



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Petri Pölkki

## Pilvipalveluiden vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikka

Opinnäytetyö

08.11.2019

Tekijä(t) Otsikko	Petri Pölkki Pilvipalveluiden vertailu
Sivumäärä Aika	29 sivua 08.11.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Ohjelmistotekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Simo Silander
<p>Insinööriyöni tarkoituksena on vertailla osaa Amazon Web Servicesin ja Google Cloud Platformin tarjoamista palveluista tekemällä kustannusarvioita hypoteettisen palvelinympäristön toteuttamiseksi julkisessa pilvessä.</p> <p>Aluksi luon katsauksen siihen, mitä pilvipalvelut ovat ja mitä niistä puhuttaessa tarkoitetaan. Katsauksen jälkeen esittelen vertailun lähtökohdaksi hypoteettisen palvelinympäristön, jonka perusteella keräsin aineiston. Tavoitteenani on saada käsiteltyä aineisto vertailukelpoisiksi taulukoiksi ja kuvaajiksi, joista selviäisi, onko valittujen palveluntarjoajien tarjoomissa kustannuseroja.</p> <p>Työssäni keräsin aineistoa osasta Amazon Web Servicesin ja Google Cloud Platformin oleellisimmista tarjoomista palvelinympäristön toteuttamista varten, kuten laskennallisista resursseista ja tallennuskapasiteetista, mitä sitten käsitelin vertailukelpoisemmaksi eri palveluiden kesken ja helpommin esitettäväksi.</p> <p>Lopputuloksena vertaillaan vastaavien palveluiden kustannuksia rinnakkain ja koostetusti kokonaisuineen, millainen syntyisi, jos lähtökohdaksi esitetty palvelinympäristö toteutettaisiin julkisessa pilvessä. Kokonaiskustannuksiltaan työn tekemisen aikana Google Cloud Platform osoittautui edullisemmaksi vaihtoehdoksi käyttöaikaan liittyvien alennusten vuoksi.</p>	
Avainsanat	Pilvi, pilvilaskenta, pilvipalvelu, AWS, GCP, IaaS

Author(s) Title	Petri Pölkki Cloud Computing Provider Comparison
Number of Pages Date	29 pages 8 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Software Engineering
Instructor	Simo Silander, Senior Lecturer
<p>The goal of my thesis was to compare the pricing of certain products that are offered by Amazon Web Services and Google Cloud Platform by planning a simple straight-forward migration to cloud with a hypothetical server environment.</p> <p>First the study introduces what cloud computing means. After that the hypothetical server environment that is being used as a base to collect all the data from service providers is introduced. The goal was to process the data to make it as easy as possible to compare the pricings of different products with graphs and arrays.</p> <p>The data was collected directly from Amazon Web Services and Google Cloud Platform from a variety of products that are crucial to set up a server environment in the cloud, such as computing resources and data storage.</p> <p>As the result there are comparisons for pricings between similar products from different vendors and the overall prices, if the server environment was implemented in a public cloud. Google Cloud Platform turned out to be more inexpensive a vendor at the time of writing the thesis.</p>	
Keywords	Cloud, cloud computing, AWS, GCP, IaaS

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pilvipalvelut yleisesti	2
2.1	Määrittely	2
2.2	Palvelumallit	3
2.2.1	SaaS – Software as a Service	4
2.2.2	PaaS – Platform as a Service	4
2.2.3	IaaS – Infrastructure as a Service	5
2.3	Pilven tyypit	6
2.4	Puolesta ja vastaan	6
3	Vertailun kohteet	7
4	Tiedon kerääminen	9
4.1	Amazon Web Services	9
4.1.1	Laskentateho	9
4.1.2	Verkkoliikenne	10
4.1.3	Kuormantasaus	11
4.1.4	Tallennustila	12
4.2	Google Cloud Platform	13
4.2.1	Laskentateho	13
4.2.2	Verkkoliikenne	14
4.2.3	Kuormantasaus	15
4.2.4	Tallennustila	15
5	Tiedon käsittely	16
5.1	Amazon Web Services	17
5.1.1	Laskentateho	17
5.1.2	Verkkoliikenne	17
5.1.3	Kuormantasaus	18
5.1.4	Tallennustila	19
5.1.5	Yhteiskustannukset	20
5.2	Google Cloud Platform	20
5.2.1	Laskentateho	20
5.2.2	Verkkoliikenne	21

5.2.3	Kuormantasaus	21
5.2.4	Tallennustila	21
5.2.5	Yhteiskustannukset	22
6	Vertailu	23
6.1	Laskentateho	23
6.2	Verkkoliikenne	23
6.3	Kuormantasaus	24
6.4	Tallennustila	25
6.5	Yhteiskustannukset	26
7	Yhteenveto	27
	Lähteet	29

## Lyhenteet

ALB	Application Load Balancer. Kuormantasaaja.
AWS	Amazon Web Services. Pilvipalveluita tarjoava yritys.
CLB	Classic Load Balancer. Kuormantasaaja.
CPU	Central Processing Unit. Prosessori
EC2	Elastic Compute Cloud. Virtuaalitietokonetuoteperhe.
ELB	Elastic Load Balancer. Kuormantasaaja.
GCP	Google Cloud Platform. Pilvipalveluita tarjoava yritys.
HDD	Hard Disk Drive. Massamuistiteknologia.
IaaS	Infrastructure as a Service. Infrastruktuuri palveluna.
IP	Internet Protocol. Internet-protokolla.
NIST	National Institute of Standards and Technology. Yhdysvaltalainen organisaatio.
OS	Operating System. Käyttöjärjestelmä.
PaaS	Platform as a Service. Sovellusalusta palveluna.
RAM	Random Access Memory. Keskusmuisti.
SaaS	Software as a Service. Sovellus palveluna.
SSD	Solid State Drive. Massamuistiteknologia.
URL	Uniform Resource Locator. Verkko-osoite.
vCPU	Virtual Central Processing Unit. Virtuaaliprosessori.

VPC

Virtual Private Cloud. Virtuaalinen rajattu pilvi.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyöni tarkoituksena on luoda katsaus yleisellä tasolla pilvipalveluiden käsitteeseen sekä vertailla hypoteettisen palvelinympäristön pystyttämisen kustannuksia pilviympäristössä. Vertailun alla olevat yritykset ovat Amazon Web Services ja Google Cloud Platform, jotka valitsin henkilökohtaisen kiinnostukseni vuoksi. Muita mahdollisia vertailukelpoisia palveluntarjoajia olisivat esimerkiksi Microsoft Azure ja Oracle Cloud, mutta jo pelkästään niiden keskenään vertailusta saisi kirjoitettua toisen opinnäytetyön.

