

Tanja Kulotie

**Kartoitus palvelinalustavaihtoehtoista yritykselle Qlu Oy**

## **Kartoitus palvelunalustavaihtoehdoista yritykselle Qlu Oy**

Tanja Kulotie  
Opinnäytetyö  
Kevät 2015  
Tietojenkäsittelyn koulutus  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma, järjestelmäasiantuntemus

---

Tekijä(t): Tanja Kulotie

Opinnäytetyön nimi: Palvelinalustavaihtoehtojen kartoitus yritykselle Qlu Oy

Työn ohjaaja: Risto Hinkka

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2015

Sivumäärä: 74

---

Tämä opinnäytetyö tutkii erilaisia fyysisiä palvelinalustavaihtoehtoja Qlu Oy:n tarpeisiin. Tavoitteena oli kerätä tietoa eri alustoista ja niiden eri ominaisuuksista. Pääpaino on alustavaihtoehtojen tietoturvallisuusominaisuuksissa, käytettävyydessä, laajennettavuudessa sekä kustannuksissa.

Työssä käsitellään keskeisiä teknologioita liittyen nykyaikaisiin palvelinratkaisuihin, kuten palvelinvirtualisointi ja pilvilaskenta. Tarkastelun kohteina ovat niin omissa tiloissa sijaitsevat palvelinratkaisut, kuin palveluntarjoajalle ulkoistetut. Ulkoistettuja ratkaisuja pohtiessa perehdytään erityisesti luotettavan palveluntarjoajan tunnistamiseen, palveluntarjoajan kanssa tehtävän sopimuksen sisältöön, sekä asiakasrekistereiden henkilötietolain mukaiseen käsittelyyn ulkoistetussa palvelinympäristössä. Tietoperusta on rakennettu siten, että alustavaihtoehtoja on voitu vertailla tehokkaasti keskenään käyttäen mittapuuna yrityksen vaatimuksia alustalle.

Työn tuloksina selvitettiin palvelinten laitteistovaatimukset, sekä saatiin käsitys eri alustavaihtoehtojen sopivuudesta yrityksen tarpeeseen. Sopivimmaksi todettiin IaaS-pilvipalvelu, sillä se on yrityksen palvelimille ominaiselle toiminnalle soveliain ratkaisu laajennettavuutensa ja laskutusmallinsa ansiosta.

---

Asiasanat: virtualisointi, palvelimet, pilvipalvelut

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in Business Information Systems, Option of Computer Systems Expertise

---

Author(s): Tanja Kulotie

Title of thesis: Survey of Server Platform Options for Qlu Oy

Supervisor(s): Risto Hinkka

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015      Number of pages: 74

---

The purpose of this thesis was to examine different physical server platforms, and find out how well each of them meets the requirements set by Qlu Oy. The objective was to gather information of different platform solutions and their properties. The main focus is directed to information security, usability, scalability, and expenses.

The thesis covers some of the relevant technologies concerning modern server platforms, such as virtualization and cloud computing. On-site and outsourced solutions are both analyzed. Regarding outsourced solutions, it was important to include advice on identifying a reliable service provider, and emphasize the concerns that should be addressed in the service contract. The servers will be containing a customer register, and therefore this thesis also discusses how the register can be managed in compliance with the legislation in case the servers are outsourced. The theoretical background is created for the purpose of comparing platform solutions to the requirements of Qlu Oy.

As a result of this process, the servers' system requirements for Qlu Oy have been determined, and also how each platform responds to these requirements. An IaaS cloud service platform was deemed the most appropriate, since it has exceptional scalability properties and has most likely the most beneficial billing model.

---

Keywords: virtualization, servers, cloud services

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Toimeksiantaja .....	8
2	VAATIMUKSET JA LÄHTÖTIEDOT .....	9
2.1	Palvelimet.....	9
3	PALVELIN .....	11
3.1	Virtualisointi .....	11
3.2	Virtualisoinnin edut .....	13
3.3	Huomioitavaa virtualisoinnin suhteen .....	13
4	FORM FACTOR .....	15
4.1	Fyysisen palvelimen muodot .....	15
5	KOMPONENTIT JA NIIDEN VALINTA .....	18
5.1	Proessori .....	18
5.2	Keskusmuisti ja sivutiedosto.....	19
5.3	Emolevy, verkkokortti ja virtalähde .....	19
5.4	Kiintolevy.....	20
5.5	RAID.....	21
6	PALVELINPALVELUIDEN ULKOISTAMINEN.....	25
6.1	Dedikoitu palvelin .....	25
6.2	Perinteinen VPS.....	27
6.3	Pilvilaskenta ja -palvelut .....	28
6.3.1	Palvelumallit.....	29
6.3.2	Käyttöönottomallit .....	30
6.4	Huomioitavaa palvelinten ulkoistamisessa .....	32
7	TIETOTURVALLISUUSNÄKÖKOHTIA.....	35
7.1	Palvelimen fyysinen tietoturva .....	35
7.2	Palomuri .....	35
7.3	Vikasietoisuus .....	37
7.4	Ulkoistetun palvelinpalvelun tietoturvallisuus.....	38
7.5	Lainsäädäntö.....	39
8	PALVELINTEN NYKYTILANNE JA LAITTEISTOVAATIMUKSET .....	41
8.1	CRM- ja julkaisupalvelin .....	41

8.2	Mittapalvelin .....	42
9	ALUSTAVAIHTOEHTOJEN ARVIOINTI .....	46
9.1	Dedikoitu palvelin .....	46
9.1.1	Dedikoitu vuokrapalvelin .....	47
9.1.2	Ostettu dedikoitu palvelin palvelinhotellissa .....	48
9.2	IaaS-pilvipalvelut .....	50
9.2.1	Amazon Web Services .....	51
9.2.2	Google Cloud Platform .....	53
9.2.3	Nebula Cloud 9.0 .....	54
9.2.4	Vertailu ja sopimusehdot .....	55
10	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	59
11	POHDINTA .....	62
12	LÄHTEET .....	63

# 1 JOHDANTO

Toimeksiantajalla oli tarve selvittää eri vaihtoehdot koskien yrityksen ydintoimintaan liittyvien palvelinten fyysistä alustaa. Ts., minkälaisia toiminnallisia ja kustannuksellisia eroja, ja mitä tietoturvaominaisuuksia kuhunkin alustavaihtoehtoon kuuluu. Tarpeen oli myös ottaa huomioon yrityksen kasvuun ja palvelinalustan laajennukseen varautuminen etukäteen. Opinnäytetyön lopputuloksena esittelen kunkin alustavaihtoehdon hyvät ja huonot puolet, painottaen yritykselle merkityksellisimpiä seikkoja. Painotan, että tässä työssä tutkitaan ainoastaan palvelinalustoja, ohjelmisto ja siihen liittyvä osaaminen ei kuulu tämän opinnäytetyön alueeseen. Ohjelmistoja sivutaan aiheena vain siinä määrin, missä se vaikuttaa suoraan palvelinalustan valintaan.

Opinnäytetyön luvussa 3 määritellään ensin sanan palvelin merkitys, jonka jälkeen siirrytään käsittelemään virtualisointitekniikoita ja niiden mukanaan tuomia etuja ja haittoja. Luvussa 4 esitellään fyysisen palvelimen eri muodot, eli se pyrkii avaamaan nykyisin käytössä olevien palvelintyyppien ominaisuuksia. Luvussa 5 mennään palvelimeen pintaa syvemmälle, komponenttitasolle asti. Alkupään luvut siis käsittelevät yleisesti palvelinlaitteistoa ja palvelinvirtualisointia.

Opinnäytetyön seuraava osio alkaa luvusta 6, joka käsittelee ulkoistettuja palvelinratkaisuja monissa muodoissaan. Mukaan on otettu selkeästi rajatut päätyypit, joilla on mahdollista toteuttaa yrityksen tarpeen mukaisia palvelinratkaisuja. Tämä työn osa selkiyttää palveluiden välisiä eroja, ja antaa suuntaviivat sille, että mitä kuhunkin palvelutyyppiin tavallisimmin kuuluu. Painotan vahvasti sopimusehtoihin tutustumisen tärkeyttä. Palveluiden tekniset rajoitteet ja erot on niinkin huomioitu. Pilvipalveluita ja -laskentaa on pyritty avaamaan hieman laajemmin, sillä käsitteen kokonaisvaltainen ymmärtäminen on tarpeen, jotta osataan tunnistaa todelliset pilvipalvelut.

Seitsemännessä luvussa käsitellään tietoturvallisuutta kehitystehtävälle olennaisin osin. Sen ei ole tarkoitus antaa kattavaa kokonaiskuvaa tietoturvallisuudesta yleensä, vaan keskittyä juuri tämän työn toteutuksessa olennaisimpiin seikkoihin. Huomionarvoisina asioina otin mukaan palvelimen sijoituspaikan turvallisuuden, palveluiden jatkuvuuden turvaamiseen liittyviä näkökohtia, sekä perehdytystä palomuurin ja varmuuskopioinnin tärkeyteen. Esittelen myös työkaluja ulkoistettujen palveluiden tietoturvallisuuden arviointiin.

Luvusta 8 alkaen keskitytään itse kehitystehtävään. Palvelinten nykytilannetta ja laitteistovaatimuksia tarkennetaan toimeksiantajalta hankituin tiedoin ja testaustuloksin. Sellaisia asioita, joiden testaamista ei saatu toteutettua, käsitellään teoriaan, arvioihin ja hyviin käytänteisiin pohjaten. Luvussa 9 otetaan potentiaaliset alustavaihtoehdot tarkastelun kohteeksi, ja vertaillaan niiden ominaisuuksia toimeksiantajan tarpeisiin nähden. Kyseisessä luvussa käsitellään laaS –alustavaihtoehtoja hieman tarkemmin, sillä se valittiin työn tulosten perusteella kehityskelpoisimmaksi alustavaihtoehdoksi. Luku sisältää kolmen palveluntarjoajan vertailun tietoperustassa esillä nostettuihin seikkoihin nojaten. Luvussa 10 esitellään työn tulokset, eli päätelmät koskien sopivimmaksi valittua alustaa.

## 1.1 Toimeksiantaja

Työn toimeksiantaja Qlu Oy on suomalainen yritys, jonka ydintoimintaa on induktiosilmukan laadun testaaminen ja kuuluvuusalueiden tekeminen näkyväksi. Yritys testaa puolueettomasti ja luotettavasti induktiosilmukan laadun, ja tuottaa mittausten tuloksista raportin ja kuuluvuuskartan. (Qlu Oy 2014, viitattu 5.9.2014.)

Kuuloliitto määrittelee verkkosivuillaan induktiosilmukan seuraavasti: ”Induktiosilmukka on kuulovammaisen apuväline, joka siirtää magneettikentän välityksellä äänen suoraan kuulolaitteen vastaanottokelaan.” Induktiosilmukka siis edesauttaa kuulovammaisten esteetöntä kuulemistä eliminoimalla häiriöäänet puhujan ja kuuntelijan välissä, jolloin ääni välittyy selkeänä kuulolaitteeseen. (Kuuloliitto, viitattu 23.10.2014.)

Kun tilan induktiosilmukan mittaukset on suoritettu ja tieto kerätty, mittausdatasta muodostetaan kuuluvuuskartta, jossa signaalin laatu tilassa esitetään värikoodein. Tällainen värikoodattu kartta voidaan sijoittaa tilaan sekä yrityksen verkkopalveluun. Kuulolaitetta käyttävä asiakas voi tarkistaa kartasta kuunteluolosuhteet tilan eri alueilla. Myös tapahtumanjärjestäjät voivat hyödyntää karttoja kuulolaitteita käyttävien asiakkaiden huomioimisessa. Sähköverkon aiheuttamista häiriötekijöistä tehdään myös kartta, jota tilan haltija voi hyödyntää pyrkiessään poistamaan kuulemistä estäviä häiriöitä. (Qlu oy 2014, viitattu 5.9.2014.) Tämä opinnäytetyö keskittyy yrityksen ydintoiminnassaan tarvitsemien palvelinten toteutussuunnitelmaan.



## 2 VAATIMUKSET JA LÄHTÖTIEDOT

Toimeksiantajan palvelinkokonaisuus koostuu kolmesta palvelimesta. Tällä hetkellä yritys käyttää Digital Oceanin virtuaalipalvelimia. Nämä kolme palvelinta on sijoitettu erillisille virtuaalipalvelimille, ja käyttöjärjestelmänä kaikissa on tällä hetkellä Ubuntu Server 14.04LTS. Täten tämän työn paino on kokonaisuudessaan vahvasti Linux-jakeluiden puolella, eikä Windows- tai Mac- järjestelmiä juuri oteta huomioon tietoperustassa. Yrityksen nykytilanteeseen nähden tämä kokoonpano on riittävä, mutta sen sopivuutta tulevaisuuden tarpeisiin ei ole tutkittu. Nykyinen kokoonpano käsitellään tarkemmin opinnäytetyön luvussa 8.

Palvelinten kapasiteettia tullaan tulevaisuudessa kasvattamaan käyttäjämäärien ja käsiteltävän tiedon määrän kasvaessa, joten palvelinjärjestelmän skaalaamisen pohdinta on yksi tämän opinnäytetyön tärkeimmistä tavoitteista. Suunnitelman tulee varautua kasvuun niin, että kapasiteetin nosto voidaan toteuttaa kustannustehokkaalla tavalla sellaisissa pisteissä, joissa sen on katsottu olevan kaikista järkevintä. Koska palvelimet kommunikoivat keskenään paljon, niiden välisen tiedonsiirron täytyy olla sujuvaa ja turvallista.

### 2.1 Palvelimet

CRM-palvelin sisältää CRM-järjestelmän (Customer Relationship Management). CRM tarkoittaa kirjaimellisesti asiakassuhteiden hallintajärjestelmää. Palvelin sisältää kaikki liiketoiminnan harjoittamiseen liittyvät keskeiset toiminnot. Palvelimella sijaitsee myös yrityksen tietokantajärjestelmä, jonka tietokannat sisältävät kutakuinkin kaiken datan, jota yrityksen muut palvelimet keräävät ja käyttävät. Näiden lisäksi palvelin sisältää kiinteistötiedon hallintajärjestelmän, jota käytetään mitattujen tilojen, eli ”kohteiden” tietojen hallintaan. Tilatiedon hallintapalvelin tulee toimeksiantajayrityksen sisäiseen käyttöön, eli käyttäjien määrän odotetaan jäävän paljon pienemmäksi kuin julkaisujärjestelmäpalvelimen tapauksessa.

Mittapalvelimen tehtävänä on kerätä ja analysoida mittauslaitteilla kerättyä dataa. Käytännössä mittausta suorittava laitteisto siirtää mittaustiedon palvelimen analysoitavaksi, riippumatta siitä missä mittaus suoritetaan. Mittapalvelin ottaa vastaan mittauslaitteistolla kerätyn mittausdatan, ja piirtää sen perusteella kuvan tilasta ja kuuluvuusalueista. Kartan valmistuttua se viimeistellään ja

viimeistely tuote siirretään tämän jälkeen CRM-palvelimelle. Mittapalvelin säilyttää itse vain mittausdatan. Karttojen piirtäminen on suhteellisen raskas prosessi, ja ison kuvion generointi vie noin 500Mt (megatavu) muistia suorituksen aikana.

Julkaisujärjestelmäpalvelin on verkkopalvelin, joka pitää sisällään julkaisujärjestelmäpalvelun. Tämä julkinen verkkopalvelu on täysin avoin, joten sen käyttäjiä ovat esimerkiksi kaikki kuuluvuustiedosta kiinnostuneet henkilöt, erityisesti kuulolaitteen käyttäjät ja yleisötilaisuuksien järjestäjät. Kuuluvuustieto julkaistaan Internetissä julkaisujärjestelmäpalvelun kautta. Käyttäjä voi hakea palvelusta karttoja, antaa palautetta kuuluvuudesta ja tehdä parannusehdotuksia tilojen kuuluvuuteen. Tämän palvelimen odotetaan saavan eniten käyttäjiä, ja sen sujuva toiminta on kriittistä yrityksen imagon ja asiakastytyvyyden säilyttämisen kannalta.

### 3 PALVELIN

Sana palvelin viittaa tietokoneeseen, jonka tehtävänä on vastata asiakaskoneiden lähettämiin pyyntöihin. Palvelinkone sisältää pääpiirteittäin samanlaiset komponentit kuin työasema. (Dell Inc, viitattu 23.10.2014.) Tietokonetta, joka on varattu yksinomaan palvelinkäyttöön, kuvaillaan termillä dedicated server. Myös tavallisessa työasemakäytössä oleva tietokone voi toimia palvelimena, jolloin kyseessä on omistetun palvelimen vastakohta, non-dedicated server. Tällöin on yleensä kyseessä tilanne, jossa kotikäyttäjän tietokoneella on peli- tai Voice over IP-palvelin (puheysteittä tarjoava palvelinsovellus). Tärkeitä tai usean käyttäjän palvelimia ei suositella pidettäväksi tavallisessa käytössä olevalla työasemalla lukuisten ongelmien takia, joihin lukeutuvat mm. riittämättömät resurssit ja tietoturvanäkökulmat. Tavallisimmin kuitenkin palvelimesta puhuttaessa kyseessä on yksinomaan palvelinkäytössä oleva tietokone. (Integrated Publishing, Inc., viitattu 23.10.2014.)

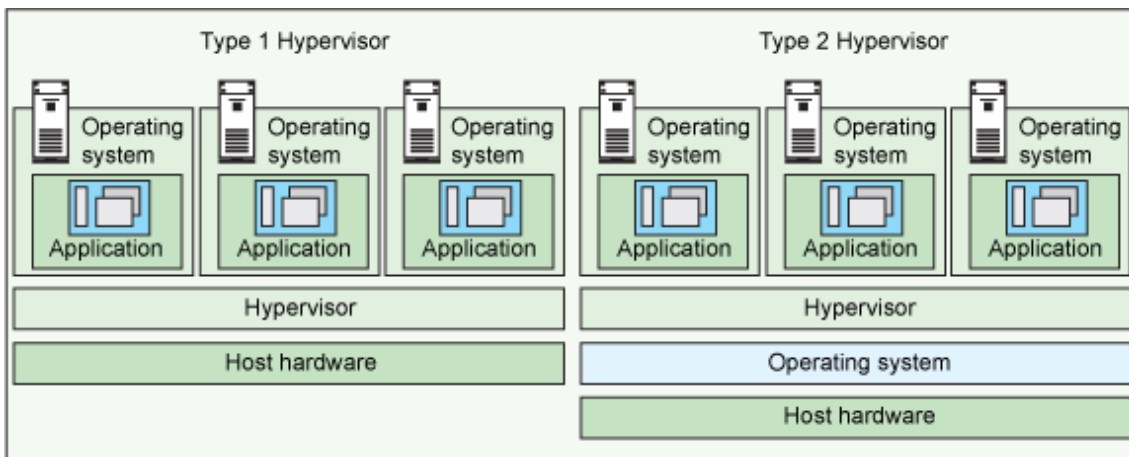
Termillä dedicated server voidaan tarkoittaa useampaa eri asiaa. Kontekstista riippuen se voi tarkoittaa esimerkiksi palvelinta, joka on varattu yksinomaan tietyn palvelintehtävän suoritukseen. Kun puhutaan ulkoistetuista palvelinpalveluista, se merkitsee tavallisesti yhden asiakkaan käyttöön vuokrattua palvelinta. (Beal 2014, viitattu 10.11.2014).

#### 3.1 Virtualisointi

Virtualisointi viittaa terminä fyysisten laitteistoresurssien korvaamiseen joustavilla virtuaaliresursseilla. Palvelinresursseja ei tässä mallissa ajatella enää fyysisinä yhteen laitteistoon sidottuina resursseina, vaan ns. loogisena resurssialtaana. Palvelinjärjestelmän virtualisoinnilla tarkoitetaan lyhyesti ilmaistuna sitä, että fyysisen palvelinjärjestelmän resurssit jaetaan useamman loogisen, itsenäisen järjestelmän välillä. Virtualisointi on siis teknologia, jolla voidaan sekä yhdistää useiden fyysisten laitteistojen resurssit samaan resurssialtaaseen, sekä jakaa yhden fyysisen laitteiston resurssit monelle loogiselle, toisistaan erilliselle palvelimelle. (Tholeti 2011, viitattu 23.10.2014.)

Virtualisointi toteutetaan tavallisimmin hypervisor-tekniikan avulla. Käytännössä hypervisorit ovat joko erillisiä ohjelmia tai laitteeseen kiinteästi asennettuja laiteohjelmia. Hypervisoreita on kahdentyyppisiä; Tyypin 1 hypervisorit toimivat suoraan järjestelmän päällä. Tyypin 2 hypervisorit taas toimivat isäntäkäyttöjärjestelmän päällä (katso kuvio 1) . (Tholeti 2011, viitattu 23.10.2014)

Tyypin 1 hypervisoria voidaan kutsua myös bare metal –hypervisoriksi. Nimitys viittaa sen toimintaan suoraan laitteistoraudan päällä. Se on käyttöjärjestelmästä täysin itsenäinen. Tyypin 1 hypervisor on näistä kahdesta kevyempi. Sen pääasiallinen tehtävä on laitteistoresurssien hallinta ja jakaminen sen päällä toimiville vieraskäyttöjärjestelmille. Sen suurin etu on, että yhden virtuaalikoneen tai vieraskäyttöjärjestelmän ongelmat eivät vaikuta muihin hypervisorin päällä toimiviin virtuaalijärjestelmiin. Tyypin 1 hypervisoreita ovat esimerkiksi Citrix XenServer ja VMWare ESXi. (Prasad 2014, viitattu 23.10.2014.)



KUVIO 1. Tyypin 1 ja 2 hypervisorit. (Tholeti 2011, viitattu 23.10.2014)

Tyypin 2 hypervisoria kutsutaan myös isännöidyksi hypervisoriksi. Nimitys viittaa sen toimintaan isäntäkäyttöjärjestelmän päällä. Tästä johtuen se on täysin riippuvainen isäntäkäyttöjärjestelmästä. Isäntäkäyttöjärjestelmän päällä toimiminen antaa enemmän hallinnointityökaluja. Se heikentää kuitenkin järjestelmän vakautta, koska isäntäkäyttöjärjestelmän ongelmat vaikuttavat sen päällä suoritettavan hypervisorin toimintaan. Ongelmat heijastuvat myös hypervisorin päällä suoritettaviin virtuaalikoneisiin. Esimerkiksi Oracle VirtualBox ja VMWare Workstation ovat tyypin 2 hypervisoreita. (Prasad 2014, viitattu 23.10.2014.)

### **3.2 Virtualisoinnin edut**

Virtualisoinnin hyödyntämiseen liittyy lukuisia etuja, ja se voi laskea sekä virrankulutusta että kuluja. Virtualisointi sallii palvelinten työtaakkojen yhdistämisen tehokkaasti. Siinä, missä ennen jokaiselle palvelimelle tarvittiin oma fyysinen laitteisto, voidaan samat työtaakat suorittaa nyt pienemmällä määrällä fyysisiä laitteita. Tästä johtuen laitteistojen hankinta-, ylläpito-, ja virrankäyttökulut pienenevät. Tavallisesti palvelinten resurssit joudutaan ylivoimittamaan siihen nähden, paljonko ne tavallisesti tarvitsevat resursseja. Ilman virtualisointia se on ainoa tapa varautua tilapäiseen palvelupyynnön nousuun lyhyen aikavälin sisällä. Suurin osa palvelimista kokee tällaisia käyttöpiikkejä tiettyinä aikoina. Esimerkiksi vähittäismyyntiä harjoittavassa yrityksessä voidaan odottaa loma-aikoina piikkiä maksuliikenteessä, ja palvelinten täytyy olla tätä piikkiä varten mitoitettu, vaikka tämän ajan ulkopuolella pärjättäisiin paljon vähemmällä laitteistoresursseilla. Virtualisointi voi vähentää kustannuksia, koska virtuaalipalvelimille voidaan asettaa dynaamisesti resursseja vain sen verran kuin niitä sillä hetkellä tarvitaan. (Hoffman 2014, viitattu 23.10.2014)

Virtuaalipalvelinten luominen kerran valmisteltuun ympäristöön on helppoa. Niiden liikuttelu on myös vaivatonta, koska niitä käsitellään erikseen säilötyinä objekteina. Näin ne voidaan siirtää kokonaan toiselle fyysiselle alustalle suhteellisen pienellä vaivannäöllä. Tämä ominaisuus nopeuttaa esimerkiksi laitteiston hajoamisesta palautumista. (Hoffman 2014, viitattu 23.10.2014)

### **3.3 Huomioitavaa virtualisoinnin suhteen**

Mitä sitten ei kannata virtualisoida? Vaikka virtualisoimalla saavutetaan paljon selkeitä etuja, on edelleen tilanteita, joissa kaiken virtualisointi voi kääntyä itseään vastaan. Vaikka jotain voitaisiin virtualisoida, on harkittava tarkkaan, ovatko saavutettavat edut työn arvoisia. Huomioitava on myös, että mitään kriittistä palvelua ei voi vain suoraan virtualisoida ja olettaa että se toimii heti palvelun virtuaalialustalle siirtämisen jälkeen. Virtualisoitujen järjestelmien testaus täytyy viedä huolellisesti loppuun asti, ja alkuperäisen kokoonpanon hajottaminen saa tapahtua vasta kun voidaan olla varmoja virtualisoidun kokoonpanon toimivuudesta. (Matteson 2013, viitattu 10.11.2014.)

