 240 miljoonan euron sopimus valtiolta. Saatavilla: <https://www.tivi.fi/uutiset/tieto-voitti-jattipotin-jopa-240-miljoonan-euron-sopimus-valtiolta/74e9747e-c272-37dc-8a14-f70b29eb9e41>. (Viitattu: 18.2.2023)
- Uptime Institute 2023. Tier-sertifiointi organisaatio. Saatavilla: <https://uptimeinstitute.com/>. (Viitattu: 1.4.2023)

- Valtiovarainministeriö 2020a. Helsinki. Pilvipalvelujen soveltamisohje – Pilvipalvelujen hyödyntämisen soveltamisohjeita julkisen hallinnon organisaatioille. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162453>. (Viitattu: 5.2.2023)
- Valtiovarainministeriö 2020b. Tuottavuutta pilvipalveluilla. Ohje julkisen hallinnon pilvipalvelujen hyödyntämiseen. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2020:66. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-327-4>. (Viitattu: 25.2.2023)
- Valtiovarainministeriö 2018. Helsinki. Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset. Luettavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-251-982-5>. (Viitattu: 5.2.2023)
- Valtiovarainministeriö 2014. Helsinki. Valtion konesali- ja kapasiteettipalvelustrategia. Saatavilla: <https://vm.fi/julkaisu?pubid=4204>. (Viitattu: 14.2.2023)
- VMware 2023. Monipilvipalveluiden tarjoaja. Saatavilla: <https://www.vmware.com>. (Viitattu: 2.4.2023)
- Wu, C. & Buyya, R. 2015. Cloud Data Centers and Cost Modeling. Julkaisija: Morgan Kaufmann. E-Kirja. (Luettu: 20.3.2023)