Työn tarkoituksena ei ole määrittää, mikä työhön valituista yrityksistä tarjoaa parhaimman ympäristön ja palvelut, vaan ainoastaan perehtyä näiden tarjoomiin sekä tehdä niistä kustannusarviot tiettyjen palveluiden osalta.

Mitä opinnäytetyössäni esiintyvään sanastoon tulee, niin pyrin käyttämään mahdollisimman paljon suomennettuja termejä, joihin olen muun muassa lähdemateriaaleissa törmännyt, mutta poikkeuksiakin saattaa esiintyä. Valitettavasti lyhenteet eivät aina käänny suomeksi, joten pidättäydyn toisinaan englanninkielisissä.

Koska työssäni käsitellään kustannusarvioita, olen valinnut käytettäväksi valuutaksi Yhdysvaltain dollarin valuuttakurssien alati muuttuessa. Vaikka palveluntarjoajat saattaisivatkin mahdollistaa hinnaston tarkastelun ja veloittaa euroissa, ei heidän käyttämänsä kurssi ole välttämättä aivan ajankohtaisin ja valuuttamuunnoksiin saattaa sisältyä myös muita kuluja.

Toisessa luvussa kerron, mitä pilvipalvelut ovat, ja koitan yleisellä tasolla luoda käsityksen, mitä kaikkea pilvipalveluiden käsitteeseen sisältyy, esimerkkien kautta. Kolmannessa luvussa kerron työn tavoitteista ja esittelen lähtökohdat työlleni. Neljäs luku sisältää työhön kerätyn aineiston kolmannessa luvussa esitettyjä vaatimuksia varten eri palveluntarjoajilta. Viidennessä luvussa käsittelen kerättyä tietoa ja sovellan laskukaavoja kustannusarvioiden laskemiseksi. Kuudennessa luvussa vertailen palveluntarjoajien tarjoamien kustannuksia keskenään palveluittain. Seitsemäs luku on yhteenveto.



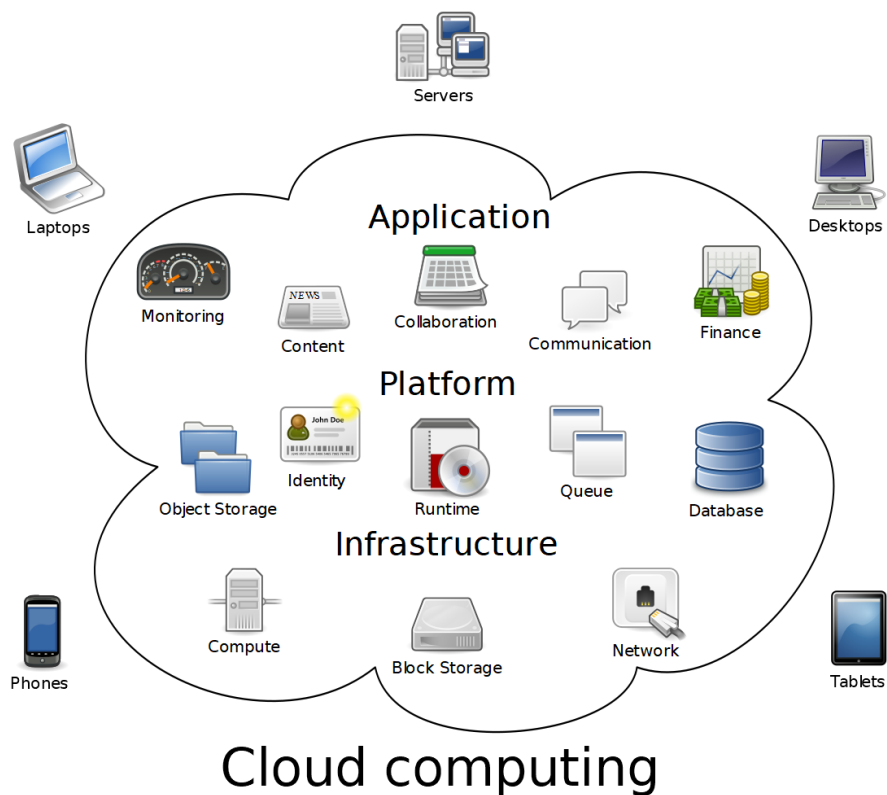
## 2 Pilvipalvelut yleisesti

### 2.1 Määrittely

Pilvipalveluista puhutaan monesti kovin yleisellä tasolla, mutta mikä sitten on pilvipalvelu? Lainaan monien muiden tapaan yhdysvaltalaisen National Institute of Standards and Technologyn, eli NIST:n määritelmää pilvipalveluista:

”Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction” [1].

Vapaasti ja lyhyesti suomennettuna pilvipalveluilla tarkoitetaan palvelumallia, joka mahdollistaa erilaisten laskennallisten resurssien, kuten palvelinten, tallennustilan ja sovelusten, käyttöönoton tarvittaessa nopeasti ja mahdollisimman vähällä kanssakäymisellä palveluntarjoajan kanssa. Tämä ei ole vielä kovin selkeää, mutta pyrin esimerkkien kautta tuomaan asiaan lisää selvyyttä.



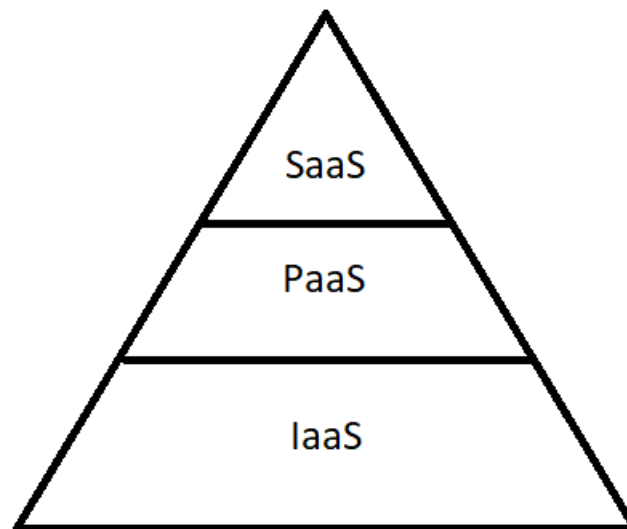
Kuva 1. Havainnollistus pilvipalveluiden ympäristöstä [2]

Kuvassa 1 esitetään pilviympäristö, jossa erilaiset päätelaitteet pilven ulkopuolella voivat käyttää pilven sisällä olevia resursseja. Käytännössä kaikki palvelut, joiden käyttö vaatii internetyhteyttä ovat pilvipalveluita. Pilvi tai "cloud" on vertauskuva internetille [3, s. 16].