Työtä vaativiin virtualisointikohteisiin kuuluvat esimerkiksi tietokannat. Paljon I/O-toimintoja (Input/Output, suom. syöttö/tulostus-toiminnot) suorittavien tietokantapalvelinten virtualisointia ei tavallisesti suositella, sillä hypervisor-kerros häiritsee tietokannan kykyä kirjoittaa tallennustilaan. Tämä ongelma saadaan kuitenkin kierrettyä toimenpiteellä, jolla annetaan tietokannalle kyky kirjoittaa suoraan fyysiseen tallennustilaan. Kyseinen toimenpide vaatii kuitenkin erityisosaamista. (McTigue 2010, viitattu 13.9.2014.) Myöskään tietokoneeseen liitettäviä lisälaitteita vaativia ohjelmia ei suositella virtualisoitavaksi. Tapauksesta riippuen tällaiset järjestelmät voidaan saada toimimaan, mutta kannattaa punnita tarkoin ovatko saatavat hyödyt vaivannäön arvoisia. Virtualisoinnin esteeksi voi myös muodostua käyttöehdot. On olemassa käyttöjärjestelmiä ja ohjelmia, joiden käyttöehdot eivät salli virtualisointia lainkaan. Tästä syystä on tärkeää tutustua ehtoihin etukäteen. (Matteson 2013, viitattu 10.11.2014.)

Virtualisointi vaatii huolellista mitoittamista ja suunnittelutyötä. Siinä missä virtualisointi auttaa hyödyntämään alikäytettyjen palvelinten resursseja, se voi myös kääntyä käyttäjänsä vastaan jos usea virtuaalipalvelin yrittää käyttää liikaa resursseja yhtäaikaisesti. Paljon resursseja vievät tehtävät, joita suoritetaan yhtäaikaisesti voivat aiheuttaa suorituskyvyn heikkenemistä ja palvelukatkoja, mikäli niitä ei ole otettu huomioon suunnitteluvaiheessa. Tästä syystä tavallisesti virtualisoidaan palvelimia, joiden käyttöaste on pieni ja joiden yhdistäminen on täten järkevää. (Miller 2010, viitattu 10.11.2014)

Bare Metal Server on suhteellisen uusi termi, jota käyttävät lähinnä palvelinpalvelujen tarjoajat erottamaan perinteiset palvelimet virtuaalipalvelimista. Tässä työssä termillä Bare Metal Server siis viitataan palvelintietokoneeseen, joka toimii palvelimena ilman hypervisoria. (M3Server 2014, viitattu 23.10.2014.)

Bare metal -palvelimet eivät siis jaa resursseja useamman palvelimen kesken, vaan kaikki resurssit on varattu yhden palvelininstanssin käyttöön. Tällaiset palvelimet ovat omiaan suorittamaan hyvin raskaita prosesseja, ja olemaan alustana kaikkein kriittisimmille toiminnoille, mihin virtuaalipalvelimet eivät välttämättä kaikissa tilanteissa sovellu. Hankintapäätökset virtualisoidun ja bare metal -palvelimen välillä tehdään siis käyttötarkoituksen ja käyttöasteen mukaan. (M3Server 2014, viitattu 23.10.2014.)

## 4 FORM FACTOR

Mikäli ollaan päädytty oman palvelimen hankintaan, täytyy harkita sen muotoa. Form factor on termi, jota käytetään kun kuvaillaan tietokoneen komponenttien fyysistä kokoa ja muotoa. Form factor viittaa kuitenkin hieman eri asioihin kontekstista riippuen. (Kay 2004, viitattu 23.10.2014.)

Palvelimista puhuttaessa termillä yleisimmin viitataan kolmeen nykypäivän yleisimpään palvelinmalliin; tornipalvelin, rakkipalvelin ja korttipalvelin. Palvelimen muoto tulee valita mm. tarjolla olevan tilan, budjetin, tulevaisuuden laajennustarpeiden ja palvelimen käyttötarkoituksen mukaan. Myös mahdolliset virtualisointitarpeet on otettava huomioon. (Hewlett-Packard 2013, viitattu 23.10.2014.) Palvelimen sijoituspaikkaan liittyy tiettyjä rajoitteita, ja ne tullaan käsittelemään myöhemmin luvussa 7.

### 4.1 Fyysisen palvelimen muodot

Tornipalvelin (Tower Server) muistuttaa niin ulkonäöltään, liitännöiltään kuin komponenteiltaanakin tavallisen työaseman keskusyksikköä. Aloituskynnys on matalampi muihin palvelintyyppeihin verrattuna, sillä se ei tarvitse erityisiä tiloja tai kehikkoja ja siten sen voi sijoittaa tavallisen työaseman tapaan minne vain. Tavallisen työaseman tapaan tornipalvelimen käytön aloittaminen, ylläpito ja huolto ovat myös yksinkertaista. Mikäli pitkän aikavälin suunnitelmissa on hankkia vain yksi tai kaksi palvelinta, on tämä yleensä helpoin ja huokein ratkaisu. (Dell Inc. 2014b, viitattu 23.10.2014.) Tornipalvelimet ovat yleensä huokeimmasta päästä, mutta niiden laajennuskapasiteetti on kohtalaisen suuri, kuten tavallisessa työasemassakin (Lowe 2011, viitattu 24.10.2014).

Rakkipalvelin (Rack Server) on toinen mainituista vaihtoehdoista. Se eroaa ulkonäöltään huomattavasti tornipalvelimesta ja työasemasta. Rakkipalvelin on litteä ja leveä tietokone, joka asetetaan erityiseen telineeseen, johon voidaan laittaa useita palvelimia kompaktisti. Rakkipalvelinten pinoaminen samaan telineeseen helpottaa kokonaisuuden hallitsemista, sillä näin saadaan lukuisat palvelimet samaan pinoon, ja esimerkiksi niiden kaapeloinnin käsittely on määrästä huolimatta helppoa. Tällaisessa kokoonpanossa on tyyppillisesti oma rakkipalvelin

kullekin palvelulle, kuten sähköpostipalvelin, tiedostopalvelin, sovelluspalvelin ja niin edelleen. (Dell Inc. 2014b, viitattu 23.10.2014.)

Räkkipalvelimet on suunniteltu mahdollisimman kompakteiksi ja tehokkaiksi. Ne sisältävät tornipalvelimen tapaan kaikki itsenäisesti toimimiseen vaadittavat komponentit. Tämä sallii eri valmistajien palvelinten käyttämisen samassa räkissä, - mikä tekee niistä hieman korttipalvelimia joustavampia. Räkkipalvelimet sisältävät usein laajennuskorttipaikkoja, joihin voidaan lisätä erilaisia liitäntöjä tarpeen mukaan. On kuitenkin huomioitava, että muistin ja kovalevyjen määrän laajennettavuus on korttipalvelinta heikompi. (Hewlett-Packard 2013, viitattu 23.10.2014.)

Räkki voi sisältää kaikki pienen tai keskikokoisen yrityksen palvelimet ja kriittiset verkkolaitteet, kuten kytkimet ja reitittimet. EIA:n (Electronic Industries Association) määrittämä räkin standardikoko on 19", joka merkitsee siihen mahtuvien laitteiden leveyttä. Todellisuudessa räkin leveys ei kuitenkaan ole 19" mistään kohtaa, vaan se on laitteiden etupaneelin leveys. EIA on määrittänyt dokumentissaan standardit useille räkkien ominaisuuksille, kuten kiinnitysreikien väleille ja räkkiyksikölle (Rack Unit, RU tai U) jonka korkeus on 1,75". Toisinsanoen 1U = 1,75". (The Server Rack FAQ 2014a, viitattu 20.8.2014.) Kaikki laitteisto ei kuitenkaan noudata standardia, joten nykypäivän räkeissä on usein telineitä, joilla räkkeihin voidaan asentaa myös standardista poikkeavia laitteita. Turvaominaisuutena kalliimmissa räkeissä on usein myös lukittavat ovet, joiden tarkoituksena on estää laitteiston luvaton käsittely. (The Server Rack FAQ 2014b, viitattu 20.8.2014.)

Korttipalvelimet (blade server) ovat tuorein innovaatio palvelinteknologian saralla. Ne sijoitetaan erityiseen korttipalvelinkehikkoon pystysuunnassa. Kehikko huolehtii mm jäädytyksestä ja virransyötöstä, kun taas korttipalvelimet sisältävät vain prosessien suoritukseen vaadittavat ydinelementit. (Hewlett-Packard 2013, viitattu 25.9.2014) Korttipalvelimet siis eroavat fyysiseltä kannalta huomattavasti torni- ja räkkipalvelimista, jotka ovat periaatteessa itsenäisiä tietokoneita, joilla on omat jäähditysjärjestelmänsä ja virtalähteensä. Tämän arkkitehtuurin ansiosta pieneen tilaan saadaan ennennäkemättömän paljon suorituskykyä, ja oikein sijoitettuna korttipalvelimet voivat tuoda huomattavia säästöjä. On tosin huomioitava, että säästöpotentiaalia ei saada hyödynnettyä, ellei palvelimia tarvita niin useita, että kehikko saadaan täyteen. Korttipalvelimen



kompaktius tarkoittaa myös sitä, että riittävän jäähdytyksen järjestäminen voi olla haastavaa. Siihen tuleekin kiinnittää korttipalvelinratkaisujen suhteen erityistä huomiota. (SearchDataCenter 2014, viitattu 23.10.2014)

## 5 KOMPONENTIT JA NIIDEN VALINTA

Palvelinlaitteiston hankintaa koskeva pääperiaate on täsmälleen sama kuin tavallista työasemaakin valittaessa. Esimerkiksi videopelien pelaamiseen hankittava työasema sisältäisi komponentteja, joilla pelin yhteydessä esitetyt laitteistovaatimukset ilmoittavat sen toimivan sujuvasti. Samaan tapaan palvelinlaitteistoa valittaessa on tiedettävä suuntaviivat sille mitä komponenteilta vaaditaan, jotta palvelin pystyy vastaamaan palvelupyyntöihin toivotulla tavalla. Tästä syystä eri tehtäviin valjastetut palvelimet eroavat toisistaan todella paljon.

Vaikka palvelinkoneen arkkitehtuuri on samanlainen työaseman kanssa, raskaampaan käyttöön tulevat palvelimet saattavat tarvita esimerkiksi useampia prosessoreja, luku- ja kirjoitusnopeudeltaan nopeampaa keskusmuistia, enemmän kovalevytilaa ja palvelinkäyttöön tarkoitettuja erityisiä verkkokortteja. Esimerkiksi useamman virtuaalipalvelimen alustana olevan laitteiston tulee tavallisesti olla huomattavan tehokas. Koska palvelimia hallitaan useimmiten etäyhteyden kautta, ne eivät työasemista poiketen tavallisesti tarvitse näytönohjainta. (Dell Inc. 2014c, viitattu 24.9.2014.) Palvelimen vaatimat komponentit esitellään alla lyhyesti.

### 5.1 Prosessori

Prosessori on tietokoneen tärkein suorittava osa; se vaikuttaa suoraan myös siihen mitä ohjelmia palvelin voi tukea ja mitä komponentteja palvelin voi sisältää. Prosessorin nopeus ilmaistaan useimmiten gigahertseinä (GHz), tosin vanhemmista malleista puhuttaessa voidaan se ilmaista myös megahertseinä (MHz). Yleisesti voidaan todeta että mitä nopeampi, sen parempi. (Dell Inc. 2014c, viitattu 24.9.2014.)

Ytimien määrä vaikuttaa paljon suorituskykyyn. Nykyaikaisissa palvelinprosessoreissa on yleensä neljä ydintä, ts. yhdessä prosessorissa on neljä erillistä prosessoriydintä jotka toimivat yhtäaikaaisesti. Tämä sallii todellisen moniajon. Todellinen moniajo tarkoittaa prosessorin kykyä suorittaa useita prosesseja oikeasti yhtäaikaisesti, vrt. näennäiseen moniajoon jossa prosessori todellisuudessa vuorottelee prosessien välillä niin, että käyttäjän näkökulmasta vaikuttaa että se suorittaa ohjelmia yhtäaikaisesti. (Tampere University of Technology 2002, viitattu 24.10.2014.)

## 5.2 Keskusmuisti ja sivutiedosto

Toinen suorituskyvyn kannalta erittäin tärkeä komponentti on keskusmuisti (Random Access Memory, RAM). Keskusmuisti on tietokoneen työmuisti, palvelimella avatut tiedostot ja ohjelmat ladataan keskusmuistiin, ja ne pysyvät siellä kunnes kone sammutetaan tai kun niiden päälle joudutaan kirjoittamaan. Keskusmuistin määrä vaikuttaa suoraan siihen kuinka montaa ja kuinka muisti-intensiivisiä ohjelmia voidaan ajaa sujuvasti yhtäaikaisesti. Keskusmuistin nopeus ilmaistaan megahertseinä, ja kuten prosessorinkin tapauksessa, nopeampi on parempi. (Tietotekniikkaopas manuaali.fi 2014, viitattu 24.10.2014.)

Sivutiedosto on tietokoneen kiintolevyllä sijaitseva ns. keskusmuistin jatke. Kun fyysinen keskusmuisti täyttyy, käyttöjärjestelmä käyttää virtuaalimuistia keskusmuistin sijasta. Virtuaalimuistilla viitataan keskusmuistin ja kiintolevyllä sijaitsevan sivutiedoston yhdistelmään. Kun keskusmuistia ei ole riittävästi ohjelman tai toiminnon suorittamiseen, virtuaalimuisti siirtää dataa keskusmuistista kiintolevyllä sijaitsevaan sivutiedostoon vapauttaakseen keskusmuistia, jotta ohjelman suorittamista voidaan jatkaa. Käyttöjärjestelmä määrittelee sivutiedoston koon yleensä automaattisesti, mutta sen kokoa voidaan myös muuttaa asetuksista. Virtuaalimuisti ei kuitenkaan voi toimia tehokkaasti oikean keskusmuistin korvikkeena, sillä keskusmuistista lukeminen on moninkertaisesti nopeampaa kuin kiintolevyllä lukeminen. (Microsoft 2014, viitattu 24.10.2014.)

## 5.3 Emolevy, verkkokortti ja virtalähde

Emolevy toimii palvelimen kaikki komponentit yhdistävänä alustana. Emolevyjä on paljon erilaisia, ja onkin hyvin tapauskohtaista, että mitä liitäntöjä sen tarvitsee sisältää. Olennaista on miettiä etukäteen, mitä laitteita siihen halutaan kiinnittää, ja pitää mielessä että vaikka joku komponentti fyysisesti sopisi emolevyyn, se ei välttämättä tarkoita sitä että se tulee toimimaan. Onkin siis paras selvittää ennen hankintoja, tukeeko emolevy kaikkia tarvittavia komponentteja. (Dell Inc. 2014c, viitattu 24.9.2014.)

Jotta palvelin voi saada yhteyden verkkoon, tarvitsee se verkkokortin. Asiakaskoneet ja muut palvelimet eivät saa yhteyttä palvelimeen ilman verkkoyhteyttä. Verkkokortti voi olla sisäänrakennettu emolevylle, tai se voi olla erillinen laajennuskortti. Verkkokortit tukevat erilaisia

yhteysnopeuksia, ja verkkokortti valitaankin oman yhteysnopeuden mukaan. Palvelinverkkokortit eroavat tavallisista verkkokorteista siten, että ne tukevat tyypillisesti korkeampia nopeuksia, ja usein niitä on yhden sijaan useita samassa palvelimessa. Em. ominaisuudet johtavat useampien asiakaspyyntöjen käsittelyyn nopeammin. (John Wiley & Sons, Inc. 2015, viitattu 26.1.2015.)

Virtalähde toimii nimensä mukaisesti palvelimen virran lähteenä. Lyhyesti, se muuntaa verkkovirran (vaihtovirta) oikeanlaisiksi tasajännitteiksi (+3.3 V, +5 V, +12 V ja -12 V), joita palvelimen komponentit voivat käyttää. Virtalähde on ylenkatsotuin komponentti järjestelmissä, vaikka sen luotettava toiminta on edellytyksenä kaikkien muiden komponenttien toiminnalle. Virtalähteen laatuun tulisi siis panostaa, ja valita hyvämaineisen valmistajan tuote. Hyvälaatuinen virtalähde voi laskea sähkönkulutusta ja pidentää järjestelmän ikää, vrt. huonolaatuiseen virtalähteeseen. (Torres 2008a, viitattu 18.12.2014) Virtalähde tulee mitoittaa palvelimen komponenttien vaatiman maksimitehon (Teho, W) mukaan, mutta on aina järkevää valita sellainen virtalähde, jonka merkitty maksimikapasiteetti on suurempi kuin todellinen tarvittu teho. Tämä johtuu siitä, että laitevalmistajat yleensä merkitsevät virtalähteisiin piikkitehon, joka voidaan yleensä saavuttaa korkeintaan sekunniksi tai muutamaksi kerrallaan. Lisäksi virtalähde kuumenee kun se on jatkuvasti erittäin kuormittunut, mikä heikentää sen toimintakykyä, mikä voi johtaa siihen että muut palvelimen komponentit eivät saa tarpeeksi virtaa. (Torres 2008b, viitattu 18.12.2014)

#### **5.4 Kiintolevy**

Kiintolevy on tallennuslaite joka sisältää kaiken tietokoneella säilytettävän datan, mukaanlukien käyttöjärjestelmän. Kiintolevyn koko valitaan tietysti sen mukaan, että kuinka paljon tietoa sillä halutaan säilyttää. (Seagate Technology LLC 2014, viitattu 24.10.2014.) Nykyään tarjolla on kolmenlaisia kiintolevyjä, HDD (hard disk drive), SSD (solid state drive) ja SSHD (solid state hybrid drive) (Murphy 2013, viitattu 24.10.2014). Nämä kolme tyyppiä eroavat toisistaan mekaaniselta toimintaperiaatteeltaan. Tyypillisessä HDD-levyssä on sisällä 1-4 pyörivää magneettisella materiaalilla päällystettyä levyä. Levyn nopeus mitataan kierroksina minuutissa (rpm). Pyörimisnopeus vaikuttaa suoraan datan lukunopeuteen, joten suurempi rpm-luku tarkoittaa suurempaa lukunopeutta. (Jacobi 2006, viitattu 25.10.2014.)

SSD-levyissä sen sijaan ei ole liikkuvia osia, vaan ne käyttävät NAND flash-muistia. NAND flash-muisti toimii yksinkertaistettuna siten, että muistisolut tallettavat jännitettä ja voivat olla joko on (1) tai off (0) –tilassa, minkä ansiosta ne voivat tallettaa tietoa binäärimuodossa. Kirjoittaminen SSD-levylle on todellisuudessa todella monimutkainen prosessi, kun taas lukeminen on suhteellisen yksinkertaista. Tämän muistitekniikan ominaisuutena on myös rajattu määrä kirjoituskertoja. Kun muistisoluja on käytetty tarpeeksi monta kertaa, ne muuttuvat epäluotettaviksi (Ngo 2013, viitattu 24.10.2014.)

Vaikka HDD on tyypillisesti tallennuskapasiteetiltaan isompi, sen liikkuvat osat ja magneettisuus tekevät siitä heikomman iskuille, värinäille ja kuumuudelle. Tallennuskapasiteetti maksaa SSD:n tapauksessa huomattavasti enemmän, mutta kestää edellä mainittuja ulkoisia uhkia huomattavasti paremmin kuin HDD. (Murphy 2013, viitattu 24.10.2014.) SSD on suorituskyvyltään monessa asiassa ylivoimainen HDD:n verrattaessa. Flash-tekniikan ansiosta levyn ei tarvitse sisältää liikkuvia osia, mikä poistaa osien liikuttamiseen kuluvan ajan, lämmön, ylimääräisen melun ja virrankulutuksen. Tämä tekee SSD:ltä lukemisesta huomattavasti nopeampaa kuin perinteisen HDD:n tapauksessa. (Williams 2011, viitattu 25.10.2014.)

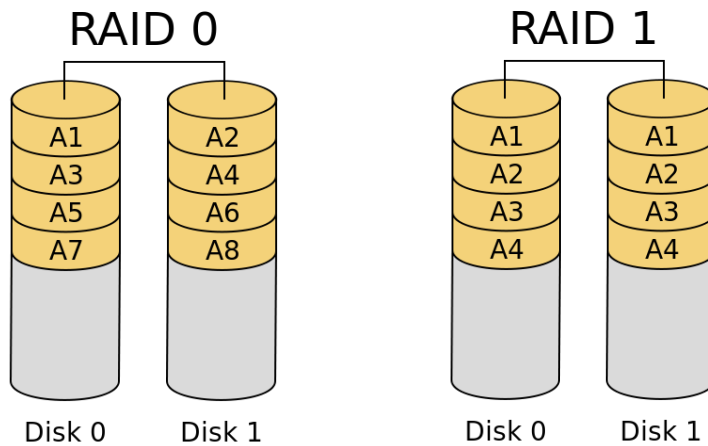
SSHD on nimensäkin mukaisesti hybridilevy, eli se yhdistää HDD:n ja SSD:n. Täten se sisältää kummankin levyn tekniikat, mikä tekee siitä hieman fyysisesti kestävämmän ja nopeamman kuin HDD. Virrankulutus on myös matalampi kuin HDD:n tapauksessa. SSHD on siis käytännössä keskihintainen vaihtoehto kuluttajalle joka haluaa hyötyä näistä eduista sijoittamatta niin paljon rahaa. (Murphy 2013, viitattu 24.10.2014.)

## **5.5 RAID**

RAID (Redundant Array of Independent Disks) tarkoittaa kahden tai useamman fyysisen kiintolevyn ryhmittämistä siten että ne lisäävät järjestelmän suorituskykyä ja vikasietoisuutta. Levysten ryhmittäminen tällä tavoin johtaa mm. tehokkaampaan ja luotettavampaan I/O-toimintojen suorittamiseen, koska toimintoja voidaan tehdä levyille yhtä aikaa. RAID-levyt näyttävät isäntätietokoneelle yhtenä kiintolevynä. Datan säilytyksen luotettavuutta RAID tukee siten, että yhden levyn hajotessa data voidaan rakentaa uudestaan muilla levyillä sijaitsevasta datasta. RAID-tasot kuvaavat erilaisia tapoja saavuttaa edellä mainitut hyödyt. (Cisco 2014, viitattu

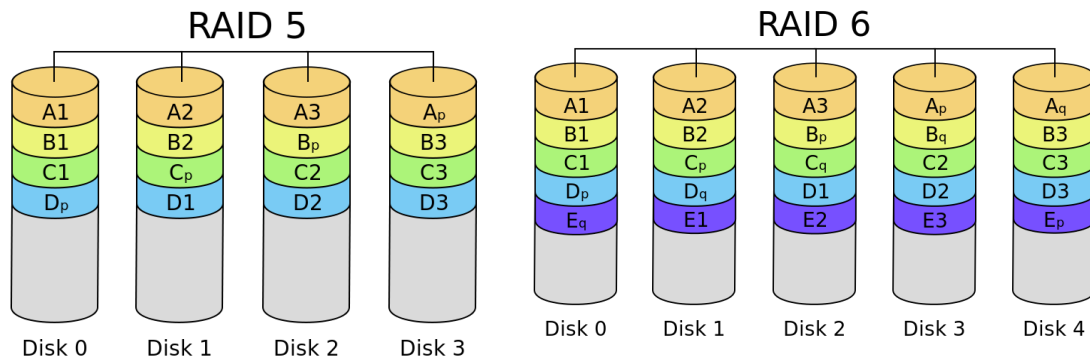
30.11.2014.) Tasot 0, 1, 5, 6, 10 ovat yleisimmin käytössä, tasoja on muitakin, mutta ne ovat variantteja aiemmin mainituista tasoista (Lynn 2014, viitattu 30.11.2014).

RAID 0 käyttää tekniikkaa nimeltä datan raidoitus (data striping). Tekniikka sallii esimerkiksi yhden tiedoston paloittelun osiksi, ja eri palasten tallentamisen vuorotellen levyille. jolloin tietokone voi suorittaa I/O-toimintoja levyille yhtäaikaaisesti, mikä johtaa tiedon käsittelyn nopeutumiseen. RAID 0 ei sisällä vikasetoisuutta parantavia ominaisuuksia, vaan yhdistää kaksi levyä nopeammin toimivaksi tallennustilaksi. (Cisco 2014, viitattu 30.11.2014.) Kuvio 2 havainnollistaa kirjoitustapaa, ensin kirjoitetaan levyille 1 A1, ja samaan aikaan voidaan kirjoittaa levyille 2 osa A2, ja niin edelleen.



KUVIO 2. RAID-tasot 0 ja 1. (Wikimedia Foundation Inc. 2014, viitattu 30.11.2014).

RAID 1 ei tee datan lomitusta useiden levyjen välillä, sen sijaan se käyttää tekniikka nimeltä peilaus (mirroring). Käytännössä kaikki yhden levyn data peilataan, eli kopioidaan toiselle levyille. Tämä tekee siitä hyvin vikasetoisen, sillä yhden levyn hajotessa on vielä toinen samat tiedot sisältävä ehjä levy jäljellä. Kuvio 2 osoittaa, kuinka dataa ei lomiteta kahden levyn kesken, vaan levyjen sisällöt ovat keskenään identtisiä. Ilmeinen huono puoli tässä toteutuksessa on tallennustilan hinnan kaksinkertaistuminen, kun samalle tietomäärälle tarvitaankin kaksi yhtä suurta levyä yhden sijasta. (Cisco 2014, viitattu 30.11.2014.)

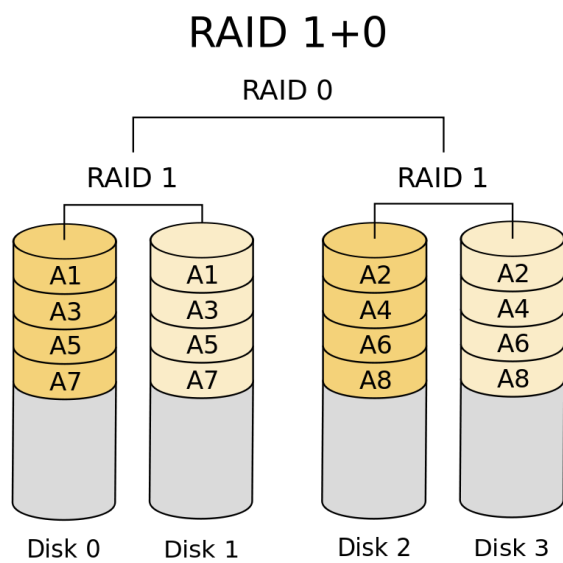


KUVIO 3. RAID-tasot 5 ja 6. (Wikimedia Foundation Inc. 2014, viitattu 30.11.2014).

Taso RAID 5 käyttää sekä tiedon raidoitusta että pariteettitietoa. Pariteetti on binääriluvun ominaisuus, joka ilmaisee, onko binääriluvussa parillinen vai pariton määrä ykkösiä. Jokaista kirjoitettua raitaa kohden kirjoitetaan samalla myös pariteettitieto sille varattuun pariteettilohkoon (Katso kuvio 3, RAID 5, levy 0, lohko Dp). Tämän ominaisuuden perusteella data voidaan yhden levyn hajotessa rakentaa uudelleen. Koska RAID 0 ei kirjoita tätä tietoa, se ei paranna vikasietoisuutta. Pariteettitiedon kirjoittaminen hidastaa levyille kirjoittamista, koska jokaiselle lomitetulle segmentille on oltava omansa. RAID 5 soveltuu kokoonpanoihin, joilta odotetaan paljon lukutoimintoja, mutta vain vähän kirjoitustoimintoja. (Cisco 2014, viitattu 30.11.2014.)

RAID 6 on samankaltainen tason 5 kanssa, mutta se kirjoittaa enemmän pariteettitietoa, mikä johtaa siihen, että sen levyryhmästä voi hajota kaksikin levyä ilman että tietoja menetetään. Käytännössä tämä on toteutettu siten, että jokaista kirjoitettua raitaa kohden kirjoitetaan kaksi toisistaan itsenäistä pariteettitietoa. (Katso kuvio 3, RAID 6 alapuolella levy 0, lohkot Dp ja Eq) Koska pariteettidataa kirjoitetaan enemmän, levyille kirjoittaminenkin luonnollisesti hidastuu. Se soveltuu siis huonosti ympäristöihin joissa vaaditaan paljon kirjoitustoimintoja. (Cisco 2014, viitattu 30.11.2014.)

RAID 10 on yhdistelmä tasoista 0 ja 1. Tämä RAID-tekniikka siis sekä peilaa datan, että raidoittaa sen pitkin useaa levyä. (katso kuvio 4). Tätä kokoonpanoa suositellaan käytettäväksi, kun tallennustilasta täytyy saada erittäin vikasietoinen, niin että data on tallennettuna kahteen kertaan, mutta tarvitaan myös tehostettuja I/O-toimintoja. Esimerkiksi keskikokoiset tietokannat tai muut korkea vikasietoisuutta vaativat järjestelmät ovat hyviä käyttökohteita. (Cisco 2014, viitattu 30.11.2014.)



KUVIO 4. RAID-taso 10. (Wikimedia Foundation Inc. 2014, viitattu 30.11.2014).



## 6 PALVELINPALVELUIDEN ULKOISTAMINEN

Palvelinpalvelut voidaan ostaa myös ulkopuolelta. Esimerkiksi yritysten ei siis ole välttämätöntä hankkia palvelinlaitteistoa ja sijoittaa sitä omiin tiloihin, vaan tarjolla on useita erilaisia ratkaisuja joilla palvelininfrastruktuurin hankinta, ylläpito ja huolto voidaan ulkoistaa. Ulkoistamisella voidaan saavuttaa tilanteesta riippuen erilaisia etuja, kuten säästöjä laitteistohankinnoissa ja huoltokustannuksissa. Palveluntarjoajat voivat tarjota palveluita usein huokeammalla kuin mitä saman välineistön hankinta ja ylläpito tulisi maksamaan itse hankittuna, koska palveluntarjoajan yksikkökustannukset ovat pienemmät palvelun suuresta volyymistä johtuen. Myös verkkoyhteydet ja palvelintilojen suojausominaisuudet ovat palveluntarjoajan tietokeskuksessa yleensä huomattavasti paremmat, kuin mitä omaan toimistoon saa. Asiakas hallitsee ulkoistettua palvelinta etäyhteyden kautta. (Rockford IT 2014, viitattu 11.11.2014.)

Kaikista suoraviivaisin ulkoistuksen muoto on palvelinhotellien käyttäminen. Palvelinhotellit ovat ulkopuolisen tahon omistamia palvelinkeskuksia. Tällaisista keskuksista voidaan vuokrata tilaa itse hankituille palvelimille. Käytännössä palvelinhotelli sopii tilanteeseen, jossa palvelin halutaan syystä tai toisesta ostaa, ylläpitää ja huoltaa täysin itsenäisesti, mutta ei haluta investoida omaan palvelinsaliin. Vaikka tyypillisin ratkaisu on, että asiakas kantaa laitteistosta täyden vastuun, jotkut palvelinhotellit myyvät erilaisia palveluita, joilla joitakin ylläpito- tai monitorointitehtäviä voidaan ulkoistaa. (The Computer Language Company Inc. 2014, viitattu 11.11.2014.)

### 6.1 Dedikoitu palvelin

Termi dedikoitu palvelin on johdettu englanninkielisestä termistä dedicated server, joka merkitsee suomeksi omistettua palvelinta. Ulkoistetun palvelinpalvelun kontekstissa tämä tarkoittaa sitä, että kokonainen fyysinen palvelin on omistettu kokonaisuudessaan yhden asiakkaan, eli esimerkiksi yhden yrityksen yksityiseen käyttöön. Kaikki laitteistoresurssit ja levytila ovat siis vain tietyn asiakkaan käytössä. Asiakas maksaa tyypillisesti kuukausittain tietyn hinnan, ts. "vuokran" palvelimesta. Koska palvelin on vain yhden asiakkaan, on se kustomoitavissa juuri sellaiseksi kuin halutaan. Esimerkiksi käyttöjärjestelmä ja laitteistorauta ovat vapaasti valittavissa. (Rodriguez 2014, viitattu 25.11.2014.)

Dedikoituja palvelimia myydään tyypillisesti kahteen tapaan, joko ilman ylläpitopalveluja (unmanaged) tai ylläpitopalveluiden kanssa (managed). Dedikoitu palvelin ylläpitopalveluineen tarkoittaa yleisesti sitä, että palveluntarjoaja on vastuussa mm. palvelimen päivityksistä, palomuurista, varmuuskopiointista, eli sanalla sanoen perusylläpidosta. Asiakas siis ulkoistaa palvelimen hankinnan ja sijoituspaikan, sekä fyysisen huollon lisäksi myös ylläpitotoimenpiteet. Dedikoitu palvelin ilman ylläpitopalveluja tarkoittaa sitä, että asiakas vuoraa pelkän palvelininfrastruktuurin ilman ylläpitopalveluita. Tässä tapauksessa palveluntarjoajan vastuulla on vain fyysisen laitteiston huolto, ja asiakkaan täytyy hoitaa itse kaikki palomuurin konfiguroinnista päivityksiin ja palvelimen toiminnan valvontaan. Tämä ratkaisu siis soveltuu ainoastaan asiakkaalle, joka todella tietää mitä on tekemässä. (Rodriguez 2014, viitattu 25.11.2014.)

Kaikki palveluntarjoajat eivät välttämättä tarjoa molempia vaihtoehtoja, ja palvelujen sisällössä saattaa olla myös palveluntarjoajakohdaisia eroja. Kaikki palveluntarjoajat eivät myöskään tee näiden kahden tyyppin selkeää kahtiajakoa, vaan he voivat myydä omistettua palvelinta kustomoiduilla ylläpitopalveluilla. Tässä mallissa asiakas päättää mitkä ylläpitotoimenpiteet hän haluaa ostaa palveluntarjoajan puolelta, ja mitkä hän hoitaa itse. (Rodriguez 2014, viitattu 25.11.2014.) Esimerkiksi Sigmatic Oy vuokraa dedikoituja palvelimia lähtökohtaisesti ilman ylläpitoa, mutta tarjoaa niillekin erilaisia ylläpitopaketteja, sekä yksittäisiä lisäpalveluita lisämaksua vastaan. Esimerkiksi varmuuskopiointi- ja palomuuripalvelut tai yksittäiset asennustyöt voidaan ostaa erikseen, ilman että muuta ylläpitoa tarvitsee hankkia samalla. (Sigmatic Oy 2014a, viitattu 25.11.2014.)

Palveluntarjoajalta kannattaa myös selvittää skaalautuvuuteen liittyvät seikat, eli jos tehoa tarvitaankin joskus hieman lisää, miten se käytännössä tapahtuu, minkälaisella huoltokatkolla ja mitä lisäkustannuksia siihen liittyy. Managed dedicated –ratkaisujen suurin säästö syntyy edellä mainittujen toimenpiteiden antamisesta palveluntarjoajan vastuulle. Myös ammattitaitoisen asiakastuen jatkuva saatavuus on suuri etu, joka auttaa pitämään palvelinpalvelut vakaina. Joskus se onkin ainoa toteutuskelpoinen vaihtoehto, kun asiakkaalla ei ole riittävästä teknistä tietotaitoa hoitaa näitä itse. Kuten monessa kohtaa on aiemmin painotettu, palvelun laatuun sisältyvät seikat löytyvät palveluntarjoajan kanssa tehtävästä palvelutasosopimuksesta.

## 6.2 Perinteinen VPS

Aluksi on tarpeen huomauttaa, että tässä luvussa VPS-palvelinta (Virtual Private Server) käsitellään ostettavana palveluna, ja se esitellään sellaisena kuin palveluntarjoajat tyypillisesti myyvät kyseistä palvelua. Teknisesti VPS viittaa terminä vain virtualisoituun palvelimeen, eli se voi tarkoittaa mitä tahansa virtualisoitua palvelinta ottamatta kantaa alustaan. On olemassa myös pilvipalvelussa sijaitsevia VPS-palvelimia, mutta ne käsitellään erikseen myöhemmin yhdessä muiden pilvipalveluiden kanssa.

VPS (Virtual Private Server) on virtuaalipalvelin, joka on asennettu useita muita virtuaalipalvelimia isännöivälle fyysiselle palvelimelle. Kuten opinnäytetön luvussa 3 kerrottiin, kyseessä on siis toisista samalla palvelimella sijaitsevista virtuaalipalvelimista eristetty yksikkö, joka näyttäytyy käyttäjälle samanlaisena kuin omistettu palvelin. Fyysisen isäntäkoneen resurssit voidaan jakaa usealla tapaa virtuaalikoneiden välillä. Resurssit voidaan esimerkiksi jakaa kokonaisuudessaan kaikkien kesken, tai sitten virtuaalikoneelle voidaan varata tietty määrä taattuja resursseja. (Haddon 2005, viitattu 11.11.2014.)

Koska VPS on varattu kokonaan yhden käyttäjän käyttöön, sitä voidaan hallinnoida käyttöjärjestelmätasolla kuten halutaan. Tämä tosin tarkoittaa sitä, että palvelimen konfiguroinnista, päivityksistä ja ylläpidosta on palvelun ostaja itse vastuussa. (Haddon 2005, viitattu 11.11.2014.) Käyttäjällä on siis pääsy myös root-käyttäjätilille, eli suomalaisittain pääkäyttäjän tilille. Pääkäyttäjän tili on Linux-pohjaisissa käyttöjärjestelmissä järjestelmänhallintatili, ja antaa käyttäjälle täydellisen kontrollin virtuaalikoneeseen. Tällä käyttäjätilillä on siis oikeudet muokata kaikkia tiedostoja virtuaalipalvelimella, myös kriittisiä järjestelmätiedostoja. Pääkäyttäjän tiliä ei siis tule ikinä käyttää tarpeettomasti, pelkästään silloin kun sitä on ehdottoman pakko käyttää. (GoDaddy Operating Company 2014, viitattu 17.11.2014.)

Jotta vältytään ikäviltä yllätyksiltä, on tarpeen huomioida muutamia seikkoja hankintaa tehdessä. Ensiksi isäntäkoneen resurssit on hyvä selvittää, kuten myös se että montako VPS-palvelinta jakaa saman isäntäpalvelimen. Lisäksi resurssien jakamistapaan tulee kiinnittää huomiota, ja selvittää että minkälaiset minimiresurssit palveluntarjoaja lupaa virtuaalikoneelle siinäkin tilanteessa, että kaikki virtuaalikoneet suorittaisivat yhtä aikaa resurssi-intensiivisiä prosesseja. Palveluntarjoajan käyttämästä virtualisointiteknologiasta on tarpeen tietää sen verran, että minkä

käyttöjärjestelmien virtualisointia se tukee. Esimerkiksi Linux-jakeluita on useita erilaisia, ja kaikille ei välttämättä löydy tukea samalta hypervisorilta. (Haddon 2005, viitattu 11.11.2014.)

Useat VPS-palvelimet sijaitsevat siis joko samalla isäntäkoneella tai samalla palvelinklusterilla. Palvelinklusterilla tarkoitetaan kahden tai useamman keskenään identtisen palvelimen ”yhdistämistä” siten että ne näkyvät verkkoon yhtenä palvelimena. Tällainen järjestely johtaa suurempaan vikasietoisuuteen ja tehokkaampaan prosessien suorittamiseen. (Microsoft 2003, viitattu 24.11.2014.) Koska VPS-palvelimet jakavat levytilan ja verkkoyhteyden, liittyy niihin tiettyjä rajoituksia. Esimerkiksi input/output-toimintoja (I/O) kiintolevylle on voitu rajoittaa, kuin myös verkkoyhteyden käyttöä. VPS tarjoaa siis hieman vähemmän hallinta- ja kustomointivapauksia sekä prosessointitehoa kuin omistettu palvelin, mutta ne ovat myös edullisempia sekä hieman yksinkertaisempia hallita. (BlackSun Inc. 2014, viitattu 24.11.2014.)

### **6.3 Pilvilaskenta ja -palvelut**

Kun puhutaan pilvestä, tarkoitetaan sillä lyhyesti ja hyvin yksinkertaistetusti laskentaresurssien toimittamista asiakkaalle verkkoyhteyden välityksellä. Se on siis yksi tapa hankkia laskentatehoa palveluntarjoajalta ilman että fyysistä laitteistoa tarvitsee hankkia. (Interoute 2014a, viitattu 14.10.2014.) Frank Gens on määritellyt ne seuraavalla tavalla: ”Cloud Services = Consumer and Business products, services and solutions that are delivered and consumed in real-time over the Internet. Cloud Computing = an emerging IT development, deployment and delivery model, enabling real-time delivery of products, services and solutions over the Internet (i.e., enabling cloud services)” Gensin määrittelyn mukaan asiakkaat eivät siis osta pilvilaskentaa, vaan pilvipalveluita, joiden takana on toimitusmalli nimeltään pilvilaskenta. (Gens 2008, viitattu 14.10.2014.)

Pilvipalveluilla on viisi piirrettä, joiden perusteella palvelu määritellään pilvipalveluksi (Chou 2011, viitattu 20.11.2014.):

1. Palvelua voidaan muokata välittömästi tarpeen mukaan (on-demand), ja muutokset voi tehdä itse ilman teknisen tuen apua.
2. Palvelu on saatavilla internetin välityksellä mistä tahansa pelkän selaimen avulla.
3. Palvelun alla piilevä fyysinen laitteisto, verkko ja muu rakenne ovat näkymättömiä, eikä asiakas pysty näkemään esimerkiksi tietojensa fyysistä sijaintia.
4. Nopea reagointi muutoksiin.

5. Hinta määräytyy todellisen käytön mukaan.

Yksityiset pilvet muodostavat pienimuotoisen poikkeuksen tähän sääntöön, ja niitä käsitellään myöhemmin lisää.

### **6.3.1 Palvelumallit**

Pilvipalvelut voidaan jakaa useaan eri palvelumalliin, ja uusia käsitteitä tuntuu ilmestyvän jatkuvasti lisää. Kaikkia ei ole tarpeen käsitellä, mutta on aiheellista esitellä muutama jotta saadaan käsitys pilvipalveluiden moninaisuudesta. Vakiintuneimmat ja kuluttajalle tutuimmat lienevät SaaS, IaaS ja PaaS.

SaaS (Software as a Service) tarkoittaa kirjaimellisesti ”ohjelma palveluna”. Käytännössä siis palveluntarjoaja ”vuokraa” ohjelman palvelun ostajan käyttöön tyypillisesti kuukausi- tai vuosimaksua vastaan, ja palvelun ostaja käyttää web-pohjaisen käyttöliittymän kautta vuokraamaansa ohjelmaa. Palvelun ostajan ei tarvitse asentaa ohjelmaa itse mihinkään tai huolehtia päivityksistä, vaan se on heti käytettävissä verkon ylitse. Ohjelman prosessia ei siis suorita asiakkaan käyttämä työasema, vaan prosessia ajetaan palveluntarjoajan palvelimella. (Interoute 2014e, viitattu 15.10.2014.)

IaaS (Infrastructure as a Service) tarjoaa samaan tapaan muiden pilvipalvelumallien kanssa palvelinresursseja julkisen verkon yli. IaaS:in tapauksessa ostettava palvelu on nimensä mukaisesti palvelininfrastruktuuri. Käytännössä tämä tarkoittaa asiakkaan palvelinsalin rakentamista pilveen. Palvelussa voidaan luoda virtuaalipalvelimia, jotka omaavat aikaisemmin tämän työn luvun 6 kappaleessa 4 mainitut pilvipalveluiden ominaisuudet. (Chou 2011, viitattu 20.11.2014) IaaS tyypillinen IaaS -ratkaisu on esimerkiksi kokoelma VPS-palvelimia, jotka sijaitsevat palveluntarjoajan laajalle maantieteelliselle alueelle hajautetussa pilvessä. (Interoute 2014b, viitattu 14.10.2014.)

Esimerkiksi Apache Cloudstack on IaaS-pilvipalvelujen toteuttamiseen ja hallintaan tarkoitettu API-ohjelma (Application Programming Interface), jota palveluntarjoajat käyttävät palveluidensa hallintaan. Käytännössä se tarjoaa käyttäjäystävällisen rajapinnan pilvipalvelun hallinnoijalle ja sitä käyttäville asiakkaille. Se on siis ohjelma, jolla pilvipalvelun hallitsija voi hallita virtualisoituja

resursseja, käyttäjiä ja verkkoja, ja asiakas voi hallita omaa virtuaalista palvelinsaliaan. (The Apache Software Foundation 2014, viitattu 29.11.2014.)

PaaS (Platform as a Service) tarjoaa kehittäjille alustan ja ympäristön, jossa rakentaa sovelluksia internetissä. Palveluntarjoaja siis tarjoaa valikoiman kehitysokaluja, joista palvelun ostaja valitsee tarvitsemansa, maksaen vain käyttämistään ominaisuuksista. Palvelun ostaja voi hyödyntää alustaa myös testaustarkoituksiin, ja sen valmistuttua sovellus voi jäädä elämään alustalle. Palveluntarjoaja huolehtii myös tietoturvallisuudesta, tarjoten esimerkiksi varmuuskopiontipalvelut. (Interoute 2014c, viitattu 14.10.2014.)

### 6.3.2 Käyttöönottomallit

Pilvipalveluiden kaikki kolme toimitusmallia (yksityinen, julkinen ja hybridi) ovat samanlaisia siinä, että ne tarjoavat palvelintietokoneiden virtualisoituja resursseja käyttäen resurssiallasta, josta niitä ammennetaan prosessien käyttöön tarvittu määrä. Yksityisen ja julkisen pilven ero on siinä, kuka saa käyttää tiettyä pilveä. (Interoute 2014d, viitattu 14.10.2014.) Alla esitetään kuhunkin palvelutyyppiin liittyviä piirteitä, mutta palvelun ominaisuudet voivat vaihdella hieman palveluntarjoajien välillä.

Yksityinen pilvi voi tarkoittaa kahta asiaa: joko fyysisesti yrityksen tietokeskuksessa sijaitsevaa yksityisessä verkossa olevaa pilveä, tai julkisen pilven kanssa samankaltaisesti toimitettavaa verkon yli saatavaa pilveä. (Butler 2012, viitattu 29.11.2014.) Muualla fyysisesti sijaitsevan yksityisen pilven mallissa palvelun ostaja varaa kokonaisen pilven (eli resurssialtaan). Resurssit tulevat siis tässäkin tapauksessa yhdeltä tai useammalta fyysiseltä palvelinkoneelta, kuten julkisessa mallissakin. Erona on, että resurssit joita asiakkaan yksityinen pilvi käyttää, ovat vain ja ainoastaan tämän käytössä, ja ne on eristetty muista käyttäjistä. Tämä toki tarkoittaa, että koko varatusta resurssialtaasta maksetaan jatkuvasti, mutta koska resursseja voidaan siirtää joustavasti sinne missä niitä tarvitaan, saadaan resurssit kokonaisuudessaan paremmin käyttöön. Myös yksityinen pilvi voi olla hajautettuna eri tietokeskuksiin. (Interoute 2014c, viitattu 14.10.2014.)