Pilvipalveluita voidaan ja luokitellaankin eri tasoisiin palvelumalleihin sekä omistajuudesta ja toteutustavasta riippuen yksityisiksi, julkisiksi ja hybridiksi.

## 2.2 Palvelumallit

Pilvipalvelut jaetaan useimmiten kolmeen eri tasoon suppeasta laajimpaan. Tasot ovat Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS) ja Infrastructure as a Service (IaaS). Tasoja voi periaatteessa olla monia muitakin erilaisten palveluiden eroavaisuuksien vuoksi kuten DBaaS eli Database as a Service tai FaaS eli Function as a Service, mutta kuvan 2 kolmitasoisien jaottelun voi ajatella kattavan nekin.

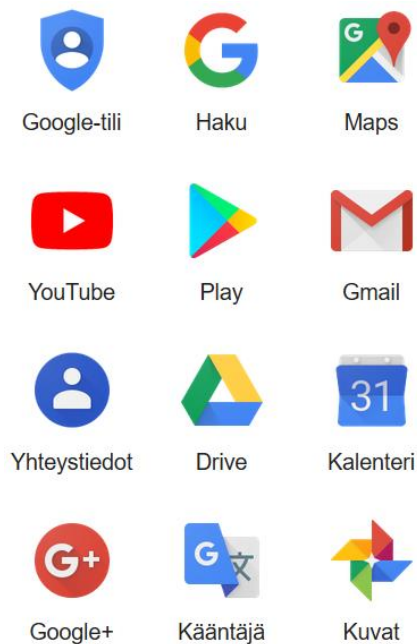


Kuva 2. Palvelutasojen hierarkia

Hierarkisen rakenteen (kuva 2) voidaan myös ajatella kuvaavan tasojen siten, että aina yllä oleva palvelutaso voidaan toteuttaa sitä alemmalla. Esimerkiksi sovelluskehittäjät voivat julkaista palvelusovelluksen käyttämällä jonkin yrityksen PaaS- tai IaaS-tuotetta.

### 2.2.1 SaaS – Software as a Service

Software as a Service eli sovellus palveluna lienee eniten käytetty palvelutaso. Oivina esimerkkeinä käyvät vaikkapa sähköpostisovellukset kuten Googlen Gmail ja Microsoftin Outlook. Toisenlaisina esimerkkinä sovelluksista voisivat olla vaikkapa Dropbox ja Amazon Web Servicesin S3-palvelu tiedostojen säilyttämistä varten.



Kuva 3. Kuvakaappaus osasta Googlen tarjoamista pilvipalvelusovelluksista.

Esimerkkejä sovelluksista voisin luetella aika pitkän listan, kuten vaikkapa kuvasta kolme nähdään Googlen eri palveluita, mutta työni ei varsinaisesti keskity SaaS-tarjoomiin.

### 2.2.2 PaaS – Platform as a Service

Platform as a Service eli sovellusalusta palveluna on jo aika paljon laajempi taso. Sovelluskehittäjät voivat palveluntarjoajasta riippuen syöttää kehittämänsä sovelluksen pilveen, jolloin kehitetystä sovelluksesta tulee periaatteessa sovellus palveluna (SaaS).

```
const express = require("express"),
      app = express(),
      port = process.env.port || 3000;

app.get("/", (req, res) => (res.send("Hello!")));

app.listen(port, () => {
```

```
    console.log('App is running! Listening to port ${port}.');
  });
```

Esimerkkikoodi 1. Esimerkkisovellus, joka on kirjoitettu JavaScriptillä Node.js-alustalle, joka tervehtii käyttäjää ja voitaisiin syöttää sovellusalustapalvelun tarjottavaksi.

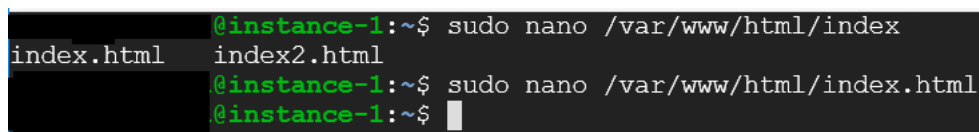
Sovellusalustojen tuki vaihtelee palveluntarjoajittain, mutta yleisimmät ohjelmointialustat, kuten esimerkiksi Python, Node.js ja Java ovat useimmiten tuettuja. Sovellus voi olla esimerkiksi esimerkkikoodi 1:n tapainen. Esimerkkejä PaaS-tarjoomista ovat Google Cloud Platformin App Engine ja Amazon Web Servicesin Elastic Beanstalk, joka tarjoaa myös IaaS-tason ominaisuuksia.

Sovellusalustapalvelut päästävät kehittäjät myös vähemmällä palvelinpuolen työstämisellä, sillä esimerkiksi niiden skaalautuminen on pitkälle automatisoitu [4, s. 24]. Kehittäjä ei myöskään saa varsinaisesti pelkkää sovellusalustaa sovellusalustapalvelun yhteydessä vaan tukun muita palveluita, jotka huolehtivat siitä, että kehitetty sovellus pysyy toimintakykyisenä käyttäjämäärien kasvaessa suuriksi asetettujen rajojen puitteissa.

### 2.2.3 IaaS – Infrastructure as a Service

Infrastructure as a Service eli infrastruktuuri palveluna on käsitteistä laaja-alaisin. Infrastruktuuri pilvipalveluiden yhteydessä käsittää verkkoyhteydet, tallennustila ja laskentatehon eli prosessorit (CPU) ja keskusmuistin (RAM). Käytännössä tämä tarkoittaa tietokonetta ja internetliittymää, mutta jossain kaukana osittain tai täysin virtualisoituna.

Virtualisoituna tietokone tai instanssi toimii ohjelman kaltaisesti toisen käyttöjärjestelmän päällä. Vaikka pilvilaskennan kannalta virtualisointia voidaankin pitää oleellisena, en sitä käsittele tämän enempää työssäni. Yhteys virtuaalitietokoneisiin tapahtuu pilvessä erilaisten etäyhteysteknologioiden avulla, kuten kuvassa 4 on yhdistetty Linux-virtuaalitietokoneeseen SSH-yhteydellä (Secure Shell).



```
@instance-1:~$ sudo nano /var/www/html/index
index.html      index2.html
@instance-1:~$ sudo nano /var/www/html/index.html
@instance-1:~$
```

Kuva 4. Etäyhteys SSH:n avulla virtuaaliseen tietokoneeseen julkisessa pilvessä.

Opinnäytetyössäni perehdyn juuri tähän pilvipalvelumalliin ja siihen, kuinka eräänlainen palvelinympäristö voitaisiin toteuttaa julkisessa pilvessä.

### 2.3 Pilven tyypit

Julkinen pilvi tarjotaan palveluntarjoajien kautta. Kuka tahansa voi siis ottaa käyttöön julkisen pilven tarjoomia [4, s. 18]. Periaattessa julkisesta pilvestä voi käyttäjä tai asiakas varata näennäisesti loputtoman paljon resursseja jopa ilman mitään kiinnitysmaksua laitteistoon. Osa palveluntarjoajista tarjoaa jopa ”paljousalennusta”, kun heidän pilvestä varaa pidemmäksi aikaa resursseja.

Yksityisestä pilvestä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä jonkin yrityksen tai organisaation omistamaa pilvipalvelun kaltaista palvelinympäristöä [3, s. 32]. Tietoturvallisuuden puolesta tämä on mahdollisesti paras ratkaisu, sillä yritys tai organisaatio voi itse hallita laitteistoa ja päättää, ketkä pääsevät siihen käsiksi. Kolikon kääntöpuolena ovatkin sitten kustannukset muun muassa itse laitteistosta, laitteiston ylläpidosta, sähköstä, henkilöstöstä ja verkkoyhteyksistä.

Hybridipilvi on julkisen ja yksityisen risteytys. Yritys voi esimerkiksi lainsäädännön tai erilaisten sopimusten takia tarjota tietokannan omasta palvelinsalistaan, mutta sovelluspalvelimet voivat sijaita julkisessa pilvessä tai toisin päin. Toinen esimerkki voisi olla laitteiston käyttöön liittyvä: kun jonkin tahon omasta pilvestä loppuu kapasiteetti, haetaan lisää laskentatehoa julkisesta pilvestä. Tätä kutsutaan pilvipurskahdukseksi tai englanniksi ”cloud bursting” [3, s. 26].

Hybridipilvi voisi siis olla sopiva ensiaskel pilvimigraatiota harkitsevalle yritykselle, vaikka erilaisia strategioita mahdolliseen pilveen siirtymiselle on lukuisia.

### 2.4 Puolesta ja vastaan

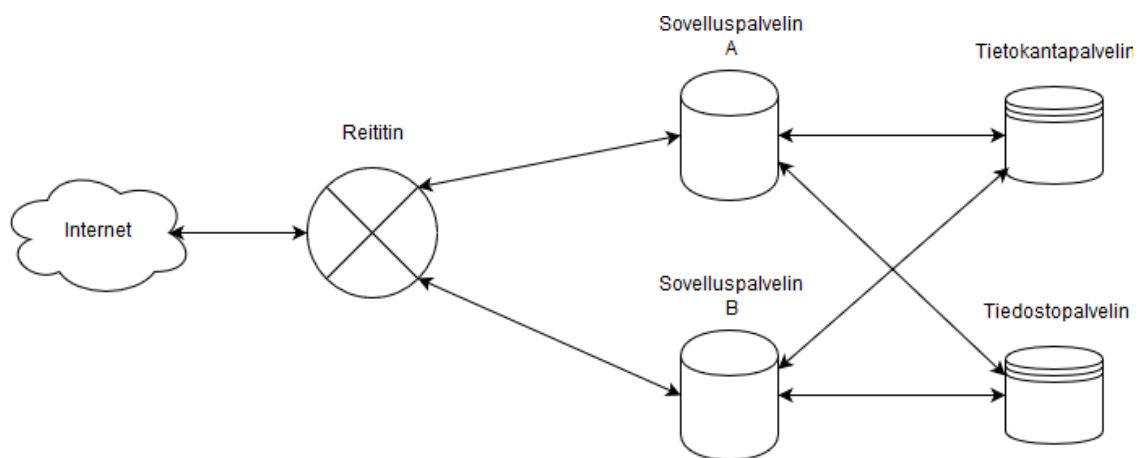
Tavallisen kuluttajan näkökulmasta pilvipalveluiden käyttö voi olla yhdentekevää, sillä hän todennäköisesti käyttää niitä päivittäin lukemalla sähköpostia ja katsomalla esimerkiksi Netflixin uusimpia sarjoja. Palvelut toimivat, ja kaikki ovat toivottavasti tyytyväisiä. Sen sijaan IT-yrityksen tai harrastelijan näkökulmasta mahdollisuudet ovat laajemmat: laitteistoa ei olisi välttämättä pakko hankkia vuosikausiksi ja niihin liittyviä muita menoja ei olisi lainkaan henkilöstöä mukaan laskematta. Pilvessä kustannukset kerääntyvät käytön perusteella, jolloin hyvin suunnitellun palvelinympäristön voidaan myös ajatella säästävän rahaa julkisessa pilvessä.

Vastoinkäymisiä voivat taas aiheuttaa tietoturvan suhteen tehtävät kompromissit ja mahdolliset muut tekijät, jotka rajaavat esimerkiksi datan säilyttämistä tiettyyn paikkaan. Aika ajoin esiin tulevat tietovuodot voivat myös horjuttaa uskoa pilvipalveluiden käytössä.

### 3 Vertailun kohteet

Tavoitteenani on selvittää suuntaa antavat kustannukset kuvitteellisen palvelinympäristön toteuttamiseen Amazon Web Services:n (AWS) ja Google Cloud Platformin (GCP) palveluita keskittäen kaikki tarvittavat palvelut aina saman yrityksen tarjoomiin.

Hypoteettinen virtuaalinen palvelinympäristö koostuu kahdennetusta sovelluspalvelimesta eli kahdesta palvelimesta, jotka tarjoavat saman verkkosovelluksen käytettäväksi, yhdestä tiedostopalvelimesta ja tietokantapalvelimesta sekä reitittimestä, joka tasaa käyttäjien luoman kuormituksen sovelluspalvelimien välillä. Palvelinympäristö siirrettäisiin pilveen suoraan mahdollisimman yksi-yhteen keskitetysti saman palveluntarjoajan palveluita käyttäen eli mahdollisimman kankeasti hyödyntämättä palveluntarjoajien erikoisuuksia. Kaikki palvelimet olisivat myös päällä ympäri vuorokauden.



Kuva 5. Havainnollistus kuvitteellisesta palvelinympäristöstä

Kuvan 5 palvelinympäristössä kaikki palvelimet olisivat samassa verkossa, mutta vain sovelluspalvelimet A ja B ovat reitittimen kautta avoinna internetistä tuleville pyynnöille reitittimen kautta, joka hoitaa myös kuormantasaamisen. Molemmat sovelluspalvelimet pääsevät myös käsiksi tiedosto- ja tietokantapalvelimeen. Myös tiedosto- ja tietokantapalvelimet olisivat yhteydessä internetiin päivityksiä varten, mutta näihin ei olisi suoraa yhteyttä internetistä.