Julkiseen malliin nähden tämä tarjoaa useita etuja. Vaikka julkisen mallin palvelut tarjoavat tietoturvaominaisuuksia, jotka ovat monessa tilanteessa riittäviä, ovat yksityisen pilven

suojaominaisuudet huomattavasti vankempia. Luvattomia yhteyksiä voidaan rajoittaa siten, että yhteyden saa esimerkiksi vain yhden organisaation palomuurin takaa. Lisäksi laitteiston valintaan ja konfigurointiin saa usein enemmän vapauksia, kun samoja resursseja ei enää jaeta muiden käyttäjien kanssa. Jotkut palveluntarjoajat voivat tarjota mahdollisuuden hyötyä julkisesta pilvestä käyttöpiikkien aikana. Käytännössä tilaaja voi siirtää tiettyjä vähemmän arkaluontoisia toimintoja julkiseen pilveen tilapäisesti, jotta yksityisestä pilvestä saadaan vapautettua tilaa yksityistä pilveä vaativia toimintoja varten. (eng. cloud bursting) (Interoute 2014c, viitattu 14.10.2014.)

Pilviteknologia parantaa yksityisessäkin pilvessä palvelun luotettavuutta. Kuten aiemmin mainittiin, yksittäinen laitteistorikko ei vaikuta kokonaisuuden toimintaan, koska voidaan yksinkertaisesti siirtyä käyttämään saatavilla olevia resursseja. (Interoute 2014c, viitattu 14.10.2014.) Vikasietoisuus yksityisessä pilvessä on julkista heikompi, johtuen resurssialtaan määrittelystä koosta.

Julkisen pilven mallissa useat asiakkaat käyttävät samaa jaettua infrastruktuuria. Julkiseen pilveen pääsee käsiksi mistä vain, missä on Internet-yhteys. Se on myös yksityistä pilveä huomattavasti edullisempi, ja rahan vastineeksi saa enemmän resursseja. Resurssien skaalaaminen ylöspäin on myös joustavampaa, koska julkisessa pilvessä on vain palveluntarjoajan koko resurssiallas rajana. (Interoute 2014f, viitattu 27.10.2014.) Tämä johtuu siitä, että julkinen malli on myös palveluntarjoajalle edullisempi toteuttaa (Ren, Wang, Wang 2012, viitattu 3.11.2014). Skaalautuvuudesta koituvat säästöt saadaan myös maksimoitua, toisin kuin yksityisen pilven mallissa, jossa maksetaan koko resurssialtaasta sen käytöstä riippumatta. (Interoute 2014f, viitattu 27.10.2014.)

Vaikka julkisen pilven hinta on yleensä huomattavasti matalampi ja palvelu skaalautuu paremmin tarpeen mukaan vrt. yksityiseen, on siinä myös ongelmansa kun puhutaan arkaluontoisen datan säilytyksestä. Julkisen pilven tietoturvaluottuutta heikentävä ominaisuus on samalla sen suurin vahvuus kun puhutaan sen saatavuudesta ja jatkuvuudesta. Julkiset pilvet koostuvat usein laajalla maantieteellisellä alueella sijaitsevista useista tietokeskuksista. Hyvä puoli tässä rakenteessa on sen suuri luotettavuus ja saatavuus, sillä yhden tai useammankaan tietokeskuksen kaatuminen ei välttämättä katkaise tilatun palvelun toimintaa. Tietoturvaaukka syntyy juuri tästä ominaisuudesta. Ensinnäkin, yrityksen data voi sijaita melkein missä tahansa muussa maassa, jossa voi olla aivan erilaiset turvallisuus- ja yksityisyssäädökset. (Weimer 2013, viitattu 3.11.2014.) Toisekseen, useat käyttäjät käyttävät samaa infrastruktuuria, mikä

suojaominaisuuksista huolimatta on uhka tietoturvallisuudelle. Mahdolliset ohjelmointivirheet ja haavoittuvuudet voivat sallia hyökkääjälle pääsyn toisen organisaation tietoihin. (Ren 2012, viitattu 3.11.2014)

Hybridipilvi on integroitu pilvipalvelu, joka yhdistää julkisen ja yksityisen pilven. Kummallakin mallilla on omat käyttökohteensa, ja asiakas itse määrittelee kullekin toiminnot. Tavallisesti jako on tehty arkaluontoisten ja vähemmän arkaluontoisten toimintojen välillä. Nämä vähemmän arkaluontoiset toiminnot on siirretty julkiseen pilveen skaalautuvuuden ja kustannustehokkuuden nostamiseksi, ja vahvempaa tietoturvallisuutta vaativat toiminnot pidetään yksityisessä pilvessä. Käytännössä hybridimalli siis voitaisiin ottaa käyttöön esimerkiksi näin: Yrityksen vahvaa tietoturvallisuutta vaativa verkkokauppa pidetään yksityisessä pilvessä, mutta vaikkapa mainos- ja esitesivusto voidaan sijoittaa julkiseen pilveen. (Interoute 2014g, viitattu 3.11.2014.)

#### **6.4 Huomioitavaa palvelinten ulkoistamisessa**

Jotta ulkoistamisen kaikista eduista päästäisiin hyötymään, on tiedettävä, miten tunnistetaan luotettava palveluntarjoaja. On myös pidettävä mielessä, että tässä luvussa aikaisemmin esitetyt piirteet ja ominaisuudet voivat vaihdella hieman palveluntarjoajan mukaan, joten palvelua hankittaessa on huolellisesti tarkastettava mitä todella ollaan ostamassa. Ulkoistettuja palveluja hankittaessa suuri kysymys onkin, kuinka varmistutaan siitä, että palveluntarjoaja noudattaa hyviä käytäntöjä. Palveluntarjoajan kanssa tehtävä sopimus on tässä yhteydessä avainasemassa. Thomas Trapplerin mukaan pilvipalveluita hankittaessa tärkeimpiä huomioitavia sopimuksen aspekteja ovat palvelutasosopimukset (SLA, Service level agreements), tiedon käsittely ja säilytys, infrastruktuuri/turvallisuus, sekä asiakassuhdetta koskevat kohdat. Trappler painottaa, että palveluntarjoajan kanssa tehtävästä sopimuksesta tulisi selvittää seuraavat asiat (Trappler 2010, viitattu 30.10.2014.):

1. Sopimus määrittelee tarkasti parametrit ostettavien palveluiden tasolle, ja määritellyt toimenpiteet sen varalle, että määritelty palvelun taso ei täyty.
2. Sopimus varmistaa asiakkaan omistajuuden palveluntarjoajan järjestelmässä säilytettäviin tietoihin, ja määrittelee asiakkaan oikeuden saada ne takaisin.



3. Sopimus erittelee järjestelmän infrastruktuurin ja turvallisuusstandardit, joista palveluntarjoaja on vastuussa.
4. Sopimus määrittelee asiakkaan oikeudet ja asiakkaalle koituvat kustannukset koskien palvelun käytön jatkamista ja lopettamista.

Sopimuksen sisältö tietysti riippuu paljon siitä, mitä ominaisuuksia ollaan ostamassa. Esimerkiksi ylläpidettyjen dedikoitujen palvelimien kohdalla on palvelutasosopimuksessa käsiteltävä edellä mainittujen seikkojen lisäksi myös ohjelmapäivityksiä, varmuuskopiointia ja sisältää fyysisen laitteiston tekniset tiedot, jos ne kuuluvat palveluun. (Serverschool 2011, viitattu 16.11.2014.) Sopimuksen tulee kattaa kaikki ne palvelut jotka ollaan hankkimassa, joten sopimuksen sisältö riippuu palvelun sisällöstä.

Kun palvelinpalvelut on ulkoistettu, voidaan äkkiseltään kuvitella että palveluntarjoaja on vastuussa asiakkaan datan säilyvyydestä, ja korvausvelvollinen jos se häviää. Näin asia ei kuitenkaan aina ole. Esimerkiksi suomalainen SRJ host ilmaisee sopimusehdoissaan, että asiakkaan tietojen säilymistä palvelussa ei taata, mikä vapauttaa yrityksen korvausvastuusta mikäli asiakkaan tiedot häviävät esimerkiksi laiterikon seurauksena. (SRJ Host 2014a, viitattu 10.11.2014.) Sopimusehtoihin tutustumisen tärkeyttä ei voida siis koskaan painottaa liikaa.

Useat palveluntarjoajat väittävät verkkosivuillaan takaavansa palvelutasosopimuksessaan 100 prosentin käytettävyyssajan. Tämä ei suinkaan tarkoita sitä, että palvelu todellisuudessa olisi toiminnassa ja saatavilla koko ajan. Palvelukatkoksia tapahtuu aivan siinä missä paikallisillakin palvelimilla, johtuivat ne sitten verkkoyhteyden katkeamisesta, järjestelmän uudelleenkäynnistyksestä, laitteistoviasta tai muista yllättävistä tapahtumista. Lupausta voidaan pitää harhaanjohtavana mutta sen käyttö on sallittua, sillä palvelutasosopimuksissa on asetettu (yleensä kuluttajalle suhteellisen epäedulliset) ehdot, joiden mukaan palveluntarjoaja hyvittää asiakkaalle palvelukatkon. Kyseessä on vain markkinointitermi ilman todellista korrelaatiota todellisen palvelutason kanssa. (HostJury 2013, viitattu 11.11.2014.) Esimerkiksi tästä syystä palvelutasosopimus on tutkittava huolellisesti.

Asiakastuen ympärivuorokautinen saatavuus on tärkeää, kun asetetaan tärkeitä liiketoimintaelementtejä ulkopuolisen yrityksen käsiin. Tuen tulisi olla saatavilla myös loma-aikoina. Sillä on myös merkitystä, vastaako asiakastukeen tuleviin yhteydenottoihin asiantuntija, vai asiakaspalveluedustaja, joka lukee valmista käsikirjoitusta. On myös aiheellista selvittää

palveluntarjoajan historia koskien niitä ajanjaksoja, kun palvelu on ollut alhaalla. Toiveena on tietysti, että niitä olisi ollut mahdollisimman vähän, sillä palvelukatkokset voivat olla yritykselle erittäin haitallisia ja hintavia. Totuus tosin on, että myös suurimmat ja luotettavimmatkin yritykset voivat kokea niitä. Jotkut palveluntarjoajat julkaisevat historiatiedot palvelukatkoksisista itse, joiltakin ne on pyydetty erikseen. (Shandrow 2013, viitattu 30.10.2014.)

## 7 TIETOTURVALLISUUSNÄKÖKOHTIA

Tietoturvallisuus on lyhyesti esitettyä kokoelma tapoja huolehtia kolmesta sen pääperiaatteesta: datan luottamuksellisuudesta, eheydestä ja saatavuudesta. Luottamuksellisuuden suojauksella viitataan datan ja järjestelmien suojaamiseen niin, että asiattomat henkilöt eivät pääse käsittelemään niitä. Eheyden turvaaminen tarkoittaa datan suojaamista asiattomien henkilöiden tekemiltä muutoksilta. Saatavuudella viitataan datan saatavuuden turvaamiseen sellaisille henkilöille joilla on tarve ja oikeus käsitellä sitä. (Feinman, Goldman, Wong, Cooper 2014, viitattu 15.12.2014.)

Tietoturvallisuus on suuri kokonaisuus, joten tämän työn puitteissa sitä ei tulla kokonaan käsittelemään. Sen sijaan keskitymme palvelinsalien turvallisuuteen, varmuuskopioihin ja niiden sijoittamiseen, ja erityisesti palvelinpalveluiden saatavuuden turvaamiseen ja vikasietoisuuteen.

### 7.1 Palvelimen fyysinen tietoturva

Ympäristöuhkia ovat esimerkiksi lämpöuhat, kuten tulipalot ja ylikuumeneminen, sekä vesivahingot. Palvelinhuoneet usein sisältävät suuren määrän laitteistoa, jotka tuottavat lämpöä mikä lisää osien hajoamiseen johtavia ylikuumenemisiä. Riittävä ilmastointi, sekä kaiken helposti syttyvän materiaalin poistaminen tiloista auttaa suojaamaan palvelinlaitteistoa. Suositeltu lämpötila palvelinsaliin on noin 18 - 23°C. Myös sähkötulipalojen riski on huomioitava, ja huolehdittava asianmukaisen sammutusvälineistön saatavuudesta. (Regents of the University of California 2009, viitattu 15.12.2014).

Palvelintiloihin on myös järjestettävä riittävä kulunvalvonta. Mikäli tiloihin pääseviä henkilöitä ei ole rajoitettu millään tavalla, voivat ihmiset joko ymmärtämättömyyttään tai tarkoituksellisesti aiheuttaa tietovuotoja, särkeä laitteistoa tai aiheuttaa palvelukatkoja.

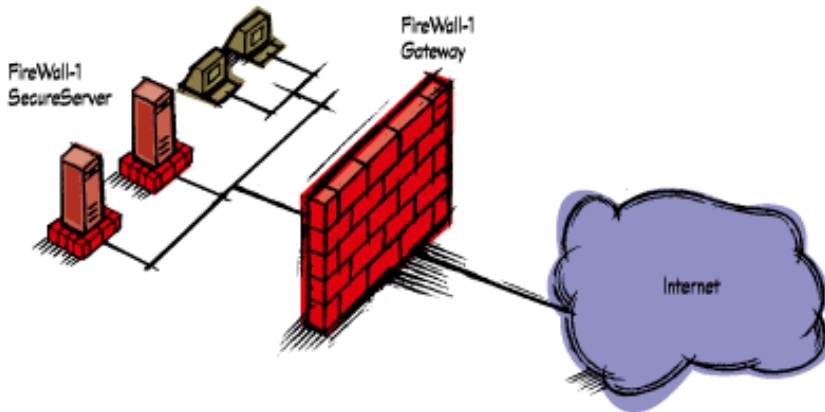
### 7.2 Palomuuri

Palomuuri on järjestelmä, joka suojaa verkkoliikennettä. Yksinkertaisimmillaan palomuuri voi toimia suodattimena, joka toimii siihen konfiguroitujen sääntöjen mukaan. Käytännössä

suodattava palomuuuri säätelee verkkoliikennettä siten, että jos siihen konfiguroiduista säännöistä ei löydy juuri sen liikenteen sallivaa ehtoa, liikenne estetään, eli "pudotetaan". Jos vastaanotettu verkkoliikenne taas vastaa jotakin sääntöä joka sallii kyseisen liikenteen, se ohjataan edelleen kohteeseensa. Palomuuuri siis karsii ei-toivottua liikennettä estämällä vaikkapa vakoiluohjelmaa lähettämästä tietokoneelta käyttäjän tietoja Internetiin, sekä estämällä ulkopuolelta tulevia yhteysyrityksiä jotka voivat olla haitallisia. Ne voivat myös esimerkiksi piilottaa lähiverkon tietokoneet julkisesta verkosta niin että niiden löytäminen vaikeutuu huomattavasti. Palomuuureilla on useita muita huomattavasti hienostuneempiakin keinoja yhteyksien rajoittamiseen, mutta tässä vaiheessa tärkeintä on tietää, että se on ehdottoman pakollinen osa palvelimen suojausta, ja että konfigurointi on annettava osaavan henkilöstön vastuulle. Valinta erilaisten palomuurien välillä tehdään tarvittavien suojaustapojen perusteella. Erot palomuurien välillä ovat huomattavia, joten tuotteeseen tutustuminen ennen hankintapäätöstä on tässäkin tapauksessa tärkeää.

(Desmond 2004, viitattu 25.11.2014.)

Palomuuuri voidaan asentaa joko olemassa olevalle palvelimelle, jolloin puhutaan ohjelmistopalomuurista, tai se voi olla erillinen laite jossa palomuuuri on laiteohjelma, eli laitepalomuuuri. Myös palvelinta joka on dedikoitu palomuurikäyttöön siten, että siihen on asennettu tarkoitukseen sopiva ohjelmistopalomuuuri ja asetettu laitepalomuurin tapaan valvomaan kaikkea sen läpi kulkevaa liikennettä, kutsutaan ohjelmistopalomuuriksi. Esimerkiksi Smoothwall on palomuuriohjelma, jolla palvelimesta voidaan tehdä palomuuuri (Smoothwall 2014, viitattu 27.11.2014). Myös kotitietokoneissa on ohjelmistopalomuurit, mutta niissä se on tavallisesti asennettu suoraan käyttöjärjestelmän päälle, ja ne suojaavat vain sitä tietokonetta jolle ne on asennettu. Palvelintietokone, joka on omistettu palomuurikäyttöön ja jossa on ohjelmistopalomuuuri, voi toimia samaan tapaan laitepalomuurin kanssa; kumpikin voidaan sijoittaa verkkoon siten, että ne suodattavat kaikkea liikennettä, esimerkiksi internetin ja lähiverkon välillä (Kuvio 5), suojaaten kaikkia palomuurin takana olevia laitteita. Jotkut nykyaikaiset reitittimet sisältävät integroidun palomuurin, mutta on huomioitava että palomuuuri- ja reititystoiminnot vaativat kummatkin reitittimen suoritusnopeutta. Liian kuormittunut reititin ei kykene hoitamaan tehtäviään sujuvasti, mikä johtaa verkkoyhteyden hidastumiseen. (Desmond 2004, viitattu 25.11.2014.)



KUVIO 5. Palomuurin sijoittaminen lähiverkon reunalle. (Midwest data recovery Inc. 2014, viitattu 30.11.2014).

Laite- ja ohjelmistopalomuurien välillä on muutamia eroavaisuuksia. Laitepalomuuuri on tietyllä tapaa turvallisempi. Esimerkiksi joillakin viruksilla on kyky muokata palvelimella ohjelmistopalomuurin asetuksia. Laitepalomuuuri ei ole alttiina tälle uhalle. (Desmond 2004, viitattu 25.11.2014.) Ohjelmistopalomuuuri suojaaa ainoastaan sitä konetta jolle se on asennettuna, joten laitepalomuurin sijoittaminen suojaamaan koko verkkoa tai verkon osia on keskitetympi ja helpommin hallittava vaihtoehto. Parhain turva saavutetaan kuitenkin käyttämällä molempia yhtä aikaa. (Parson 2014, viitattu 25.11.2014.) On myös pidettävä mielessä, että palomuurin lisäksi virustorjuntaohjelma on edelleen välttämätön, sillä palomuuuri ei tunnista tai poista haittaohjelmia. (Desmond 2004, viitattu 25.11.2014.)

### 7.3 Vikasietoisuus

Vikasietoisuudella viitataan siihen, että palvelimen toiminnan jatkuminen voidaan turvata vikatilanteessakin. Kahdentaminen auttaa tämän saavuttamisessa. Komponentin kahdentamisella viitataan siihen, että samaa järjestelmän komponenttia on olemassa kaksi kappaletta, ja ne on asennettu niin että toisen hajotessa ehjä osa jatkaa toimintaa ilman käyttökatkosta. Jotta tietokeskusta voidaan kutsua oikeasti vikasietoiseksi, tulee kaikille järjestelmille ja yhteyksille olla varajärjestelmät. (EPTe Oy 2010, viitattu 9.9.2014.) Esimerkiksi palvelinten verkkoyhteys ei saa olla ikinä kiinni yhdestä yhteydestä, vaan niitä on suotavaa olla useampi. Tämän lisäksi tietokeskuksen verkon tulee olla rakennettu siten, että reitittimien ja kytkimien välillä menee useita toisistaan erillisiä yhteyksiä, jotta yhden verkkolaitteen hajotessa data voi virrata vaihtoehtoisia

reittejä pitkin. palvelimen virransyöttö voidaan kahdentaa, jos palvelimessa on kaksi erillistä virtalähdettä. Ne voidaan lisäksi kytkeä toisistaan erillisiin sähkönsyöttöihin, joista kummatkin menevät eri sulaketauluihin. Tällöin yksittäinen sulakkeen palaminen ei häiritse palvelimen toimintaa. Hyvän käytännön mukaan kahdennettaviin kuuluu myös palvelintilojen jäähdytysjärjestelmä. (EPTE Oy 2010, viitattu 9.9.2014.)

Mikäli virta katkeaa koko tietokeskuksesta, UPS (Uninterruptible Power Supply) voi pelastaa tilanteen. UPS on akullinen virransyötön varajärjestelmä. Käytännössä UPS käynnistyy automaattisesti virran katketessa, ja palvelinlaitteisto voi jatkaa toimintaansa normaalisti UPS:in akun varassa. UPS suojaa laitteistoa myös sekä sisäisiltä että ulkoisilta virtapiikeiltä, joten se on välttämätön tietokeskuksissa. (Dominion 2014, viitattu 9.9.2014.) On kuitenkin huomioitava, että akun kesto on rajallinen, eikä sen voida odottaa pitävän toimintoja yllä kovin pitkäaikaisesti.

Kriittisten tietojen varmuuskopioinnin tulisi olla itsestäänselvyys. Käytännössä on kaksi tapaa toteuttaa tämä; online backup, eli tietojen tallentaminen varmuuskopiointiin tarkoitettuun turvalliseen verkkopalveluun, tai otetaan itse varmuuskopiot ja säilytetään niitä yhtä tietoturvallisessa tilassa kuin palvelintakin säilytettäisiin. Olennaista on kuitenkin viedä ne pois palvelintiloista, jotta esimerkiksi tulipalon sattuessa ei menetetä molempia. (The Regents of the University of California 2013, viitattu 12.15.2014).

#### **7.4 Ulkoistetun palvelinpalvelun tietoturvaluus**

Tietoturvaluuden pitäisi olla tärkeimpiä kriteereitä ulkopuoliselta ostetun palvelinpalvelun tarjoajan valinnassa. Vaikka Shandrowin ja Trapplerin artikkelit käsittelevät pilvipalveluita, pätevät heidän esille nostamansa huomiot soveltuvin osin myös muihin ulkopuoliselta hankittuihin palvelinpalveluihin. Palveluntarjoajilla tulisi olla käytössä useita turvamenetelmiä, joita päivitetään jatkuvasti. Tällä tarkoitetaan mm. palomureja, tietojen salausta, käyttäjien autentikaatiota, virtustorjuntaa sekä säännöllistä tietoturvaluuden auditointia. Tarpeen on myös selvittää, että kuka palveluntarjoajan palkkalistoilla omaa pääsyn tietoihisi, ja suorittaako palveluntarjoaja taustaselvityksiä työntekijöilleen karsiakseen mahdolliset identiteettivarkaas ja kyberrikolliset pois. (Shandrow 2013, viitattu 30.10.2014.) Palveluntarjoajalta täytyy siis olla saatavilla tiedot koskien suojausmekanismeja, jotta voidaan varmistua siitä että saadaan juuri sen tasoista suojaa kuin tarvitaan.

Tarpeellista on myös saada selville palveluntarjoajan tietokeskuksen, tai tietokeskuksien sijainti. Tietokeskuksen fyysinen turvallisuus on aivan yhtä tärkeää kuin verkkoturvallisuuskin. Palveluntarjoajalta tulisi siis olla saatavilla tiedot mm. keinoista suojautua luonnonkatastrofeilta kuten tulipaloilta, tulvilta, maanjäristyksiltä ja myrskyiltä. On myös hyvä selvittää, että miten palveluntarjoaja on suojannut tietokeskuksen tilat tietovarkailta fyysisesti. (Shandrow 2013, viitattu 30.10.2014.) Pääsyn dataan, joka on tarkoitettu vain rajatun käyttäjäkunnan silmille internetin välityksellä, tulee myös olla suojattu autentikointimekanismeilla, jotta vain oikeutetut henkilöt pääsevät käsittelemään dataa ja sovelluksia (Hurwitz, Bloor, Kaufman, Halper 2014, viitattu 30.10.2014).

On olemassa joitakin tietoturvasertifikaatteja, jotka voivat kertoa tiettyjen tietoturvastandardien täyttämisestä. Esimerkiksi ISO/IEC 27001 lukeutuu tähän joukkoon. Tämä standardi on tunnetuin standardi ISO/IEC 27000 –standardiperheessä, joka asettaa vaatimukset organisaatioiden tietoturvallisuudelle. (International Organization for Standardization 2014, viitattu 30.10.2014.) ISO/IEC 27001 Information security management tarkoittaa suomeksi tietoturvajärjestelmän sertifiointia. Käytännössä sertifikaatin saamiseksi organisaation tulee läpäistä asetetut vaatimukset kaikilla tietoturvan osa-alueilla. (Inspecta 2013, viitattu 30.10.2014.) Tällaiset sertifikaatit voivat siis kertoa palveluntarjoajan tietoturvan tasosta, ja toimia työkaluna luotettavuuden arvioinnissa.