#### Sovelluspalvelinten kokoonpano:

- OS: Ubuntu
- CPU: 4-ydin
- RAM: 16 GB
- HDD/SSD: 100 GB

#### Tiedostopalvelimen kokoonpano:

- OS: Ubuntu
- CPU: 4-ydin
- RAM: 16 GB
- HDD/SSD: 1 TB

#### Tietokantapalvelimen kokoonpano:

- OS: Ubuntu
- CPU: 4-ydin
- RAM: 16 GB
- HDD/SSD: 100 GB

Sovelluspalvelinten kokoonpano on mitoitettu siten, että ne pystyvät yhdessä tarjoamaan useita eri kokoisia verkkosovelluksia samanaikaisesti, joista osa saattaa suorittaa niitä käytettäessä laskennallisesti raskaita operaatioita. Tiedostopalvelin tarjoaa sovelluksille tarpeen tullen mahdollisuuden tallentaa ja hakea tiedostoja ja on kokoonpanoltaan mitoitettu siten, että useidenkin käyttäjien hakiessa tiedostoja samanaikaisesti palvelussa ei esiinny pitkiä viiveitä. Tietokantapalvelin tarjoaa sovelluspalvelinten tarjoamille sovelluksille ohjaustietokannat, josta sovellukset hakevat konfiguraationsa ja erilliset tietokannat sovellusten tarpeisiin, joihin tehdyt kyselyt voivat olla monimutkaisia ja sisältää suuria datamääriä.

Verkkoliikennettä reitittimen kautta internetiin lähetetään 200 GB kuukaudessa, josta 100 GB on tiedostopalvelimelta ja loput joko tietokannasta tai muunlaisista sovelluksista, kuten verkkosivujen staattisen sisällön lähettämisestä käyttäjälle. Oletettu sisäänpäin tuleva verkkoliikenne on myös 200 GB kuukaudessa. Oletetaan myös, että siirretty data jakautuu sovelluspalvelimien kesken tasaisesti.

Vertailun kohteena on siis kuormantasauksen, verkkoliikenteen, laskentatehon ja tallennuskapasiteetin kustannukset palvelua tarjottaessa.

## 4 Tiedon kerääminen

Palveluntarjoajilla on useita palvelinkeskuksia ympäri maailmaa. Oletetaan kuitenkin, että aiemmassa luvussa esitelty kuviteltu palvelinympäristö sijaitsisi Suomessa ja sen käyttäjät käyttäisivät tarjottuja sovelluksia myös Suomesta. Internetiä käytettäessä pitkällä etäisyyksillä palvelimen ja käyttäjän välillä kertyy viivettä ja sen olisi käyttökokemuksen puitteissa oltava mahdollisimman pieni. Tämän vuoksi valitsen kultakin palveluntarjoajalta Suomea lähinnä olevan palvelinkeskuksen.

### 4.1 Amazon Web Services

AWS:lla Suomea lähin palvelinkeskus on Ruotsissa Tukholmassa. Kaikki tieto, jota AWS:n palveluista olen kerännyt, pohjautuu AWS:n Tukholman alueen palvelinkeskusten tarjoomiin AWS:n sivuilta [5].

#### 4.1.1 Laskentateho

AWS:lla on laaja valikoima erilaisia virtuaalitietokonemahdollisuuksia erilaisiin sovelluksiin. EC2 eli Elastic Compute Cloud -tuoteperhe on heidän perustyöjuhta palvelinkäyttöön ja siitä on saatavilla viittä eri tuoteperhettä:

- General Purpose
- Compute Optimized
- Memory Optimized
- Accelerated Computing
- Storage Optimized.

Kaikki jakautuvat edelleen useisiin alatyyppeihin, joista edelleen on saatavilla eri kokoisia instansseja (virtuaalitietokoneita) ja instanssin voi edelleen varata on-demandina, spot instancena, reserved instancena tai dedicated hostina.

On-demand-instanssit ovat käytöltään kaikkein joustavimpia hintaansa nähden. Niitä voidaan luoda minuuteissa ja niiden käyttö voidaan lopettaa koska tahansa.



Spot instancet ovat kaiketi halvin tapa saada resursseja EC2-ympäristöstä ilman pitkäaikaisia sopimuksia. Sen käyttöönotto perustuu tosin vapaiden instanssien määrään rajatussa spot instance -ympäristössä ja käyttäjän asettamaan hintahaarukkaan. Instanssi käynnistyy, mikäli spot instance -ympäristössä on vastaava instanssi vapaana, ja instanssi sulkeutuu kahden minuutin varoitusajalla, kun instanssin hinta nousee yli käyttäjän asettaman ylimmän hinnan.

Reserved instaceja tai varattuja instansseja käyttäessä käyttäjä sitoutuu pitempiaikaiseen sopimukseen, mutta hinnat ovat sen sijaan on-demand-instansseja käytettäessä alhaisemmat. Reserved instace -sopimukset kestävät joko vuoden tai kolme vuotta ja sopimuskauden aikana sopimuksesta riippuen voidaan mahdollisesti muuttaa instanssien kokoa ja tyyppiä.

Dedicated hostia käytettäessä käyttäjä saa vastineeksi palan AWS:n EC2-ympäristöstä, jossa voidaan luoda edelleen omia virtuaalitietokoneinstansseja ja johon käyttäjä voi tuoda omia lisenssejä käyttöjärjestelmään tai muihin sovelluksiin, kuten tietokantasovellukseen. Tämä on kallein tapa saada laskentatehoa AWS:n EC2-palveluista.

Työhöni kuitenkin valitsen General Purpose -tuoteperheen m5.xlarge:n on-demandina kaikille palvelimille, sillä se vastaa näennäisesti laskentateholtaan aiemmassa luvussa esiteltujen hypoteettisten palveluiden kokoa tarjoamalla neliytimisen virtuaaliprosessorin (vCPU) ja 16 GB keskusmuistia, eikä lukitse käyttäjää pitkällä sopimuksella käyttämään pelkästään AWS:n palvelua. Täytyy kuitenkin muistaa, että jos instanssin suorituskyky ei vastaa odotuksia, on sen kokoa helppo muuttaa julkisessa pilvessä. Valitun instanssin hinta on 18.01.2019 0,204 \$ tunnissa.