## **7.5 Lainsäädäntö**

Mikäli ulkomaalaiselle yritykselle ulkoistetuilla palvelimilla aiotaan säilyttää suomalaisen yrityksen asiakkaiden henkilötietoja, on huomioitava asiaa koskeva suomalainen lainsäädäntö, sekä EU – direktiivit. Jos palveluita ostava yritys pitää palvelussa asiakkaiden henkilötietoja (esimerkiksi asiakasrekisterit), on tällä yrityksellä myös vastuu henkilötietojen asianmukaisesta käsittelystä. Suomen henkilötietolainsäädännössä on luvussa 5 kielletty henkilötietojen siirtäminen Euroopan unionin (EU) tai Euroopan talousalueen (ETA) ulkopuolelle, ellei tietosuojan riittävää tasoa voida taata kyseisessä maassa. (Henkilötietolaki 22.4.1999/523, 22§.) Käytännössä siis tietoja voidaan vapaasti säilyttää palvelimella, joka sijaitsee EU- tai ETA-alueella. Tämän alueen ulkopuolisiin siirtoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta asia hoidetaan lain edellyttämällä tavalla.

Tietosuojan tason arvioinnin tekee rekisterinpitäjä, ja tietosuojan riittävä taso täytyy arvioida aina tapauskohtaisesti. Riittävä taso riippuu aina rekisterin sisällöstä. Kun rekisterinpitäjä on arvioinut tietosuojan tason riittävyyden, tulee tehdä asiasta ilmoitus tietosuojavaltuutetulle. Tietosuojan tasoa ei ole tarpeen arvioida erikseen, mikäli komissio on todennut, että kyseisessä maassa on riittävä tietosuojan taso. Mikäli kyseisestä maasta löytyy komission tekemä myönteinen päätös, ei rekisterinpitäjän tarvitse ilmoittaa henkilötietojen siirrosta tietosuojavaltuutetulle. Komissio voi tehdä myös kielteisen päätöksen, ja näihin maihin tietojen siirtäminen on kiellettyä. Toistaiseksi yhtäkään kielteistä päätöstä ei ole tehty. (Tietosuojavaltuutetun toimisto 2013, viitattu 7.12.2014.)

Yhdysvaltojen tilanne on varsin erilainen verrattuna muihin maihin, koska sillä ei ole yleistä tietosuojalainsäädäntöä. EU:n ja yhdysvaltojen neuvottelujen tuloksena syntynyt Safe Harbor-järjestelmä on hyväksytty komission toimesta riittäväksi tietosuojan tason takeeksi. Käytännössä, Safe Harbor -järjestelmään sitoutunut yhdysvaltalainen palveluntarjoaja on sitoutunut käsittelemään EU-kansalaisten tietoja EU:n tietosuojalainsäädännön periaatteiden mukaisesti. Tietosuojan taso on siis riittävä, mikäli kyseinen palveluntarjoaja on sitoutunut Safe Harbor -järjestelmään. Järjestelmään sitoutuneiden organisaatioiden lista löytyy esimerkiksi Yhdysvaltain Kauppaministeriön verkkosivuilta. (Tietosuojavaltuutetun toimisto 2013, viitattu 7.12.2014.)

Henkilötietolaki sisältää myös joitakin poikkeusperusteita, joiden nojalla tiedot voidaan siirtää silloinkin, kun edellä mainitut ehdot eivät täyty. Huomattavin poikkeusperusteista on kohta, jonka mukaan tiedot saadaan siirtää, mikäli rekisteröity henkilö antaa yksiselitteisen suostumuksensa siirtoon. Kun henkilöltä pyydetään suostumusta, tulee hänelle samassa yhteydessä kertoa vähintään, että mitä tietoja, mihin tarkoitukseen, kenelle, ja mihin maahan tietoja ollaan siirtämässä. Lisäksi edellytyksenä on, että rekisteröidyllä on riittävästi tietoa siitä, mitä riskejä tietojen siirtämiseen liittyy, kun kyseessä on maa jossa ei taata riittävää tietosuojan tasoa. Epäsuorasti ilmaistu suostumus ei ole riittävä. (Tietosuojavaltuutetun toimisto 2013, viitattu 7.12.2014.)

Pilvipalveluiden kohdalla tilanne on hieman erilainen, sillä pilvipalvelun ostaja ei yleensä tiedä, missä maassa data sijaitsee. Käytännössä ainoa tapa varmistua tietojen asianmukaisesta käsittelystä, ja niiden säilytyspaikoista, on varmistaa, että palveluntarjoajan kanssa tehtävään sopimukseen on kirjattu kohdat, joissa tarkennetaan sallitut maat tietojen säilytykseen.



## 8 PALVELINTEN NYKYTILANNE JA LAITTEISTOVAATIMUKSET

Tällä hetkellä yritys käyttää Digital Oceanin virtuaalipalvelimia. Kaikki kolme on sijoitettu erillisille palvelimille, joista CRM- ja julkaisujärjestelmäpalvelimilla on molemmilla käytössään yksi prosessoriydin, 512Mt keskusmuistia ja 20Gt:n SSD-kiintolevyt. Mittapalvelimella taas on käytössään kaksi prosessoriydintä, 2Gt keskusmuistia sekä 40 Gt:n SSD-kiintolevy. Tämänhetkisen palveluntarjoajan mukaan käytettävät prosessorit ovat palvelintason Intel heksaydinproessoreita jotka toimivat 2.0 GHz - 3.0 GHz nopeudella. (Digital Ocean 2014, viitattu 15.12.2014.)

Vaikka kyseinen palveluntarjoaja tarjoaa todella kilpailukykyiset hinnat verrattuna moniin muihin palveluntarjoajiin, sen ongelmana on, että palvelimen eri komponentteja ei voi räätälöidä valmiiden pakettien ulkopuolelle. Vaihtoehdot ovat hinnaltaan 5\$ - 640\$, ja kaikkiin kuuluvat ominaisuudet ovat kiinteitä niin, että esimerkiksi kiintolevytilaa lisääessä on välttämätöntä maksaa myös ylimääräisestä keskusmuistista ja prosessoriytimistä. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että kun esimerkiksi CRM-palvelimen kiintolevytilaa tulee lisätä, joudutaan maksamaan muistakin resursseista vaikka niitä ei tarvittaisi.

### 8.1 CRM- ja julkaisupalvelin

Näiden kahden palvelimen kohdalla toimeksiantaja on todennut, että niiden testausta on suhteellisen hyödytöntä toteuttaa vielä tässä vaiheessa. Käyttäjäkunta on molemmilla niin suppea ettei datasta voitaisi vetää todellisia johtopäätöksiä. Tästä syystä CRM-palvelimen ja julkaisujärjestelmäpalvelimen keskusmuisti ja prosessori tullaan mitoittamaan tällä hetkellä käytössä olevan ratkaisun perusteella. Ratkaisuvaihtoehtoja pohdittaessa kiinnitän erityisesti huomiota resurssien skaalaamiseen yksittäin. Esimerkiksi kiintolevytilan tarpeen odotetaan kasvavan nopeasti.

Julkaisujärjestelmäpalvelin on suhteellisen kevyt kokonaisuus, sillä se sisältää vain verkkosivut ilman resurssi-intensiivisiä ominaisuuksia. Kävijöitä ei ole vielä valtavasti per kuukausi, joten keskusmuistia tuskin tarvitsee vielä lisätä. Keskusmuistia tarvitsee nostaa 1 gigatavuun vasta kun

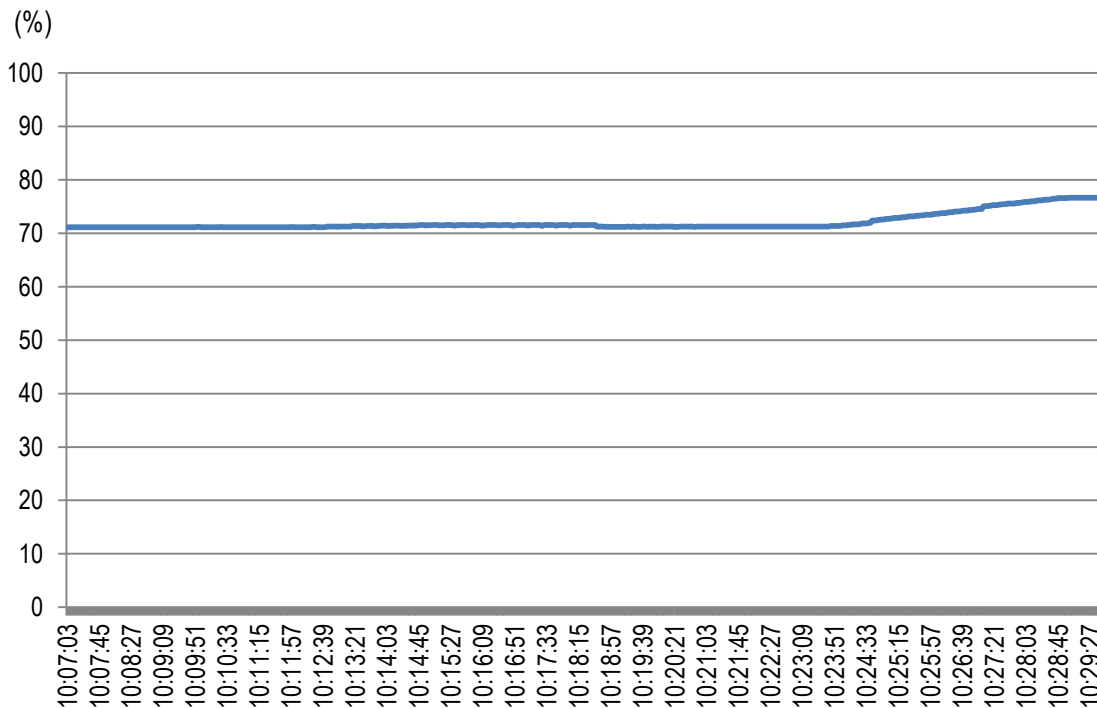
kävijöitä alkaa olla 200 000 kuukaudessa ja sivunkatseluita 500 000 kuukaudessa (WebmasterFormat 2014, viitattu 10.11.2014).

## 8.2 Mittapalvelin

Toimeksiantaja toimitti tuloksia mittapalvelimelle suoritetusta resurssienkäytön monitoroinnista. Ensimmäinen tehtäväni oli siis tulkita tekstimuotoista dataa mittapalvelimen resurssien käytöstä. Tiedot on kerätty kolmen eri skenaarion aikana, käyttäen linuxin komentoa *sar*, joka kerää, raportoi tai tallentaa haluttuja tietoja järjestelmän aktiviteeteista (Die.net 2014, viitattu 10.11.2014). Tässä tapauksessa komennon parametrit oli asetettu siten, että dataa kuormitusasteista kerättiin tiedostoihin kahden sekunnin välein. Kuviossa 6 on esillä pieni osa muistin käyttöä kuvaavasta tiedostosta. Ensimmäinen sarake *kbmfree* ilmaisee vapaana olevan muistin määrän kilotavuina ja sarake *kbmemused* ilmaisee käytössä olevan muistin määrän kilotavuina (lukuunottamatta kernelin käyttämää muistia). Kolmas sarake *%memused* kuvaa käytössä olevan muistin määrää prosentteina suhteessa kokonaiskeskusmuistiin. Sarake *kbcommit* näyttää senhetkiselle työmäärälle varatun muistin määrän, eli kyseessä on arvio siitä, että kuinka paljon *virtuaalimuistia* (keskusmuistin ja sivutiedoston yhdistelmä) tarvitaan toiminnan takaamiseksi. Virtuaalimuisti esiteltiin tämän työn luvussa 6. Sarake *%commit* taas esittää prosentteina sen, että kuinka suuren osan senhetkinen työ tarvitsee koneen virtuaalimuistista. (Nevar 2014a, viitattu 27.10.2014.)

```
10:07:01 AM kbmfree kbmemused %memused kbbuffers kbcached kbcommit %commit kbactive kbinactive kbdirty
10:07:03 AM 592388 1457636 71.10 40500 559264 1259120 30.36 1086800 305784 84
10:07:05 AM 592328 1457696 71.11 40500 559264 1264100 30.48 1086780 305780 84
10:07:07 AM 592200 1457824 71.11 40500 559264 1264100 30.48 1086780 305780 84
10:07:09 AM 591984 1458040 71.12 40508 559160 1264100 30.48 1086716 305776 20
10:07:11 AM 592016 1458008 71.12 40508 559160 1264100 30.48 1086716 305784 28
```

KUVIO 6. Mittapalvelimen historiatietoja muistin käytöstä reaaliaikaisen mittauksen aikana.



KUVIO 7. Mittapalvelimen historiatiedoista piirretty kuvaaja keskusmuistin käyttöasteesta reaaliaikaisen mittauksen ja kartanpiirron aikana.

Esitellyt logitiedot on kerätty niisanotun normaalin käyttötapauksen aikana, eli mittausta on suoritettu yhdellä koneella niin että mittaus synkronisoidaan palvelimelle reaaliajassa. Mittaus kesti noin 15 minuuttia, jonka jälkeen palvelin loi kuuluvuuskartan. Logitiedosto siis sisältää tietoa palvelimen normaalin toiminnan aikaisesta resurssienkäytöstä 22 minuutin ajalta. Logitiedostoa tarkastellessani havaitsin, että mittauksen aikana palvelin käyttää 2Gt keskusmuististaan noin 71% tasaisesti koko mittauksen ajan. Kuuluvuuskartan piirron aikana muistin käyttö nousi keskimäärin hieman korkeammaksi, enimmillään se oli n. 76% kokonaiskeskusmuistista. Kuvio 7 havainnollistaa tätä. Pystyakseli kuvaa prosessorin kokonaisresursseja, kun taas vaaka-akseli kuvaa mittaukseen ja kartanpiirtoon kulunutta aikaa.

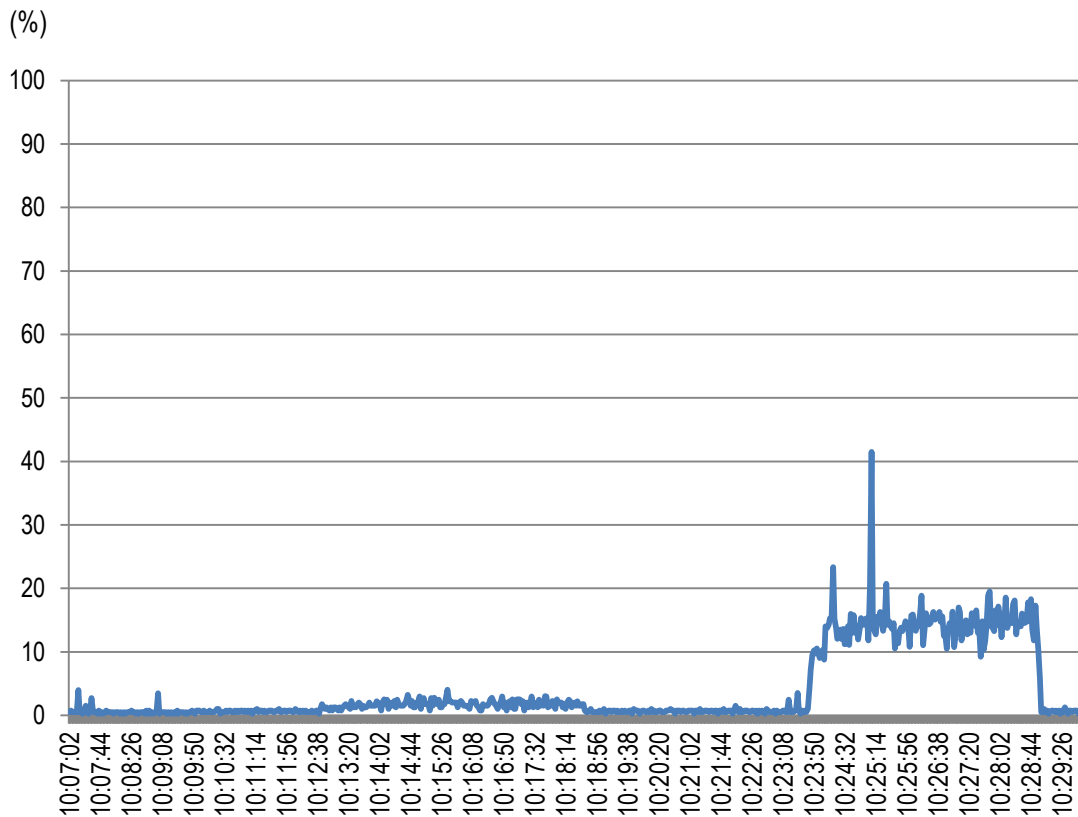
Prossessorin käyttöä kuvaavat statistiikat kertovat samankaltaista tarinaa. Kuvio 7 esittää pienen osan kerätyistä statiikoista. Sarake *CPU* viittaa tarkasteltavaan prosessoriin. Avainsana *all* tarkoittaa, että statistiikat kuvaavat kaikkien prosessorien välisiä keskiarvoja. Sarake *%user* näyttää prosessorin käyttöasteen käyttäjätasolla, kun taas *%system* näyttää käyttöasteen kernel-tasolla. Sarakkeet *%iowait* ja *%steal* näyttävät prosentteina eri odotusaikoja, jolloin prosessori on joutunut odottamaan muita toimintoja, eikä siksi ole voinut työskennellä. Sarake *%idle* taas

näyttää prosessorin todellisuudessa vapaana viettämän ajan, koska siihen ei ole laskettu edellä mainittuja odotusaikoja. (Nevar 2014b, viitattu 27.10.2014.)

10:07:00 AM	CPU	%user	%nice	%system	%iowait	%steal	%idle
10:07:02 AM	all	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00	99.50
10:07:04 AM	all	0.25	0.00	0.50	0.00	0.00	99.25
10:07:06 AM	all	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00	99.50
10:07:08 AM	all	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	99.50
10:07:10 AM	all	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00	99.50

*KUVIO 8. Mittapalvelimen historiatietoja prosessorin käytöstä reaaliaikaisen mittauksen aikana.*

Tässä tapauksessa statistiikat siis näyttävät molempien ytimien mukaan lasketut keskiarvot. Palvelimen käytössä olevien kahden prosessoriytimen käyttöaste näyttää koko mittauksen loppuun asti melkoisen matalia lukemia, pääsääntöisesti vain <1% saatavilla olevista prosessorin resursseista. Kuuluvuuskartan piirron aikana prosessorin käyttöaste näyttää nousevan korkeimmillaan 41 prosenttiin, pysyen kuitenkin pääsääntöisesti 10-20 prosentin välillä (ks. kuvio 9). Kuvaajan tiivistäminen oli välttämätöntä informaation luettavuuden helpottamiseksi, mutta se antaa silti erittäin hyvän kuvan kokonaisdatasta. Tulokset noudattavat aiemmin todettua linjaa sen suhteen, että kuuluvuuskarttojen piirtäminen on palvelimen prosessori- ja muisti-intensiivisin prosessi. Tällä hetkellä kaksi ydintä vaikuttaa ylimitoitetulta todelliseen tarpeeseen nähden.



KUVIO 9. Mittapalvelimen historiatiedoista piirretty kuvaaja prosessorin käyttöasteesta reaaliaikaisen mittauksen ja kartanpiirron aikana.

Toimintaa monitoroitiin myös toisen tyypillisen käyttötapauksen aikana. Erona edelliseen nähden on, että mittaukset tehtiin offline-tilassa, ja tulokset synkronoitiin palvelimelle yhdellä kertaa mittauksen loputtua. Tätä tapaa käytetään, kun yhteys palvelimeen on huono mitattavassa sijainnissa, tai kun reaaliaikainen synkronointi ei muutoin onnistu.

Muistin käyttö nousee tässä käyttötapauksessa hieman korkeammalle, jopa 96% keskusmuistista. Virtuaalimuistia kuvaava sarake esittää korkeimmillaan n. 37% käyttöastetta. Tulokset siis viittaavat erittäin korkeaan muistin käyttöasteeseen. Vaikka virtuaalimuistia näyttäisi riittävän, tulisi keskusmuistin määrän olla sellainen että virtuaalimuistia tarvitsisi käyttää mahdollisimman vähän, kuten luvussa 5.2 todettiin. Optimaalisen toiminnan tukemiseksi palvelimelle olisi kannattavaa lisätä hieman keskusmuistia, jotta sivutiedostoon kirjoittaminen saataisiin minimoitua. Prosessorin käyttöä kuvaava lukemat pysyivät kutakuinkin samankaltaisina edelliseen käyttötapaukseen nähden.

## 9 ALUSTAVAIHTOEHTOJEN ARVIOINTI

Lähestyn kehitystehtävää arvioimalla kunkin ratkaisun hyviä ja huonoja puolia. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa eri alustavaihtoehdot, sekä selvittää kuinka hyvin kukin niistä sopii yrityksen käyttöön. Tässä luvussa siis käsitelen vaihtoehtoja niiden tietoturvallisuuden, kustannusten, käytettävyyden ja skaalautuvuuden kannalta. Perinteiset VPS- palvelimet, jotka sijaitsevat yhdellä tietyllä isäntäpalvelimella, on pudotettu kokonaan pois, sillä se on vanhentunut ja riittämätön ratkaisu yrityksen tarpeisiin.

Kaikki koostetut vertailut vaihtoehtojen keskihinnasta on muodostettu sellaisen palvelinratkaisun pohjalta, joka on laitteistovaatimusten pohjalta nykytarpeeseen riittävä. Kaikki arviot pohjautuvat käytännössä verkkosivuilta hankittuihin tietoihin, ja palveluiden todellisen hinnan ja sisällön saa selville vain pyytämällä tarjousta. Koostetut tiedot ovat siis olosuhteiden pakosta suuntaa-antavia, ja kuvaajat on luotu puhtaasti vertailutarkoitukseen. Asiaa monimutkaisti sekin, että osa palveluntarjoajista tarjoaa tiettyjä ominaisuuksia ”pakettiin” kuuluvina, ja toiset ovat tehneet niistä maksullisia lisäpalveluita. Käytännössä olen siis kyennyt vertailemaan ainoastaan sitä, että mistä osista kunkin ratkaisun hinnat tulisivat muodostumaan.

### 9.1 Dedikoitu palvelin

Kolmen erillisen fyysisen palvelimen hankkiminen olisi tämänhetkiseen tarpeeseen nähden todellinen ylilyönti. Kustannustehokkain tapa toteuttaa kolmen palvelimen kokonaisuus ostetulla tai vuokratulla palvelimella, olisi kolmen palvelimen virtualisointi yhdelle fyysiselle palvelimelle. Yksi nopea neliydinprosessori riittäisi kannattelemaan kolmea palvelinta tässä vaiheessa, kun otetaan huomioon että edes näistä kolmesta tällä hetkellä raskaimpia tehtäviä suorittava mittapalvelin käyttää vain minimaalisen osan kahdesta ytimestään. Kaksiydinprosessorikin riittäisi, mutta jos hankitaan dedikoitu palvelin, erot hinnassa ovat niin pienet, että enemmän tullaan todennäköisesti säästämään hankkimalla suoraan sellainen järjestelmä jossa on varaa kasvulle. Toisekseen, kaksiydinprosessorit näyttävät olevan varsin harvinaisia yritystason dedikoiduissa vuokrapalvelimissa. Keskusmuistin määrän olisi hyvä olla vähintään neljä gigatavua, perustuen edelleen mittapalvelimen testaustuloksiin ja kahdelle muulle palvelimelle luvussa 8 arvioituihin laitteistovaatimuksiin. Koska yritys odottaa tulevaisuudessa palvelinten

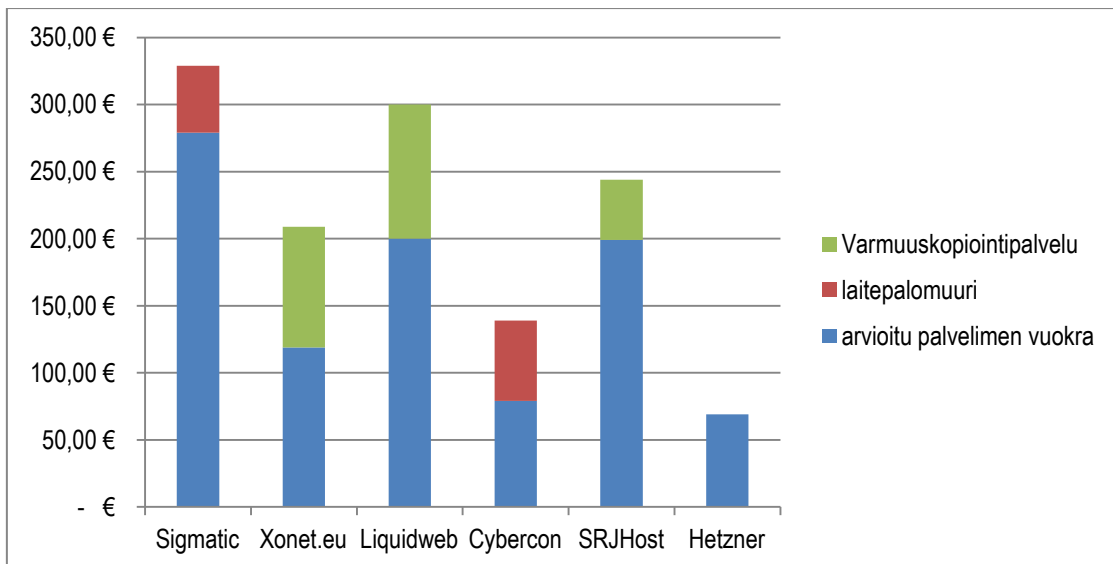
käyttöasteiden nousua, kannattaa vuokrapalvelimia vertailla sellainen palveluntarjoaja joka tekee fyysisen laitteiston päivitykset kilpailukykyiseen hintaan.