#### 4.1.2 Verkkoliikenne

Oletuksena AWS:n ympäristössä kaikki virtuaalikoneet ovat yhteydessä internetiin. Jotta tiedosto- ja tietokantapalvelimet saataisiin eristettyä muutoin avoimesta pilvestä, on otettava käyttöön yksityinen virtuaalinen verkko tai yksityinen virtuaalinen pilvi eli virtual private cloud (VPC). VPC:lla rajattuun verkkoon voidaan luoda aliverkkoja siten, että ainoastaan kuormantasaaja on avoinna suoraan internetiin. Aliverkoissa palvelimilla voi myös olla yhteys internetiin, jotta niitä voitaisiin esimerkiksi päivittää. Yksi tapa aliverkkoitukseen voisi olla seuraava: yksityiseen verkkoon luodaan kolme aliverkkoa: yksi julkinen, jolla on suora yhteys internetiin, ja kaksi yksityistä, joilla ei ole suoraa yhteyttä internetiin. Julkiseen aliverkkoon sijoitetaan kuormantasaaja, toiseen yksityiseen sovelluspalvelimet ja toiseen yksityiseen tiedosto- ja tietokantapalvelimet.

AWS:n VPC on sellaisenaan ilmainen, mutta yksityisiin aliverkkoihin yhdistäminen vaatiikin jo maksullisia teknologioita. Yhdistäminen yksityiseen pilveen ja sen aliverkkoihin onnistuu VPN-yhteyttä (Virtual Private Network) käyttäen ja sen kautta siirretty data on maksullista. En kuitenkaan ota työssäni huomioon palvelinten ohjelmistojen ylläpitämiseen liittyviä kustannuksia, sillä niitä on vaikeaa ennustaa. VPC voidaan myös yhdistää jo olemassa olevaan palvelinympäristöön VPN-yhteydellä.

Itse verkkoliikenne on laskutettava resurssi. AWS:n palveluissa internetistä EC2-instansseihin tuleva liikenne ei kuitenkaan ole laskutettavaa, mutta sen sijaan internetiin lähtevä liikenne on, ja sen hinta laskee portaittain kulutuksen kasvaessa (katso taulukko 1).

Taulukko 1. Hinnasto EC2-instansseista internetiin suuntaavalle liikenteelle Tukholman palvelinkeskuksella (28.01.2019).

Määrä	Hinta per GB
<= 1 GB	\$0,00
1 GB ... 9,999 TB	\$0,09
10 TB ... 50 TB	\$0,085
50 TB ... 150 TB	\$0,07
> 150 TB	\$0,05

Lisäksi verkkoliikenne EC2-instanssien välillä ei myöskään ole aivan ilmaista, vaikka instanssit sijaitsisivat samassa palvelinkeskuksessa. Tällöin siirretyn datan hinta on 0,01 \$ gigatavua kohti molempiin suuntiin (28.01.2019).

#### 4.1.3 Kuormantasaus

AWS:n ympäristössä kuormantasaus luodaan käyttämällä Elastic Load Balanceria (ELB). ELB on saatavilla kolmena erilaisena toteutuksena. Ne ovat Application Load Balancer (ALB), Network Load Balancer (NLB) ja Classic Load Balancer (CLB), joista CLB on AWS:n mukaan jo vanhentunutta teknologiaa, jota kannattaa hyödyntää vain tietyissä käyttötapauksissa ja mikäli palvelinympäristö on ollut jo AWS:n pilvessä.

Network Load Balancer tarjoaa matalamman tason kuormantasausta TCP-protokollan käyttötarpeisiin. Esimerkki käyttötapauksena voisi olla vaikkapa moninpelit verkossa.

Application Load Balancer tarjoaa korkean tason kuormantasaamista, jolla liikennettä voidaan ohjata käyttämällä käyttäjien pyyntöjen URL-osoitteita (Uniform Resource Locator), toisin sanoen: linkkejä kuten <http://esimerkki.fi/resurssi> HTTP(S)-protokollan ((Secure) Hypertext Transfer Protocol) rajoissa. Tämä on myös valintani käytettäväksi kuormantasaajaksi AWS:n pilvessä.

ALB:n kustannukset perustuvat kiinteään tuntihintaan ja käytön määrään. Kiinteä tuntitaksa 22.01.2019 on 0,02394 \$. Käytön määrä onkin sitten aika paljon monimutkaisempi juttu. Käyttöä lasketaan LCU:illa (Load Balancer Capacity Unit), jota mitataan uusien yhteyksien määrällä, aktiivisilla yhteyksillä, siirretyllä datan määrällä ja kuormantasaajaan annettujen sääntöjen toteuttamisella. Yksi LCU sisältää:

- 25 uutta yhteyttä sekunnissa
- 3000 aktiivista yhteyttä minuutissa
- 1 GB siirrettyä dataa tunnissa (vastaanotettua ja lähetettyä)
- 1000 säännön toimeenpanoa sekunnissa.

Näiden arvojen perusteella lasketaan tunnittainen LCU-määrä suhteuttamalla ne käytettyihin resursseihin. Yksi LCU maksaa 22.01.2019 0,0076 \$ tunnilta.

#### 4.1.4 Tallennustila

Virtuaalitietokoneiden pääsääntöinen tallennuskapasiteetti AWS:n palveluista on Elastic Block Storage (EBS). EBS toimii tietokoneen kovalevyn tavoin ja säilyttää sinne tallennetut tiedot. EBS massamediat voidaan kytkeä vain yhteen EC2-instanssiin kerrallaan, mutta samaan instanssiin voi olla kytkettynä useita EBS-medioita.

Elastic Block Storage on saatavilla neljänä eri tyyppinä:

- EBS Provisioned IOPS SSD
- EBS General Purpose SSD
- Throughput Optimized HDD
- Cold HDD.

EBS Provisioned IOPS SSD on hyvin nopeaa massamediaa, jota on saatavilla yhtenä volyyminä neljästä gigatavusta (GB) aina 16 teratavuun (TB) asti. Soveltuu esimerkiksi instanssin käynnistyslevyksi.

EBS General Purpose SSD:ta on mahdollista allokoida volyyymiin gigatavusta kuuteentoista teratavuun tallenuskapasiteettia. Tämä on AWS:n perusratkaisu EBS:lle ja sitä voidaan käyttää virtuaalitetokoneen käynnistyslevynä.

Throughput Optimized HDD voidaan varata yhdelle osiolla 500 GB – 16 TB. Tätä tallenuskapasiteettia ei voida käyttää käynnistyslevynä.

Cold HDD on näistä hitain ja tarkoitettu lähinnä harvemmin käytettävälle datalle. Tallenustilaa voidaan varata 500 GB – 16 TB. Cold HDD:ta ei voida käyttää käynnistyslevynä.