Palveluntarjoajien vertailukelpoisuus on kyseenalainen, koska kaikki eivät ole julkaisseet keskenään yhtä kattavia tietoja verkkosivuillaan, ja monet ominaisuudet ovat sellaisia, että niistä pitää neuvotella palveluntarjoajan kanssa. Täten esimerkiksi hajautetun palvelinklusterin ja virtuaalikoneiden kahdennuksen huomioiminen oli mahdotonta, sillä tietoja ei ollut saatavilla yksilläkään tutkimillani verkkosivuilla. Parhaan käytänteen mukaan palvelinpalveluiden olisi hyvä olla hajautettuna ainakin kahteen eri tietokeskukseen, jotta varmistetaan palvelinpalveluiden korkea saatavuus. Toisaalta luotettavat tietokeskukset ovat aina kahdennettuja kaikkien kriittisten toimintojen osalta, kuten luvussa 7 on todettu, ja tietokeskusten kokonaisvaltainen kaatuminen on varsin harvinaista.

### **9.1.1 Dedikoitu vuokrapalvelin**

Tämän ryhmän vertailut palvelimet valittiin palveluntarjoajien vaihtoehdoista sillä perusteella, että ne olivat laitetietojen perusteella riittävän tehokkaita yritystason palvelimia, sisälsivät vähintään RAID 1 –järjestelmän, kahdennetun virtalähteen, ilmaisen fyysisen laitteiston huollon, vähintään 500Gt:n perusliikennöinnin, ja käyttöjärjestelmävaihtoehtoihin oli luettu mukaan CentOS tai Ubuntu. Em. ominaisuudet on siis luettu mukaan palvelimen arvioituun kuukausivuoraan kuviossa 10. Kuukausivuokraa esittää kunkin pylvään alin osa. Diagrammista käy ilmi myös muita kiinnostavia palveluita, kuten mahdollisuus laitteistopalomuriin ja varmuuskopiointiin, mikäli niiden hintatiedot olivat verkkosivustolla esillä.

Koska ratkaisuihin ei sisälly ylläpitopalveluja palveluntarjoajan puolesta, täytyisi yrityksen järjestää ne itse. Toisin sanoen, tarvitaan henkilöstöä, joka on vastuussa ohjelmistopäivityksistä, palvelimen monitoroinnista, ongelmatilanteiden ratkomisesta, palomuurin asetuksista, varmuuskopioinnista, sanalla sanoen palvelimen kokonaisvaltaisesta ylläpidosta (poislukien fyysisen laitteiston huollot). Käytännössä ongelmalliseksi muodostuisi se, että asiakkaan IT-henkilöstön täytyisi olla jatkuvassa valmiudessa, jotta palvelinongelmat saadaan ratkaistua välittömästi niiden ilmetessä.



KUVIO 10. Palveluntarjoajien kuukausivuokria palvelimille (Sigmatic Oy 2014a, viitattu 24.11.2014; Xonet 2014, viitattu 24.11.2014; Liquid Web Inc., viitattu 24.11.2014; Cybercon 2014, viitattu 24.11.2014; SRJ Host 2014b, viitattu 15.11.2014; Hetzner Online AG 2014, viitattu 13.9.2014).

Ylläpidetyistä dedikoiduista vuokrapalvelimista oli käytännössä mahdotonta tehdä vertailua, sillä suurin osa palveluntarjoajista oli ilmoittanut, että tarjous on pyydetty tapaushkohtaisesti erikseen, tai sitten ylläpitopalvelut poikkesivat toisistaan niin ratkaisevasti, että kerätyistä tiedoista ei olisi saanut tehtyä asianmukaista vertailua.

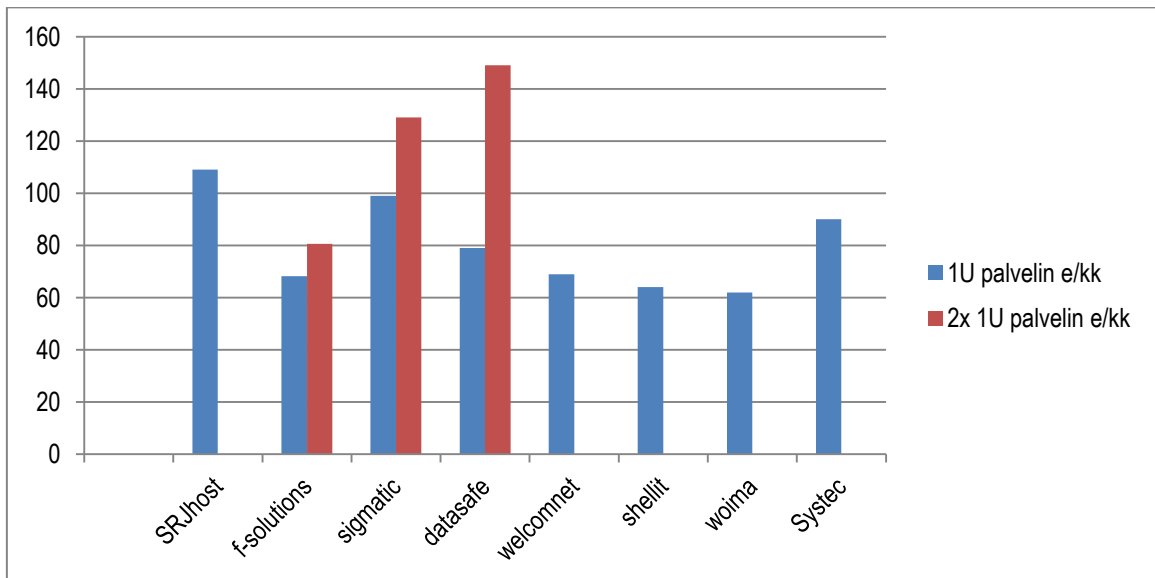
### 9.1.2 Ostettu dedikoitu palvelin palvelinhotellissa

Palvelinhotelli, eli ulkopuolisen palveluntarjoajan tietokeskus, on ainoa realistinen vaihtoehto yrityksen palvelinten sijoituspaikaksi. Yrityksellä ei ole omaa tietokeskusta, tai muita tiloja joihin palvelimet voitaisiin luvussa 7 käsiteltyjen palvelinturvallisuuden periaatteiden mukaisesti sijoittaa.

Tein hintavertailua eri palvelinhotellien välillä, ja koostin niiden verkkosivuilta löytyneistä tiedoista taulukon joka antaa hintatasosta kuvan. Hintoihin ei siis sisälly ylläpitoa tai fyysisen palvelimen hankintahintaa. Palvelinhotelleja tutkiessani en löytänyt yhtäkään hotellia, jotka tarjoaisivat paikkoja yksittäisille asiakkaiden omille korttipalvelimille, johtuen luultavasti siitä että niiden tulisi olla juuri oikeaa mallia sopiakseen tiettyyn kehikkoon. Kaikki vertailuun mukaan otetut paikat sijaitsevat Suomessa, ja tarjoavat paikkoja yksittäisille 1U-kokoisille rakkipalvelimille. Vertailusta käy myös ilmi kunkin palvelinhotellin hinnat kahdelle 1U-paikalle, jos se oli verkkosivuilla



ilmoitettu. Tämä tieto on tarkoitettu lähinnä tulevaisuutta varten, ja ilmentää myös miten yksikköhinta pienenee räkkipaikkojen määrän kasvaessa.



KUVIO 11. Palvelinhotellien hintoja 1U-kokoiselle räkkipalvelinpaikalle (Sigmatic Oy 2014b, viitattu 26.11.2014; Suomen Datasafe Oy 2014, viitattu 26.11.2014; Welcomnet 2014, viitattu 26.11.2014; Multim Oy 2014, viitattu 27.11.2014; Woima 2014, viitattu 27.11.2014; Systec 2015, viitattu 11.2.2014).

Esimerkkinä katsotaan palveluntarjoajan SRJ Host tuotteita. Yritys tarjoaa esimerkiksi 1U kokoiselle räkkipalvelimelle palvelinhotellipaikkaa hintaan 109€/ kuukausi. (katso kuvio 11) Kun taas dedikoituja palvelimia yritys vuokraa hintaan 199e/kk (SRJ Host 2014b, viitattu 15.11.2014.) Hintaero vuokrattuun laitteeseen nähden on tämänkin palveluntarjoajan tapauksessa hyvin pieni. Kokonaiskustannusten laskeminen osoittautui mahdottomaksi, sillä huomioon olisi otettava palvelimen hankintahinnan ja palvelinhotellipaikan vuokran lisäksi ylläpidosta aiheutuvat kulut, ts. IT-henkilöstön palkka. Lisäksi kustannuksia koituu myös fyysisen laitteiston huoltotöistä, joten kustannukset voivat olla yllättävänkin korkeat. Oman palvelimen ostaminen tulee selkeästi kalliimmaksi heti alkuun. Totesin, että palvelimien hankintahinnoista on hyödytöntä tehdä vertailua, sillä kustannukset jo pelkän palvelinhotellihinnan perusteella tulisivat olemaan perusteettoman suuret. Kun muidenkin palvelinhotellipaikkojen hintoja (kuvio 11) vertaillaan dedikoitujen vuokrapalvelimien hintoihin (kuvio 10) voidaan sanoa, että hintaerojen ollessa näin pienet, tulisi oman palvelimen tarpeen olla perusteltu palvelimen hankintakulujen oikeuttamiseksi.

## 9.2 IaaS-pilvipalvelut

IaaS-pilvipalvelut ovat hyvin erilaisia verrattaessa perinteisiin, fyysisiin palvelinratkaisuihin. Tässä mallissa ei osteta tai vuokrata tiettyä palvelinta, vaan laskentatehoa. Palveluntarjoajien tarjoamat tietoturvaominaisuudet ja laskutusmallit eroavat keskenään jonkin verran, joten käsittelen joitakin vaihtoehtoja hieman syvemmin. Yleisesti IaaS-ratkaisuista voidaan kuitenkin todeta, että vaikka palvelimen fyysisestä toimivuudesta tai kapasiteetin riittävydestä ei tarvitse huolehtia, vaatii pilvessä sijaitseva konesali silti luonnollisesti samaan tapaan monitorointia ja hallintaa. Lisäksi eri palvelut vaativat eri asteista perehtymistä niiden käyttöön, mutta sivustoilta tyypillisesti löytyy hyvät oppaat eri tilanteisiin. Huolellinen perehtyminen kunkin palvelun toiminnallisuuksiin on ensisijaisen tärkeää. Kaikki kolme esiteltävää palveluntarjoajaa ovat tarjonneet ilmaisen kokeilujakson palveluilleen, mikä entisestään madaltaa kynnystä tutustua palveluihin (Google 2015a, viitattu 3.1.2015; Amazon Web Services Inc. 2015a, viitattu 3.1.2015; Nebula 2015a, viitattu 3.1.2015).

Valitsin kaksi ulkomaista isoa palveluntarjoajaa, sekä yhden kotimaisen. Vertailtaviksi ominaisuuksiksi valikoituivat laskutusmallit ja erot käytettävyysominaisuuksissa. Toimeksiantaja halusi myös tietoa siitä, miten asiakastietokannan säilyttäminen onnistuu lakien ja asetusten mukaisesti pilvipalveluympäristössä, ts. kuinka palveluntarjoajat takaavat sen, että yrityksen asiakastietokanta voidaan sijoittaa palveluun noudattaen säädöksiä. Suomen lain ja EU-direktiivien asettamat rajoitukset asiakkaiden henkilötietojen siirtämiselle EU tai ETA-alueen ulkopuolelle on käsitelty luvussa 7.

IaaS -palvelut koostuvat useasta palvelukomponentista (palvelininstanssit, levytila, kuormantasaajat, jne.), ja ympäristön komponentit määräytyvät sen mukaan mitä kulloinkin tarvitaan. Komponentteja voidaan ottaa mukaan tai pudottaa pois käytöstä joustavasti. Olennaisimmat palvelun komponentit ovat kuitenkin palvelininstanssi, eli virtuaalikone joka tarjoaa laskentatehon, ja pysyväisvarasto, eli varastotila johon tallennetaan ne käynnistyslevykuvat jotka liitetään käynnistettävään palvelininstanssiin.

### 9.2.1 Amazon Web Services

Amazon Web Services (AWS) on yhdysvaltalainen pilvipalvelu, joka tarjoaa laskentatehoa kolmena eri instanssityyppinä. Laskentatehopalvelun nimi on Amazon Elastic Cloud 2. On-demand -instanssit laskutetaan tuntiperusteisesti ilman etukäteismaksuja tai pitkäaikaisitoutumista. Laskentatehoa voidaan nostaa tai laskea sen hetkisen tarpeen mukaan, asiakkaan maksaessa aina vain siitä mitä hän käyttää. Ratkaisua kuvaillaan sopivaksi tilanteisiin joissa ei haluta sitoutua pitkäaikaisesti, tai sovelluksille joilla on lyhytaikaisia, käyttöpiikkejä kokevia prosesseja joita ei voida keskeyttää välissä. Sitä suositellaan myös sovelluskehitykseen ja -testaukseen. (Amazon Web Services Inc. 2015b, viitattu 3.1.2015.) Erityisen sopiva käyttökohde on-demand -instanssille olisi mittapalvelimen suorittama prosessi. Yksi mittaus kartanpiirtoineen kestää yleensä vain alle tunnin, ja mittapalvelimen prosessit ovat erittäin muisti-intensiivisiä.

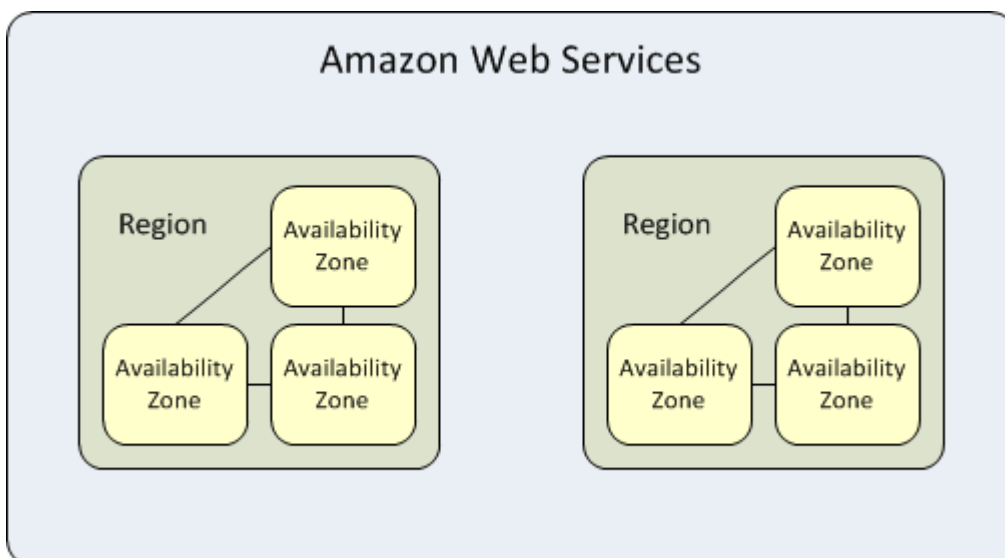
Reserved -instanssit taas ovat pitkäaikaisessa käytössä huokeampia, taattuja instansseja. Niitä suositellaan sovelluksille, joiden käyttö on ennustettavaa, ja jotka vaativat jatkuvasti varattua kapasiteettia. Lisäksi tarjotaan mahdollisuus suorittaa etukäteismaksuja, joiden johdosta palvelun hinta kokonaisuudessaan pienenee. (Amazon Web Services Inc. 2015b, viitattu 3.1.2015.)

Spot -instanssit ovat on-demand -instansseja huokeampi ratkaisu, jossa asiakkaat hankkivat laskentatehoa käyttötunteihin perustuvalla laskutuksella. Ostamistapa on hieman erilainen. Tässä mallissa asiakas valitsee korkeimman tuntihinnan, jonka hän on valmis maksamaan tietynlaisesta instanssista. Palvelu asettaa sitten valitulle instanssille hinnan jokaiselle saatavuusalueelle. Hinnat eri saatavuusalueilla vaihtelevat kulloisenkin alueen kuormituksen mukaan, mutta asiakas ei ikinä päädy maksamaan enempää kuin mitä on suurimmaksi hinnaksi asettanut. Suositeltavia käyttökohteita ovat mm. sovellukset, joiden aloitus- ja lopetusajat ovat joustavia, ja joiden vaatimat laskentaresurssit ovat saatavilla hyvin halvalla. Lisäksi asiakkaat, joilla on välitön tarve saada lisää suuria määriä laskentatehoa, voivat hyödyntää tätä. (Amazon Web Services Inc. 2015b, viitattu 3.1.2015.)

Elastic Cloud 2 on pelkkää laskentatehoa, joten sen lisäksi tarvitaan myös tallennustilaa, joka säilyttää datan instanssiriippumattomasti. Kun instanssi lopetetaan, kaikki data katoaa. Siksi on tärkeää hankkia myös pysyvää tallennustilaa, eli Elastic Block Storage (EBS) -tallennustilaa, jonne on tallennettava kaikki sellainen data, jonka tulee säilyä. Näihin kuuluvat esimerkiksi

tietokannat, asennetut ohjelmat ja järjestelmätiedostot. EBS –tilasta maksetaan käytössä olevien gigatavujen mukaan kuukausihinta, ja lisäksi I/O –toimintojen hinta. (Amazon Web Services Inc. 2015c, viitattu 3.1.2015.) Muita palveluun liitettäviä komponentteja ovat mm. alustat tietokannoille, kuormantasaajat, varmuuskopiopalvelut ja niin edelleen. AWS palvelukokonaisuus on erittäin laaja, ja sieltä voidaan valita ne osat joita kulloinkin tarvitaan. Lopullinen hinta tulee riippumaan tarvittavista osista, ja siitä että millä tavoin toiminnot halutaan ympäristön sisällä toteuttaa, joten kokonaiskustannusten laskeminen etukäteen onnistuu vasta kun tiedetään palveluun tarvittavat komponentit tarkalleen.

Amazon kutsuu toisistaan eristettyjä pilvensä osia nimellä region (suom. ”alue”). Alueet sijaitsevat tietyllä maantieteellisellä alueella, ja ovat täysin eristetty toisistaan. Jokainen alue pitää sisällään useita toisiinsa yhteydessä olevia sijainteja, joita kutsutaan nimellä Availability Zone (suom. ”saatavuusalue”). Alueet on eristetty toisistaan, jotta Amazon pystyy noudattamaan esimerkiksi EU-direktiivin mukaista henkilötietojen käsittelyperiaatetta palvelussaan. (Amazon Web Services Inc. 2015d, viitattu 5.1.2015.) Koska yksi toimeksiantajayrityksen palvelin sisältää asiakasrekisterin, ts. henkilörekisterin, joka sisältää asiakkaiden tietoja, tietosuojalain noudattaminen saadaan taattua valitsemalla ainoastaan EU tai ETA-alueilla sijaitsevia alueita palvelinten sijaintipaikaksi. Amazon ei automaattisesti hajauta tietoja eri alueille, ja yritys on sitoutunut Safe Harbor-järjestelmään. (Amazon Web Services Inc. 2015e, viitattu 5.1.2015.)



KUVIO 12. AWS aluejakomalli. (Amazon Web Services Inc. 2015d, viitattu 5.1.2015.)

Perustason käyttäjätuki on täysin ilmaista, yritystason tuki taas on matalimmillaan noin 100€. Hinta riippuu ostettavista palveluista, ja lopullisen hinnan arviointi on hankalaa ilman tarkkoja määreitä ostettaville palveluille. Näiden kahden erona on käytännössä se, että business-asiakkaille tarjotaan tukipyynnöissä tunnin vasteaika, ympärivuorokautinen puhelin- pikaviesti- ja sähköpostituki, sekä ohjelma, joka antaa asiakkaalle parannusehdotuksia ja vinkkejä joilla hän voi parantaa järjestelmän tehokkuutta, tietoturvallisuutta ja kustannustehokkuutta. (Amazon Web Services Inc. 2015f, viitattu 5.1.2015.)

## 9.2.2 Google Cloud Platform

Google Cloud Platform vaikuttaa ensisilmäykseltä yksinkertaisemmalta ja käyttäjäystävällisemmältä kuin Amazonin palvelu. Saatavuusalueet ovat samantyyppiset kuin Amazonilla, mikä tarjoaa mahdollisuuden määrittää millä maantieteellisillä alueilla dataa saa säilyttää. Palvelinpalveluiden hajauttaminen useammalle saatavuusalueelle palvelukatkosten minimoimiseksi on siis mahdollista myös Googlen palvelussa. Palveluntarjoaja on niin ikään sitoutunut Safe Harbor-järjestelmään, joka lupaa Suomen tietosuojalainsäädännön vaatimusten mukaisen tietojenkäsittelykäytännön. (Google 2015c, viitattu 6.1.2015.)

Laskutus toimii siten, että virtuaalikoneen käytöstä maksetaan minuuttipohjalta, kuitenkin aina vähintään 10 minuutin edestä. Googlen palvelut toimitetaan samalla periaatteella kuin Amazonin palvelu; asiakas valitsee laskentatehon lisäksi varastotilaa, ja muita valinnaisia palvelun osia, joista asiakas voi rakentaa itselleen sopivan kokonaisuuden. (Google 2015b, viitattu 6.1.2015.)

Laskentatehopalvelut, eli ostettavat palvelininstanssit löytyvät nimellä Google Computing Engine. Google myy instanssejaan vain yhdellä laskutusmallilla, eikä etukäteismaksujen tekeminen kuukausilaskun pienentämiseksi ole mahdollista. Sen sijaan Googllella on käytössä instanssin pitkäaikaista käyttöä palkitseva malli. Jos instanssia käyttää yli 25% kuukaudesta, saa laskuun käyttöajan mukaan nousevan alennuksen. Esimerkiksi 70% kuukaudesta käytössä ollut instanssi voi oikeuttaa jo 20% alennukseen kyseisen instanssin laskusta. (Google 2015h, viitattu 16.1.2015.)

Muunmuassa tietokannoille, sovelluksille ja pysyvälle varastotilalle on olemassa omat ratkaisut, jotka toimivat yhteen saumattomasti. EBS -tallennustilaa vastaava tallennustila on nimeltään

persistent disk eli pysyvä levy. Googlen pysyvän levytilan hintaan sisältyy myös I/O –toiminnot, toisin kuin AWS:n tapauksessa, mikä tekee hinnan arvioimisesta helpompaa. Myös Google laskuttaa levytilan käytössä olevien gigatavujen perusteella. Tukipalveluita on tarjolla useissa eri muodoissa. Amazonin business- luokan tasoa parhaiten vastaava tukipalvelu on gold –tason tuki, joka maksaa 400 dollaria kuukaudessa. (Google 2015d, viitattu 6.1.2015.)

### 9.2.3 Nebula Cloud 9.0

Nebula Cloud 9.0 on suomalainen pilvipalvelu. Kaikki palvelinkeskkukset sijaitsevat Suomessa, ja yritys takaakin että asiakkaan tiedot eivät liiku fyysisesti ulkomaille. (Nebula 2015b, viitattu 3.1.2015.) Pilvipalvelun suunnittelu ja käyttöönotto on hieman erilainen kokonaisuus, kuin kahdessa aiemmin mainitussa esimerkissä. Nebula nimittäin kertoo myyvänsä itsepalveluna rakennettavan pilvikonesalin sijasta palvelupakettia, jossa asiantuntijat suunnittelevat ja luovat asiakkaan kanssa pilviympäristön, ja ovat mukana sen tuessa ja kehityksessä koko elinkaaren ajan. (Nebula 2015c, viitattu 3.1.2015.) Yksityiskohtaisia hintatietoja pilven em. tavalla perustamisesta tai tukipalveluista ei ole, vaan ne on ilmeisesti selvitettävä ottamalla yhteyttä ja keskustelemalla yrityksen edustajan kanssa. Laskentatehon hinnoittelu poikkeaa vielä tässä vaiheessa tavallisimmasta mallista, sillä Nebula myy laskentatehoa vähintään kuukaudeksi kerrallaan, varausperusteisena. Käytännössä tietty määrä kapasiteettia varataan etukäteen, ja palvelimista maksetaan listahinta. Periaatteessa ratkaisu siis tekee kustannusten arvioinnista hieman helpompaa, ja pidemmän sopimusjakson tuloksena myös kokonaishinta pienenee. Yritys on kuitenkin tuomassa myös tuntipohjaisen hinnoittelumallin varauspohjaisen mallin rinnalle. (Nebula 2015d, viitattu 3.1.2015.)

Nebula Cloud 9.0 sisältää myös saatavuusalueet, joskin niitä on vain kaksi. Kuten kahden aiemmin esitellyn palveluntarjoajan kohdalla, alueet ovat toisistaan täysin itsenäisiä. Saatavuusalueilla ei tässä tapauksessa ole tietosuojalainsäädännön näkökulmasta merkitystä, koska kaikki palvelimet sijaitsevat Suomessa. Saatavuusalueiden ideana on lähinnä tarjota mahdollisimman korkea saatavuus asiakkaan kapasiteetille. 100% saatavuus luvataan siinä tapauksessa, että asiakkaan palvelut on rakennettu kahdelle saatavuusalueelle. (Nebula 2015b, viitattu 3.1.2015.)

## 9.2.4 Vertailu ja sopimusehdot

Kun vertaillaan kotimaista Nebulaa, ja suurempia yhdysvaltalaisia toimijoita, pienen kotimaisen yrityksen etuna voidaan nähdä mahdollisuus nopeampaan ja henkilökohtaisempaan asiakaspalveluun. Isot toimijat eivät kykene tarjoamaan välttämättä aivan yhtä henkilökohtaista palvelua asiakaskuntiansa suuruudesta johtuen. Nebula mainitseekin nimenomaan asiakaslähtöisyytensä suurimpana kilpailuetunaan (Nebula 2015e, viitattu 3.1.2015). Onkin selkeää, että Amazoniin ja Googleen verrattuna pienemmälle yritykselle on tärkeämpää pitää kaikenkokoiset asiakkaat tyytyväisinä. Nebula Cloud 9.0 koskien ei löytynyt palvelutasosopimusta, tai muita palvelun laatua koskevia sopimusehtoja. Nebulan ehtoihin ja ominaisuuksiin on siis melkoisen mahdoton perehtyä näistä lähtökohdista

Palvelutasosopimuksen (SLA) ehdot	AWS	Google
luvattu saatavuus/kk	99.95 %	99.95 %
Hyvitettävän palvelukatkoksen minimikesto	ei mainittu	5 min
Kahden saatavuusalueen ehto?	Kyllä	Kyllä
Täytyykö asiakkaan hakea hyvitystä itse?	Kyllä	Kyllä
Hyvityskäytäntö	"Service credit" *	Vähennetään laskusta
* = <i>Hyvitys asiakkaan käyttäjätilille, jonka voi käyttää valinnaisiin palveluihin</i>		

*TAULUKKO 1. AWS:n ja Googlen palvelutasosopimusten vertailu (Amazon Web Services Inc. 2015g, viitattu 6.1.2015; Google 2015e, viitattu 6.1.2015).*

Googlen ja Amazonin palvelutasosopimuksia on vertailtu taulukossa 1. Vertailu ei anna kokonaiskuvaa palvelutasosopimuksien sisällöstä. Kuten taulukosta 1 käy ilmi, kummatkin palveluntarjoajat lupaavat, että asiakkaan kapasiteetti on tavoitettavissa 99.95% ajasta kuukaudessa. Ensisijaisen tärkeää on tarkastaa, että miten kukin palveluntarjoaja on määritellyt ajan, jolloin kapasiteetti ei ole saatavilla, ja mikä sitten todella lasketaan hyvitetäväksi ajaksi. Googlen määritelmä instanssin palvelukatkokseksi kuuluu seuraavasti: " Loss of external connectivity and/or persistent disk access for all running Instances that are hosted across two or more zones combined with the inability to launch replacement Instances in any zone." Tällä siis tarkoitetaan sitä, että katkos palvelussa katsotaan hyvitetäväksi vain, jos useampi kuin yksi saatavuusalue on tavoittamattomissa siten, että yhtenkään instanssiin ei saada yhteyttä. Amazonin palvelutasosopimus määrittelee hyvityskelpoisen palvelukatkoksen hyvin samaan tapaan. Tämä siis tarkoittaa sitä, että hyvityskelpoisuusehdon täyttääkseen asiakkaan palvelun

täytyy sijaita kahdella toisestaan erillisellä alueella (region), mikä tosin on pilvipalveluun korkean saatavuuden järjestelmiä rakennettaessa oletusarvo. (Amazon Web Services Inc. 2015g, viitattu 6.1.2015; Google 2015e, viitattu 6.1.2015).

Taulukko 2 puolestaan esittää hyvityskelpoiseksi lasketun palvelukatkoksen hyvitysprosentit. Kummankin palveluntarjoajan tapauksessa asiakkaan täytyy toimittaa palvelimen historiatiedot katkoksen ajalta, jotta hyvityskelpoisuus voidaan todeta. Amazon ei ole määritellyt vähimmäisaikaa katkokselle, kun taas Googlen käytäntöjen mukaan palvelukatkoksen on täytynt kestää vähintään viisi minuuttia, jotta siitä voi hakea hyvitystä. Kummankaan palveluntarjoajan palvelutasosopimus ei sisällä kuin palvelun saatavuuteen ja hyvityskelpoisuuteen liittyvää informaatiota, mutta muut sitovat palvelun käyttöön liittyvät ehdot löytyvät käyttöehdoista.

<b>Hyvitykset palvelukatkokista</b>	<b>Amazon</b>	<b>Google</b>
palvelun saatavuus /kk 99.95% - 99.00%	10 %	10 %
palvelun saatavuus /kk 99.00% - 95.00%	30 %	25 %
palvelun saatavuus /kk > 95.00%	30 %	50 %

*TAULUKKO 2. AWS:n ja Googlen palvelutasosopimuksen määrittelemä hyvitys palvelukatkokista (Amazon Web Services Inc. 2015g, viitattu 6.1.2015; Google 2015e, viitattu 6.1.2015).*

Taulukossa 3 on peilattu käyttösopimuksen ja palvelutasosopimuksen sisältöä luvussa 6.4 esitelyihin suosituksiin siitä, mitä sopimuksissa tulisi olla eriteltynä. Molemmilla palveluntarjoajilla oli neljä erilaista sopimusta, joihin kaikkiin täytyy sitoutua palvelun käytön aloittamiseksi. Neljän sopimuksen kokonaisuudet koostuvat seuraavista dokumenteista: sallitut käytötavat, palvelutasosopimus, palvelukohtaiset ehdot ja käyttöehdot. Kummankin palveluntarjoajan tapauksessa sopimusehdot kuvailivat vaaditut asiat ymmärrettävästi. Kuten taulukko esittää, molempien käyttöehdot sisälsivät kohdat joissa määriteltiin asiakkaan omistajuus omaan dataansa, otettiin vastuu tietoturvasta siinä määrin kuin he itse kykenevät sen tekemään, sekä määriteltiin palvelun käytön katkaisua kuvaavat ehdot. Palvelutasosopimuksen sisältö käsiteltiin aikaisemmin, ja se määrittelikin vaaditulla tavalla parametrit palvelun tasolle, sekä korvaustoimenpiteet sen varalle, että luvattu taso ei täytykään.



Luvussa 7 esitellyt vaatimukset sopimusehtojen sisällölle	AWS:n sopimukset	Googlen sopimukset
Määrittellään parametrit ostettavien palveluiden tasolle, määrittellään toimenpiteet sen varalle, että luvattu palvelun taso ei täyty.	Kyllä. (ks. taulukot 1 ja 2)	Kyllä. (ks. taulukot 1 ja 2)
Sopimus varmistaa asiakkaan omistajuuden palveluntarjoajan järjestelmässä säilytettäviin tietoihin, ja määrittelee asiakkaan oikeuden saada ne takaisin.	Asiakkaan palveluun tuomat tiedot ovat asiakkaan. Sopimus antaa ymmärtää, että data on noudettava palvelusta ennen sopimuksen katkaisun voimaan astumista. Vaihtoehtoisesti voidaan maksaa lisäpalvelusta, jolloin noutoaikaa on pidempi.	Määrittelee, että asiakkaan palveluun tuomat tiedot ovat asiakkaan. Asiakkaan tietojen poistamiseksi palvelun käytön lopetuksen jälkeen käytetään kohtuullisia, asianmukaisia keinoja. Sopimus antaa ymmärtää, että data on noudettava itse pois palvelusta ennen sopimuksen päättymisajankohtaa.
Sopimus erittelee järjestelmän infrastruktuurin ja turvallisuusstandardit, joista palveluntarjoaja on vastuussa.	Kyllä Luvataan käyttää kohtuullisia ja sopivia keinoja asiakkaan datan suojaamiseksi luvattomalta pääsylvä tai katoamiselta. Sitoudutaan Safe Harbor – järjestelmään. Asiakas on itse vastuussa vain käyttämiensä palveluiden ja palveluihin tuomansa sisällön turvallisuudesta.	Luvataan käyttää sovellus- ja asiakasdatan käsittelyyn vähintään yhtä korkeita standardeja, kuin Google käyttää omaan vastaavalaisen datansa käsittelyyn. Turvallisuusehdoissa järjestelmän infrastruktuuri ja sen vikasietoisuus on eritelty seikkaperäisesti. Vähintäänkin ISO/IEC 20071 sertifiointi mukainen taso.
Sopimus määrittelee asiakkaan oikeudet ja asiakkaalle koituvat kustannukset koskien palvelun käytön jatkamista ja lopettamista.	Asiakas voi katkaista sopimuksen koska tahansa, ilman erillistä syytä. Palvelun käytön katkaisusta ei sopimustekstin perusteella koidu ylimääräisiä kustannuksia.	Asiakkaalla on oikeus katkaista sopimus koska tahansa, ilman erillistä syytä. Palvelun katkaisusta ei sopimustekstin perusteella koidu ylimääräisiä kustannuksia.

TAULUKKO 3. AWS:n ja Googlen käyttöehtojen ja palvelutasosopimuksen sisältö (Amazon Web Services Inc. 2015g, viitattu 6.1.2015; Google 2015e, viitattu 6.1.2015; Amazon Web Services Inc. 2015e, viitattu 6.1.2015; Google 2015e, viitattu 6.1.2015; Google 2015i, viitattu 20.1.2015.)

Palveluntarjoajien verkkosivustoilta löytyi myös tietoturvasertifikaatit, joilla luvattua korkeaa tietoturvan tasoa pyritään ilmentämään asiakkaalle. Sertifikaatit merkitsevät sitä, että ulkopuolinen taho on auditoinut palveluntarjoajan toimintaa ja järjestelmiä, ja yritys on läpäissyt tämän tarkastuksen hyväksytysti. Sertifikaatteja on useita erilaisia, ja kunkin sertifikaatin läpäisyyn vaadittaviin ehtoihin voi tutustua sertifikaatin myöntäjän verkkosivuilla tarkemmin. AWS ja Google ovat hankineet vaikuttavan listan kansainvälisiäkin tietoturva- ja laatusertifikaatteja. (Amazon Web Services Inc. 2015h, viitattu 6.1.2015; Google 2015f, viitattu 6.1.2015 ) Esimerkkinä mainittakoon kummaltakin löytyvä, tämän työn luvussa 7.4 mainittu tietoturvajärjestelmän sertifiointi ISO 27001. Kummankin palveluntarjoajan kanta turvallisuusvastuusta on, että palveluntarjoaja vastaa palveluiden alla piilevästä infrastruktuurista, ja asiakkaan vastuulla on suojata kaikki mitä hän palveluihin tuo, tai mitä hän siellä käyttää.

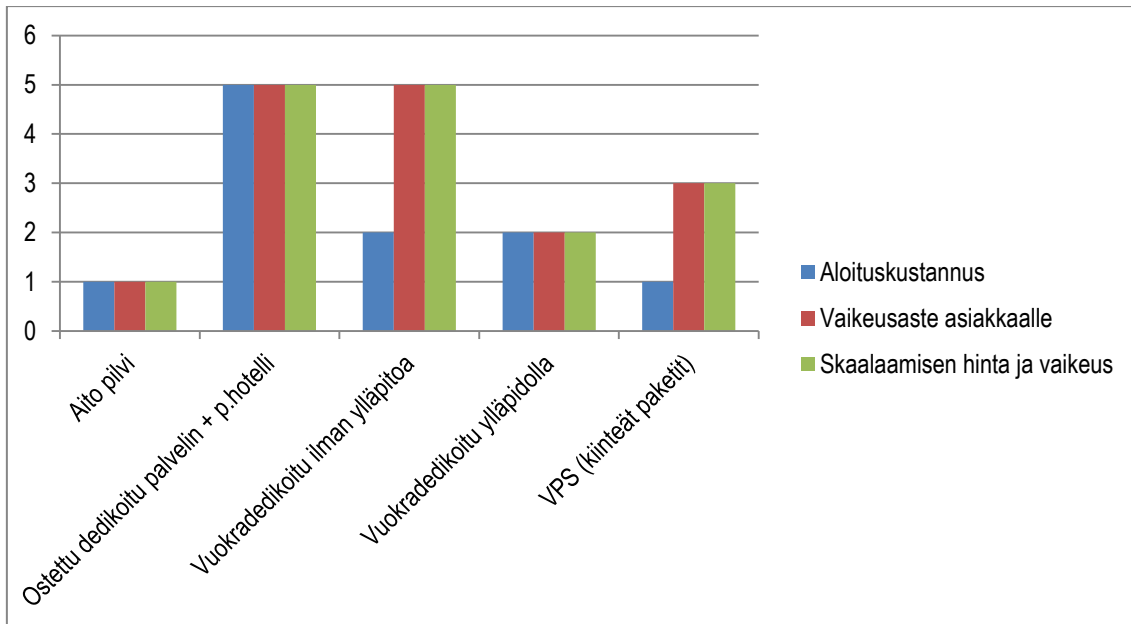
Palvelut ovat keskenään hyvin samankaltaisia monella osa-alueella, mutta erojakin löytyy. AWS on ollut markkinoilla Googlen palvelua huomattavasti pidempään, joten ei ole yllättävää, että AWS:n palveluvalikoima on laajempi. AWS sisältää esimerkiksi automaattisen skaalauspalvelun. Automaattiselle skaalaustoiminnolle voidaan siis määritellä tietty raja-arvo; esimerkiksi tietty prosessorin käyttöaste. Kun määritelty raja-arvo ylitetään, palvelu käynnistää automaattisesti lisää (ennalta määritellyn kaltaisia) palvelininstansseja, jotta kasvaneeseen laskentatehon tarpeeseen voidaan vastata. Laskentatehon tarpeen laskiessa automaattinen skaalaustoiminto voidaan vastaavasti asettaa myös poistamaan instansseja. (Amazon Web Services Inc. 2015i, viitattu 15.1.2015.) Googlella on samanlainen palvelu, mutta se on vasta beeta-vaiheessa, ja Google onkin ilmoittanut että palvelutasosopimus ei sen johdosta vielä kata kyseistä palvelua (Google 2015g, viitattu 15.1.2015). AWS:llä on myös hieman enemmän eri instanssityyppejä, mutta molemmilta löytyy niitä silti varsin kattava valikoima erilaisilla optimointivaihtoehdoilla.

Huoltokatkojen suhteen AWS kuitenkin häviää Googlelle. AWS EC2 instanssit vaativat huoltojen ja päivitysten takia harvakseltaan lyhytkestoisia uudelleenkäynnistyksiä. Nämä uudelleenkäynnistykset ovat käyttäjälle ennalta tiedossa, ja hän voi joissakin tapauksissa valita itse uudelleenkäynnistymisen ajankohdan. (Amazon Web Services Inc. 2015j, viitattu 15.1.2015.) Googlen instanssit sen sijaan eivät tarvitse huoltokatkoja. Instanssit siirretään automaattisesti huollettavasta järjestelmästä toiselle järjestelmälle saman saatavuusalueen sisällä siten, ettei instanssin toiminta katkea välissä. (Google 2015c, viitattu 6.1.2015)

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuten aikaisemmin manittua, palveluntarjoajat tarjoavat sivustoillaan hyvin vaihtelevasti tietoa tuotteistaan. Nähdäkseni paras tapa edetä palvelinalustan hankinnassa, on pyytää useilta palveluntarjoajilta tarjoukset. Sopivin ratkaisu saadaan toteutettua tekemällä luotettavan palveluntarjoajan kanssa yhdessä suunnitelma, jonka perusteella palvelinalusta toteutetaan. Huomioitava toki on, että kaikki palveluntarjoajat eivät tarjoa nk. asiantuntija-apua suunnitteluun. Kynnyskysymyksenä siis onkin, että kuinka paljon halutaan panostaa ympäristön suunnitteluun ja ylläpitoon, vai maksetaanko ulkopuoliselle kyseisestä työstä. Tämä pätee niin pelkän palvelinhotellipaikan, kuin kokonaisen palvelininfrastruktuurin vuokraamisenkin kohdalla.

Ohessa on tietoperustaan ja siitä johdettuihin pohdintoihin pohjautuva kuvio 13, joka esittää kunkin ratkaisumallin aloituskustannusten, vaikeusasteen, ja skaalattavuuden suhteessa muihin vaihtoehtoihin. Ostettu dedikoitu palvelin palvelinhotellissa osoittautui kaikista kalliimmaksi, työläimmäksi ja hankalimmiksi skaalattavaksi vaihtoehdoksi. Vuokrattu dedikoitu palvelin ilman ylläpitopalveluita taas tulee hieman ostettua palvelinta edullisemmaksi, vaikkakin vastuu fyysisen laitteiston ylläpidosta ei ole tässä ratkaisussa enää ongelma. Skaalaamisen ongelmallisuus vaihtelee palveluntarjoajittain. Vuokrattu dedikoitu palvelin ylläpidolla olisi verrattain yksinkertainen vaihtoehto, sillä ongelmana kaikissa edellä käsitellyissä ratkaisuissa oli se, että kolmen erillisen palvelimen vuokraaminen tai ostaminen olisi todella ylihintaista tämänhetkiseen tarpeeseen nähden, joten ainoa kustannustehokas ratkaisu olisi kolmen palvelimen virtualisointi yhdelle alustalle. Tämä toisi mukanaan monimutkaisen lisäkerroksen ylläpidotyöhön, eikä edellä mainitun virtualisointiratkaisun mahdollisuudesta löytynyt ylläpidettyjenkään dedikoitujen palvelinten tiimoilta lainkaan uskottavaa tietoa. Palvelinten käyttöasteiden ollessa nykyisellään hyvin matalia, ja mittapalvelimen tapauksessa erittäin vaihteleva, maksetaan silti jatkuvasti käyttöpiikkejä varten varattavasta kapasiteetista. Yrityksellä ei myöskään ole yhtäkään perustetta sille, miksi se välttämättä tarvitsisi dedikoidun palvelimen, koska tasokkaassa laaS –ympäristössä saavutetaan vähintäänkin yhtä korkea tietoturvan taso.



KUVIO 13. Tietoperustaan pohjautuvat päätelmät eri alustojen ominaisuuksista.

Vaikka kullekin alustavaihtoehdolle on paikkansa, ja kaikkien edellä mainittujen ratkaisujen käyttäminen periaatteessa mahdollista, on valittava lähtötietoihin pohjautuen kehityskelpoisin vaihtoehto. Päädyimme toimeksiantajayrityksen kanssa laaS-pilvipalveluun, koska se osoittautui helpoimmaksi käyttää, kustannustehokkaimmaksi, riittävän tietoturvalliseksi, sekä skaalautuvuusominaisuuksiltaan erinomaisen sopivaksi. laaS-ympäristö tarjoaa myös perinteisiä vuokrattuja virtuaalipalvelimia enemmän joustavuutta, ja ympäristö on rakennettavissa juuri sellaiseksi kuin halutaan; onhan kyseessä palvelu, joka on tarkoitettu nimenomaan oman palvelininfrastruktuuriin luomiseen.

Kuten työssä aiemmin on kuvailtu, laaS-ympäristö on käytännössä virtuaalinen konesali, jonka hallinta tapahtuu tyypillisesti helppokäyttöisen API-ohjelman avulla. Tämä tekisi siitä ideaalin vaihtoehdon yritykselle, jonka kasvua on hankala ennustaa, ja joka haluaa panostaa mahdollisimman vähän resursseja palvelininfrastruktuuriin hallintaan. Erityisen sopivan alustan siitä tekee sen kyky skaalautua nopeasti tarpeen mukaan. Esimerkiksi mittapalvelinta käytetään ainoastaan mittauksen ja kartanpiirron ajan, joten se on malliesimerkki sellaisesta toiminnosta, jonka siirtäminen tarpeen mukaan käynnistettävälle virtuaalipalvelimelle on kannattavaa. Mittaus ja kuuluvuuskartan piirtäminen kestää yhteensä vain noin 20 minuuttia kerrallaan, eikä mittapalvelinta tarvita kuin edellä mainitun toiminnon ajan. Mittapalvelin vaatii kaikista palvelimista

eniten laskentatehoa, joten laaS:ille ominainen tunti- tai minuuttipohjainen laskutusmalli olisi sen tapauksessa hyvin kustannustehokas.

Ratkaisun käyttöönotto ei vaadi aloittaessa tehtäviä sijoituksia, tai yleensä edes sitoutumista palveluun, joten se on erittäin matalan kynnyksen vaihtoehto. laaS-palvelun virtuaalikoneita voidaan Näiden etujen kääntöpuolena voidaan tosin nähdä se, että pitkän aikavälin kustannusten arvointi voi olla hankalaa, mikäli palvelinten käyttöasteet vaihtelevat paljon ja ennalta-arvaamattomasti. On myös huomioitava, että käytettyjen resurssien seuraaminen on tärkeää. Koska maksetaan siitä mitä käytetään, täytyy tietysti pitää silmällä, että mitä sitten todella käytetään. Seurannan helpottamiseksi on kuitenkin olemassa palveluihin sisäänrakennettuja monitorointityökaluja sekä keinoja rajoittaa resurssien käyttöä halutulle asteelle. Vaikka laaS laskutetaan käytön mukaan, on huomioitava, että laskutus katkeaa vasta sitten kun virtuaalikone on pysäytetty, eli käytännössä sammutettu.