Taulukko 2. Amazon Web Servicesin hinnasto Elastic Block Storageille 29.01.2019.

Tyyppi	Hinta per GB/kk
EBS Provisioned IOPS SSD	\$0,1311
EBS General Purpose SSD	\$0,1045
Throughput Optimized HDD	\$0,0475
Cold HDD	\$0,0266

On kuitenkin huomioitava, että Elastic Block Storagen hinnastoihin voi kuulua maksu kirjoitus- ja lukuoperaatioista kuten EBS Provisioned IOPS SSD:n kohdalla. Näiden operaatioiden määrää on hyvin hankalaa arvioida, joten en käsittele niitä.

## 4.2 Google Cloud Platform

Google Cloud Platformilla (GCP) on palvelinkeskus Suomessa, ja se sijaitsee Haminassa. Kaikki tieto on kerätty pitäen silmällä Haminan palvelinkeskuksen tarjoamien hinnastoa GCP:n sivuilta [6].

### 4.2.1 Laskentateho

GCP:n palvelu virtuaalitetokoneille on Compute Engine. AWS:n tavoin sitä on saatavilla eri muotoisina ja kokoisina ratkaisuin. Alla on lueteltu virtuaalitetokonetuoteperheet:

- shared core
- standard
- high cpu
- high memory

- mega memory
- ultra memory
- custom.

Kaikki instanssityypit jakaantuvat vielä eri kokoiisiin instansseihin. Työhöni kuitenkin valitsen standard-tuoteperheen n1-standard-4:n, sillä se on lähimpänä hypoteettisen palvelinympäristön palvelimia pitäen sisällään neljä virtuaaliprosessoria ja 15 GB keskusmuistia. Sen hinta on 0,2092 \$ tunnilta 28.01.2019. Google Cloud Platform kuitenkin tarjoaa pitkäaikaisille instansseille alennusta jokaisesta käytöstä olleesta kuukauden neljänneksestä, joten hinta tippuu sen perusteella 0,146 \$ per tunti.

Instansseja on myös saatavilla ”preemptible”:na. Tällöin virtuaalietokone on päällä enintään 24 tuntia ja saattaa sulkeutua koska tahansa. Näitä voikin siis hyödyntää esimerkiksi lyhytaikaisessa hajautetussa tiedonkäsittelyssä.

#### 4.2.2 Verkkoliikenne

Google Cloud Platformissa on käynnissä kirjoitushetkellä (06.02.2019) palvelumuutos verkkoyhteyksien ja kaistankäytön suhteen. Palvelumuutos aiheuttaa sen, että verkkoyhteyksiin liittyvät palvelut jaetaan kahteen eri tasoon (tier): premiumiin ja standardiin. Molemmilla tasoilla on omat hinnoittelut ja ominaisuudet. Haminan palvelukeskuksen verkkosovellutukset ovat toistaiseksi saatavilla vain premium-tasolla. Koska GCP:n mukaan premium-tason hinnastot tulevat voimaan vuoden 2019 alkupuolella, käytän vielä vanhaa hinnastoa.

GCP:n pilvessä sisäänpäin tulevasta liikenteestä ei veloiteta, ellei erikseen mainita kuten kuormantasaajan yhteydessä. Ulospäin menevän datan hinnasto on taulukon 3 mukainen.

Taulukko 3. Yksinkertaistettu verkkoliikenteen hinnasto Google Cloud Platformissa 04.02.2019.

Määrä	Hinta/GB
0 ... 1 TB	\$0,12
1 ... 10 TB	\$0,11
10+ TB	\$0,08

Yksikköhinta laskee siis portaittain ulospäin suuntautuneen liikenteen määrän kasvaessa. Todellisuudessa GCP:n kaistan käytön hinnoittelu on paljon monimutkaisempaa, sillä ulospäin menevän datan hinta määräytyy käyttäjän sijainnin mukaan. Esimerkiksi yksi gigatavu siirrettynä Kiinaan maksaa ensimmäisellä portaalla 0,23 \$. Myös datan siirto Googlen muihin palveluihin, kuten Google Mapsiin tai YouTubeen saattaa olla ilmaista tai matalammalla hinnalla.

#### 4.2.3 Kuormantasaus

GCP tarjoaa kuormantasausta HTTP(S)-, TCP- ja UDP-protokollille, joista HTTP(S)- ja TCP-kuormantasaajat jakaantuvat vielä erikseen konfiguroitaviksi eri käyttötarkoituksiin. Koska sovelluspalvelimet tarjoavat verkkosovelluksia, valitaan HTTP(S)-kuormantasaaja. Kuormantasaajien hinnasto on seuraava:

- viisi ensimmäistä sääntöä: 0,028 \$ per h
- lisäsäännöt: 0,011 \$ per h
- sisään tuleva data: 0,009 \$ per GB.

Kuormantasaajan säännöillä verkkoliikenne ohjataan haluttuun resurssiin, kuten tässä tapauksessa johonkin verkkosovellukseen. Tämän lisäksi kuormantasaajasta ulospäin menevästä liikenteestä veloitetaan verkkoliikenteen perusmaksu, joka on esitelty GCP:n verkkoliikennettä käsittelevässä osiossa.

Koska palvelinympäristöni tarjoaa verkkosovellusta, valitaan näistä tyypeistä HTTP(S) kuormantasaaja. GCP tarjoaa erikseen kuormantasaajat HTTP- ja HTTPS-protokollille.

#### 4.2.4 Tallennustila

Virtuaalitietokoneiden tallennuskapasiteettitarpeisiin GCP tarjoaa käyttöön Persistent Diskin. Persistent Disk on tarjolla kolmena eri vaihtoehtona:

- Standard Provisioned Space
- SSD Provisioned Space
- Local SSD Provisioned Space.

Standard Provisioned Space on toteutettu kovalevyillä (HDD) ja tarjoaa etenkin tiedostojen säilyttämiseen suhteellisen alhaisen hinnan. Tätä kapasiteettia voidaan käyttää myös instanssien käynnistyslevyinä.

SSD Provisioned Space tarjoaa nimensä mukaisesti nopeampaa SSD-tallennustilaa, mutta huomattavasti korkeammalla hinnalla. Soveltuu myös instanssien käynnistyslevyksi.

Local SSD Provisioned Space sanotaan olevan vielä nopeampaa kuin SSD Provisioned Space, mutta pienimmilläänkin sitä voi varata 375 GB. Hinta on kuitenkin huomattavasti alhaisempi kuin SSD Provisioned Spacessa.

Taulukko 4. Google Cloud Platforming Persistent Disk hinnasto 30.01.2019.