Kun pohditaan pilvipalveluntarjoajan valintaa, on aiheellista pohtia muutamia asioita. Vaikka suuret yhdysvaltalaiset Google ja Amazon ovat ratkaisseet Safe Harbor-järjestelmään sitoutumisella ja pilven aluerajauksilla ongelmat Suomen lainsäädännön näkökulmasta, suomalaisessa toimittajassa on myös etunsa. Suomalaiset toimittajat ovat yleisesti ottaen paljon pienempiä, jolloin voidaan odottaa henkilökohtaisempaa palvelua. Lisäksi mahdollisuus asiointiin kotikielellä voi osoittautua eduksi. Toisaalta isommilla palveluntuottajilla on etunaan taloudellinen vakaus, eli niiden konkurssiin ajautuminen on erittäin epätodennäköistä, jolloin voidaan olla suhteellisen varmoja että järjestelmiä ei jouduta muuttamaan lyhyellä varoitusajalla. Näihin asioihin ei ole olemassa yksiselitteistä vastausta, vaan asiakkaaksi aikovan on päätettävä, mitä asioita pitää tärkeimpinä.

Nähdäkseni yrityksellä ei ole vielä kiirettä muuttaa palvelinpalvelujaan pois nykyiseltä palveluntarjoajalta, koska hinnat ovat erittäin matalat, ja ratkaisu on todettu käytännössä toimivaksi. Aika siis kannattaakin käyttää hyödyksi, ja aloittaa uuteen alustaan perehtyminen hyvissä ajoin, vaikkapa juuri ilmaisten kokeilujaksojen avulla. Tällä varmistuttaisiin siitä, että järjestelmien muuttaminen uuteen ympäristöön tapahtuu mahdollisimman sujuvasti ja yllättävät komplikaatiot saadaan minimoitua.

## 11 POHDINTA

Tavoitteena oli alusta lähtien hankkia tietoa eri palvelinalustavaihtoehdoista, ja esitellä niiden eri puolet toimeksiantajalle. Hankitun tiedon avulla oli myös tarkoitus selvittää sopivin alustatyyppejä yrityksen palvelimille. Työn toinen osa koski valittua sopivinta alustatyyppejä myyvien palveluntarjoajien vertailua. Vaikkakin tehtävän tavoite oli erittäin selkeä, tuotti työn rajaaminen hieman hankaluuksia. Aihepiiristä voisi kirjoittaa vaikka kuinka paljon, ja informaatiotulvan hallinta osoittautui haastavaksi. Pysin kuitenkin työn toteutuksessa käytännönläheisyyteen, ja keskityin asioihin, jotka vaikuttavat palvelinalustan valintaan. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli työn tuloksiin tyytyväinen, ja voi nyt käyttää opinnäytetyötä tukena uuden alustansa valinnassa.

Työtä tehdessäni opin todella paljon moderneista palvelinalustatyypeistä, ja uskon että oppimani asiat ovat työelämässä merkityksellisiä. Kuten työssäkin osoitettiin, kaikkien ei ole järkevää pitää omaa palvelinsalia, joten ulkoistettujenkin vaihtoehtojen tuntemus on tarpeen. Tämä ei päde enää ainoastaan pienten organisaatioiden kohdalla, sillä useat suuretkin toimijat ovat siirtäneet ainakin osan toiminnoistaan ulkoistetuille alustoille. Kehityksen suunta osoittaa vahvasti ulkoistuksen jatkuvaan kasvuun, ja teknologiat kehittyvät jatkuvasti. Ulkoistuksen vahvuutena on sen kustannusten lasku käyttäjämäärien lisääntyessä, niin palveluntarjoajan kuin asiakkaan näkökulmasta. Palvelinalustojen erojen lisäksi opin paljon palvelimiin liittyviä asioita tietoturvallisuuden, lain ja kustannusten näkökulmista, sekä sain työkaluja palveluntarjoajien vertailuun.

Koska palveluntarjoajia on niin valtavasti, ei kaikkien vertailuun ollut aikaa, sillä sopimusten yksityiskohtainen läpikäyminen on erittäin aikaavievää. Opinnäytetyölle varatun ajan puitteissa ei kovin laajaa operaatiota ole mahdollista toteuttaa. Työtä voidaan kuitenkin käyttää ohjenuorana myös muiden palveluntarjoajien arviointiin. Kaiken kaikkiaan olen työhöni tyytyväinen, mutta totta on, että pilvipalveluntarjoajan lopullisesta valinnasta saisi kirjoitettua jo toisen kokonaisen opinnäytetyön.

## 12 LÄHTEET

Amazon Web services Inc. 2015a. AWS Free Tier. Viitattu 3.1.2015,  
<http://aws.amazon.com/free/>

Amazon Web services Inc. 2015b. Purchasing Options. Viitattu 3.1.2015,  
<http://aws.amazon.com/ec2/purchasing-options/>

Amazon Web services Inc. 2015c. What Is Amazon EC2? Viitattu 3.1.2015,  
<http://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/concepts.html>

Amazon Web services Inc. 2015d. Regions and Availability Zones. Viitattu 5.1.2015,  
<http://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/using-regions-availability-zones.html>

Amazon Web Services Inc. 2015e. AWS Customer Agreement. Viitattu 5.1.2015,  
<http://aws.amazon.com/agreement/>

Amazon Web Services Inc. 2015f. AWS Support. Viitattu 5.1.2015,  
<https://aws.amazon.com/premiumsupport/>

Amazon Web Services Inc. 2015g. Amazon EC2 Service Level Agreement. Viitattu 6.1.2015,  
<http://aws.amazon.com/ec2/sla/>

Amazon Web Services Inc. 2015h. AWS Compliance. Viitattu 6.1.2015,  
<http://aws.amazon.com/compliance/>

Amazon Web Services Inc. 2015i. Dynamic Scaling. Viitattu 15.1.2015,  
<http://docs.aws.amazon.com/AutoScaling/latest/DeveloperGuide/as-scale-based-on-demand.html>

Amazon Web Services Inc. 2015j. Amazon EC2 Maintenance Help Page. Viitattu 15.1.2015,  
<http://aws.amazon.com/maintenance-help/>

Angeles, S. 2014. Virtualization vs. Cloud Computing: What's the Difference? Viitattu 15.10.2014  
<http://www.businessnewsdaily.com/5791-virtualization-vs-cloud-computing.html>

Beal, V. 2014. Dedicated Server. Viitattu 10.11.2014,  
[http://www.webopedia.com/TERM/D/dedicated\\_server.html](http://www.webopedia.com/TERM/D/dedicated_server.html)

BlackSun Inc. 2014. Viitattu 24.11.2014, <http://dedicatedservers.ca/blog/67-dedicated-vs-vps>

Butler, B. 2012. Gartner: 5 things a private cloud is NOT. Viitattu 29.11.2014,  
<http://www.networkworld.com/article/2159885/cloud-computing/gartner--5-things-a-private-cloud-is-not.html>

Chou, Y. 2011. I can see clearly now. Concept of cloud computing. Viitattu 20.11.2011,  
<http://blogs.technet.com/b/yungchou/archive/2011/04/11/i-can-see-clearly-now-concept-of-cloud-computing.aspx>

Cisco 2014, RAID overview. Viitattu 30.11.2014,  
[http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified\\_computing/ucs/c/sw/raid/configuration/guide/RAID\\_GUIDE/IntroToRAID.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/c/sw/raid/configuration/guide/RAID_GUIDE/IntroToRAID.pdf)

Cybercon 2014. Dedicated UNIX blade server standard. Viitattu 24.11.2014,  
<http://www.cybercon.com/dedicated-unix-server-hosting.html>

Dell Inc 2014a. What Is a Server? Viitattu 23.10.2014,  
[http://www.dell.com/downloads/us/bsd/What\\_Is\\_a\\_Server.pdf](http://www.dell.com/downloads/us/bsd/What_Is_a_Server.pdf)

Dell Inc. 2014b Tower, rack or blade – which type of server will best serve my purpose? Viitattu 23.10.2014, <http://www.dell.com/learn/uk/en/ukbsdt1/sb360/best-server-uk>

Dell Inc. 2014c. Server Hardware Configuration. Viitattu 24.9.2014,  
<http://www.dell.com/learn/us/en/04/sb360/server-hardware-configuration?c=us&l=en&s=bsd&cs=04>



Desmond, M. 2004, What you should know about firewalls. Viitattu 25.11.2014, <http://www.pcworld.com/article/117557/article.html>

Die.net 2014. sar(1) – Linux man page. Viitattu 10.11.2014, <http://linux.die.net/man/1/sar>

Digital Ocean 2014. What is Digital Ocean 1-4 Core Processor configuration?. Viitattu 15.12.2014, <https://www.digitalocean.com/community/questions/what-is-digital-ocean-1-4-core-processor-configuration>

Dominion 2014. Frequently asked questions. Viitattu 9.9.2014, <https://www.dom.com/products/product-catalog/ups/frequently-asked-questions.jsp>

EPTE Oy 2010. Konesalipalvelu. Viitattu 9.9.2014, <http://epte.fi/konesalipalvelu/>

Feinman, T., Goldman, D., Wong, R., Cooper, N. 2014. Security Basics: A Whitepaper. Viitattu 15.12.2014, <http://networkdls.com/Articles/security101.pdf>

Gens, F. 2008. Defining “Cloud Services” and “Cloud Computing”. Viitattu 15.10.2014, <http://blogs.idc.com/ie/?p=190>

GoDaddy Operating Company 2014. What is root access? Viitattu 17.11.2014, <https://support.godaddy.com/help/article/240/what-is-root-access?locale=fi-FI&country=fi>

Google 2015a. Try Google Cloud Platform For Free. Viitattu 3.1.2015, <https://console.developers.google.com/freetrial>

Google 2015b. Why Google Cloud Platform. Viitattu 6.1.2015, <https://cloud.google.com/why-google/>

Google 2015c. Regions & Zones. Viitattu 6.1.2015, <https://cloud.google.com/compute/docs/zones>

Google 2015d. Support. Viitattu 6.1.2015, <https://cloud.google.com/support/>

Google 2015e. Google Compute Service Level Agreement (SLA). Viitattu 6.1.2015, <https://cloud.google.com/compute/sla>

Google 2015f. Compute Engine. Viitattu 6.1.2015, <https://cloud.google.com/compute/>

Google 2015g, Compute engine autoscaler. Viitattu 15.1.2015 <https://cloud.google.com/compute/docs/autoscaler/>

Google 2015h, Pricing. Viitattu 16.1.2015, <https://cloud.google.com/compute/pricing#general>

Google 2015i. viitattu 20.1.2015, <https://cloud.google.com/terms/data-processing-terms>

Haddon, T. 2005. Do you need a virtual private server? Viitattu 11.11.2014, <http://www.sitepoint.com/virtual-private-server/>

Henkilötietolaki 22.4.1999/523.

Hetzner Online AG 2014. Dedicated Root Server PX60. Viitattu 25.11.2014 [http://www.hetzner.de/en/hosting/produkte\\_rootserver/px60](http://www.hetzner.de/en/hosting/produkte_rootserver/px60)

Hewlett-Packard 2013. Which high-performance server form factor is right for me? Viitattu 23.10.2014, <http://www.hp.com/sbso/buyguides/pg-servers-form-factors.html>

Hewlett-Packard 2014. Blade Server Basics. Viitattu 25.9.2014, <http://www8.hp.com/us/en/products/servers/bladesystem/blade-server-basics.html>

Hoffman, J. 2014. Virtualization: Sustainability and Savings Go Hand-in-Hand with Virtualization. Viitattu 23.10.2014, <http://technet.microsoft.com/en-us/magazine/gg602472.aspx>

HostJury 2014. 100% Uptime SLA? Wow That's Incredible. Viitattu 11.11.2014, <http://www.hostjury.com/blog/view/632/100-uptime-sla-wow-that-s-incredible>

Hurwitz, J., Bloor, R., Kaufman, M., Halper, F. 2014. How to choose the right cloud computing service provider. Viitattu 30.10.2014, <http://www.dummies.com/how-to/content/how-to-choose-the-right-cloud-computing-service-pr.html>

Inspecta 2013. Tietoturvajärjestelmän sertifiointi (ISO/IEC 27001). Viitattu 30.10.2014, <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/Jarjestelmasertifiointi/Tietoturvajarjestelman-sertifiointi-ISO-IEC-27001/>

Integrated publishing, Inc. Dedicated Servers. Viitattu 23.10.2014, [http://informationtechniciantraining.tpub.com/14224/css/14224\\_42.htm](http://informationtechniciantraining.tpub.com/14224/css/14224_42.htm)

International Organization for Standardization 2014. ISO/IEC 27001 - Information security management. Viitattu 30.10.2014, <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso27001.htm>

Interoute 2014a. What Is Cloud Computing? Viitattu 14.10.2014, <http://www.interoute.com/cloud-article/what-cloud-computing>

Interoute 2014b. What Is IaaS? Viitattu 14.10.2014, <http://www.interoute.com/what-iaas>

Interoute 2014c. What Is PaaS? Viitattu 14.10.2014, <http://www.interoute.com/what-paas>

Interoute 2014d. What is a Private Cloud? Viitattu 14.10.2014, <http://www.interoute.com/cloud-article/what-private-cloud>

Interoute 2014e. What Is SaaS? Viitattu 15.10.2014, <http://www.interoute.com/what-saas>

Interoute 2014f. What Is a Public Cloud? Viitattu 27.10.2014, <http://www.interoute.com/cloud-article/what-public-cloud>

Interoute 2014g. What Is a Hybrid Cloud? Viitattu 11.3.2014, <http://www.interoute.com/cloud-article/what-hybrid-cloud>

Jacobi, J. 2006. How It Works: Hard Drives. Viitattu 25.10.2014, <http://www.pcworld.com/article/18693/article.html>

John Wiley & Sons, Inc. 2015. Using Network interface cards (NICs). Viitattu 26.1.2015 <http://www.dummies.com/how-to/content/using-network-interface-cards-nics.html>

Kay, R. 2004. Form Factor. Viitattu 23.10.2014, [http://www.computerworld.com/s/article/94902/Form\\_Factor?taxonomyId=12&pageNumber=1](http://www.computerworld.com/s/article/94902/Form_Factor?taxonomyId=12&pageNumber=1)

Kuuloliitto. Induktiosilmukka. Viitattu 23.10.2014, <http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/apuvalineet/induktiosilmukka/>

Liquid Web Inc. 2014. Managed dedicated server solutions. Viitattu 24.11.2014, <https://www.liquidweb.com/dedicated/>

Lowe, S. 2011. The pros and cons of tower, rack, and blade servers. Viitattu 24.10.2014, <http://www.techrepublic.com/blog/the-enterprise-cloud/the-pros-and-cons-of-tower-rack-and-blade-servers/>

Lynn, S. 2014. RAID Levels Explained. Viitattu 30.11.2014, <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2370235,00.asp>

M3Server 2014. What Is Bare Metal Server?. Viitattu 23.10.2014, <http://www.m3server.com/dedicated-servers/bare-metal-server.html>

Matteson, S. 2013. 10 things you shouldn't virtualize. Viitattu 10.11.2014, <http://www.techrepublic.com/blog/10-things/10-things-you-shouldnt-virtualize/>

McTigue, J. 2010. The Do's And Don'ts Of Virtualizing Database Servers. Viitattu 13.9.2014, <http://www.networkcomputing.com/data-centers/the-dos-and-donts-of-virtualizing-database-servers/a/d-id/1230996?>

Microsoft 2003. What is a server cluster? Viitattu 24.11.2014, [http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc785197\(v=ws.10\).aspx#w2k3tr\\_scl\\_what\\_tweo](http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc785197(v=ws.10).aspx#w2k3tr_scl_what_tweo)

Microsoft 2014. What is virtual memory? Viitattu 24.10.2014, <http://windows.microsoft.com/en-us/windows/what-is-virtual-memory#1TC=windows-7>

Midwest Data Recovery Inc. 2014. Firewalls Explained: A Technical Overview. Viitattu 30.11.2014, <http://www.midwestdatarecovery.com/firewalls-explained.html>

Miller, M. 2010. Virtualization: Top 10 Virtualization Best Practices. Viitattu 10.11.2014, <http://technet.microsoft.com/en-us/magazine/gg131921.aspx>

Multim Oy 2014. Palvelinhotelli. Viitattu 27.11.2014, <https://www.shellit.org/palvelimet/palvelinhotelli>

Murphy, M. 2014. SSD, HDD, SSHD: What's the difference? Viitattu 24.10.2014, <http://drive-buying-guide.reviews.r-tt.com/>

Nebula 2015a. Nebula Pilvi 9.0. Viitattu 3.1.2015, <http://www.nebula.fi/fi/palvelut/infrastrukturi/nebula-pilvi-90>

Nebula 2015b. Usein kysytyt kysymykset. Viitattu 3.1.2015, <http://www.nebulacloud.fi/liiketoiminnalle/faq>

Nebula 2015c. Hallinta ja valvontapalvelut. Viitattu 3.1.2015, <http://www.nebulacloud.fi/it-asiantuntijoille/hallinta-ja-valvontapalvelut>

Nebula 2015d. Hinnasto. Viitattu 3.1.2015, <http://www.nebulacloud.fi/hinnasto>

Nebula 2015e. Nebulan tukipalvelut. Viitattu 3.1.2015, <http://www.nebula.fi/fi/tuki>

Nevar, T. 2014a. Measure and Troubleshoot Linux Memory Resource Usage. Viitattu 28.10.2014, <https://www.lisenet.com/2014/measure-and-troubleshoot-linux-memory-resource-usage/>

Nevar, T. 2014b. Measure and Troubleshoot Linux CPU Resource Usage. Viitattu 28.10.2014, <https://www.lisenet.com/2014/measure-and-troubleshoot-linux-cpu-resource-usage/>

Ngo, D. 2013. Digital storage basics, part 4: SSD explained. Viitattu 24.10.2014, <http://www.cnet.com/how-to/digital-storage-basics-part-4-ssd-explained/>

Parson, A. 2014. The Difference Between a Hardware Firewall and a Software Firewall. Viitattu 25.11.2014, <http://smallbusiness.chron.com/difference-between-hardware-firewall-software-firewall-65471.html>

Prasad, D. 2014. Comparison Type 1 vs Type 2 Hypervisor. Viitattu 23.10.2014, <http://www.golinuxhub.com/2014/07/comparison-type-1-vs-type-2-hypervisor.html>

Qlu Oy 2014. Kartoituspalvelu. Viitattu 5.9.2014, <http://www.qlu.fi/fi/palvelut/kartoituspalvelu>

Regents of the University of California 2009. Server room best practices. Viitattu 15.12.2014, <http://vpiet.ucdavis.edu/bestpractices.cfm>

Ren, K., Wang, C., Wang, Q. 2012. Security Challenges for the Public Cloud. Viitattu 3.11.2014, <http://csis.pace.edu/~marchese/SE765/Paper/security3.pdf>

Rodriguez, K. 2014. Dedicated Hosting Explained. Viitattu 25.11.2014, <http://www.hostingreviews.com/dedicated-hosting/>

Seagate Technology LLC 2014. Everything You Wanted to Know About Hard Drives Viitattu 24.10.2014, <http://www.seagate.com/do-more/everything-you-wanted-to-know-about-hard-drives-master-dm/>

SearchDataCenter 2014. Understanding server form factors: A guide to rackmount and blade servers. Viitattu 23.10.2014, <http://searchdatacenter.techtarget.com/guides/Understanding-server-form-factors-A-guide-to-rackmount-and-blade-servers>

Serverschool 2011, Managed Dedicated Servers. Viitattu 16.11.2014, <http://www.serverschool.com/managed-dedicated-servers/>

Shandrow, K. 2013. 10 Questions to Ask When Choosing a Cloud Provider. Viitattu 30.10.2014, <http://www.entrepreneur.com/article/226845>

Sigmatic Oy 2014a. Vuokrapalvelimet. Viitattu 25.11.2014, <http://www.sigmatic.fi/palvelut/vuokrapalvelimet/>

Sigmatic Oy 2014b. Palvelinhotelli. Viitattu 26.11.2014, <http://www.sigmatic.fi/palvelut/palvelinhotelli/>

Smoothwall 2014, About. Viitattu 27.11.2014, <http://www.smoothwall.org/about/>

SRJ Host 2014a. Palveluiden yleiset sopimusehdot. Viitattu 10.11.2014, [http://sjrhost.fi/pdf/SJR\\_Host\\_Sopimusehdot.pdf](http://sjrhost.fi/pdf/SJR_Host_Sopimusehdot.pdf)

SRJ Host 2014b. Services. Viitattu 15.11.2014, <http://sjrhost.fi/en/services/rcom>

Suomen Datasafe Oy 2014. Ylläpitopalvelu. Viitattu 26.11.2014, <http://www.datasafe.fi/lisapalvelut/yllapitopalvelu/>

Systec 2015. Palvelinhotellit. Viitattu 11.2.2015, <http://systec.fi/palvelut/palvelinhotellit>

Tampere University of Technology 2002. Moniajo. Viitattu 24.10.2014, <http://www.cs.tut.fi/etaopetus/titepk/luku15/moniajo.html>

The Apache Software Foundation 2014. Apache Cloudstack: About. Viitattu 29.11.2014, <http://cloudstack.apache.org/about.html>

The Computer Language Inc. 2014. Definition of: colocation. Viitattu 11.11.2014, <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/39977/colocation>

The Regents of the University of California, Davis Campus. 2013. Ten questions you should ask before using an online backup service. Viitattu 15.12.2014, <http://security.ucdavis.edu/backupquestions.html>

The Server Rack FAQ 2014a. Define: EIA-310. Viitattu 20.8.2014 <http://www.server-racks.com/eia-310.html>

The Server Rack FAQ 2014b. Server Racks. Viitattu 20.8.2014 <http://www.server-racks.com/server-racks.html>

Tholeti, B. 2011. Hypervisors, virtualization, and the cloud: Learn about hypervisors, system virtualization, and how it works in a cloud environment. Viitattu 23.10.2014, <http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-hypervisorcompare/>

Tietosuojavaltuutetun toimisto 2013. Henkilötietojen siirto ulkomaille henkilötietolain mukaan. Viitattu 7.12.2014, [http://www.tietosuoja.fi/material/attachments/tietosuojavaltuutettu/tietosuojavaltuutetuntoimisto/op-paat/5JpRhVW1x/HENKILOTIETOJEN\\_SIIIRTO\\_ULKOMAILLE\\_HENKILOTIETOLAIN\\_MUKAAN.\\_10.6.2014pdf.pdf](http://www.tietosuoja.fi/material/attachments/tietosuojavaltuutettu/tietosuojavaltuutetuntoimisto/op-paat/5JpRhVW1x/HENKILOTIETOJEN_SIIIRTO_ULKOMAILLE_HENKILOTIETOLAIN_MUKAAN._10.6.2014pdf.pdf)

Tietotekniikkaopas manuaali.fi 2014. Keskusmuisti. Viitattu 24.10.2014, <http://manuaali.fi/tietokone/tietokoneen-osat/keskusmuisti/>

Torres, G. 2008a. Everything You Need to Know About Power Supplies. Viitattu 18.12.2014, <http://www.hardwaresecrets.com/article/Everything-You-Need-to-Know-About-Power-Supplies/181>

Torres, G. 2008b. Everything You Need to Know About Power Supplies. Viitattu 18.12.2014, <http://www.hardwaresecrets.com/article/Everything-You-Need-to-Know-About-Power-Supplies/181/8>

Trappler, T. 2010. If It's in the Cloud, Get It on Paper: Cloud Computing Contract Issues. Viitattu 30.10.2014, <http://www.educause.edu/ero/article/if-its-cloud-get-it-paper-cloud-computing-contract-issues>

Weimer, C. 2013. The Pros and Cons of Public and Private Clouds. Viitattu 3.11.2014, <http://bigideasblog.infusionsoft.com/public-and-private-cloud/>



WebmasterFormat 2014. How Much RAM Does Your Dedicated Server Need? Viitattu 10.11.2014, <http://webmasterformat.com/blog/how-much-ram>

Welcomnet 2014. Palvelinhotelli. Viitattu 26.11.2014, <http://www.welcomnet.fi/palvelut/palvelinhotelli.html>

Wikimedia Foundation Inc. 2014. RAID. viitattu 30.11.2014, <http://de.wikipedia.org/wiki/RAID>

Williams, M. 2011. SSD vs HDD: which is best? Viitattu 25.10.2014, <http://www.pcworld.com/article/18693/article.html>

Woima 2014. Palvelinhotelli. Viitattu 27.11.2014, <http://www.woima.fi/palvelinhotelli>

Xonet 2014. Dedikoidut palvelimet. Viitattu 24.11.2014, <http://www.xonet.eu/dedikoidut-palvelimet>