Tyyppi	Hinta per GB
Standard Provisioned Space	\$0,044
SSD Provisioned Space	\$0,187
Local SSD Provisioned Space	\$0,088

Tallennustilan kohdalla GCP:n hinnastoon ei kuulu luku- ja kirjoitusoperaatioista (IOPS) erillistä maksua.

## 5 Tiedon käsittely

Tietoja käsitellessä minun on tehtävä muutamia oletuksia, jotta se olisi yksinkertaisempaa ja suoraviivaisempaa. Päätän, että kuukausi on kolmekymmentä päivää ja vuosi on 365 päivää, koska muutoin laskeminen olisi turhan monimutkaista eri aikaväleillä. Sannotakoon myös, että palveluntarjoajat käyttävät useimmiten mittayksikkönä gigatavun sijasta gibitavuja, joka on 2 potenssiin 30 kun gigatavu on 2 potenssiin 32, jonka vuoksi joudun myös käyttämään niitä. Gibitavut merkittäisiin GiB, mutta palveluntarjoajien esimerkkiä noudattaen merkitsen ne myös GB.

## 5.1 Amazon Web Services

### 5.1.1 Laskentateho

Valittu EC2-instanssi aiemmassa kappaleessa oli m5.xlarge ja sen tuntitaksa on 0,204 \$. Koska kaikki palvelimet ovat identtisiä keskenään niiden kokoon nähden, voidaan laskea kustannukset päivälle, kuukaudelle ja vuodelle seuraavalla kaavalla:

$$p_{total} = p \times t,$$

jossa  $p_{total}$  on kokonaishinta,  $p$  on tuntihinta ja  $t$  on aika. Yksi instanssi maksaisi:

- vuorokaudessa: 4,896 \$
- kuukaudessa: 146,88 \$
- vuodessa: 1797,04 \$.

Nämä oletukset on tehty silloin, kun varatut resurssit ovat koko ajan käytössä. Kaikki instanssit maksaisivat siis yhdessä:

- vuorokaudessa: 19,584 \$
- kuukaudessa: 587,52 \$
- vuodessa: \$7188,16 \$.

### 5.1.2 Verkkoliikenne

Kuvitteellinen tiedonsiirto palvelusta internetiin on yhteensä 200 GB kuukaudessa, joten kaikki liikenne jää verkkoliikennehinnaston ensimmäiselle portaalle ja maksaa 0,09 \$/GB. Verkkoliikenteen kustannuksien kaava periaatteessa sama kuin laskentatehon, jolloin kustannukset olisivat:

- vuorokaudessa: 0,6 \$
- kuukaudessa: 18 \$
- vuodessa: 216 \$.



### 5.1.3 Kuormantasaus

Koska kävijämääriä ja yhteyksien määrää ei ole hypoteettisessa palvelinympäristössäni mitattu, on oletettava käytetyn tietoliikenteen olevan kriteeri Application Load Balancerin LCU-laskutukseen. Kuukaudessa kuormantasaajan läpi kulkee ulospäin 200 GB dataa.

Kiinteä taksa ALB:n käytössä lasketaan seuraavasti:

$$p = p_h \times t,$$

jossa  $p$  on kokonaishinta,  $p_h$  on tuntitaksa eli 0,02394 \$ ja  $t$  on aika. Hinnoiksi saadaan siis:

- vuorokaudessa: 0,57456 \$
- kuukaudessa: 17,2368 \$
- vuodessa: 209,7144 \$.

Oletetaan, että sisäänpäin tulevaa liikennettä on saman verran, vaikka reaali maailmassa verkkosovellukset useimmiten lähettävät enemmän dataa ulkomaailmaan kuin ottavat vastaan. Lasketaan ensin keskimääräinen liikenne tuntia kohti:

$$b_{mean} = \frac{b}{t},$$

jossa  $b_{mean}$  on siirretyn datan keskiarvo,  $b$  käsitelty data (sisään- ja ulospäin) data ja  $t$  on aika. Laskutoimituksesta saadaan kuormantasaajan käsitellylle liikenteelle arvoksi 0,556 GB/h. LCU:en määrä saadaan laskettua seuraavalla kaavalla verkkoliikenteelle:

$$LCU = \frac{b_0}{1 \text{ GB/h}},$$

jossa  $b_0$  on siirretyn datan määrä. Kaavalla laskemalla saadaan 0,556 LCU:a. Tämä luku kerrotaan LCU:n hinnalla, joka on \$0,0076. Toisin sanoen:

$$p_{total} = n_{LCU} \times p_{LCU},$$

jossa  $n_{LCU}$  on LCU:en määrä ja  $p_{LCU}$  on LCU:n hinta. Toisin sanoen LCU:illa kertyy hinnaksi 0,0042256 \$/h. Yhteensä ALB:n kiinteän hinnan kanssa ALB kustantaa:

- vuorokaudessa: 0,676 \$
- kuukaudessa: 20,279 \$
- vuodessa: 246,73 \$.

#### 5.1.4 Tallennustila

Tallennustilaksi sovellus- ja tietokantapalvelimille valitaan kullekin tallennustilaksi 100 GB EBS General Purpose SSD -kapasiteettia tarjottavia sovelluksia varten ja tiedostopalvelimelle 1 TB Throughput Optimized -tilaa tiedostoille. Näiden lisäksi jokaiselle palvelimelle on tehtävä käynnistyslevy. Käynnistyslevyksi valitaan 20 GB EBS General Purpose SSD:ta, jotta käyttöjärjestelmän lisäksi tilaa jäisi tarvittavien sovellusten asentamiseen ja muuhun konfigurointiin. Laskentakaava yhden tallennusmedian kustannuksille on seuraava:

$$p_{total} = p \times n \times t,$$

jossa  $p_{total}$  on kokonaishinta,  $p$  kapasiteetin GB/kk-hinta;  $n$  varattu kapasiteetti ja  $t$  on aika.

Yksi käynnistyslevy (20 GB EBS General Purpose SSD) maksaisi siis:

- vuorokaudessa: 0,0697 \$
- kuukaudessa: 2,09 \$
- vuodessa: 25,08 \$.

Yksi sovellus- ja tietokantapalvelimen sovelluslevy (100 GB EBS General Purpose SSD):

- vuorokaudessa: 0,348 \$
- kuukaudessa: 10,45 \$
- vuodessa: 125,4 \$.

Tiedostopalvelimen tiedostolevy (1 TB Throughput Optimized):

- vuorokaudessa: 1,583 \$
- kuukaudessa: 47,5 \$
- vuodessa: 570 \$.

Massamuistien kokonaiskustannukset olisivat siis seuraavat (4 kpl käynnistyslevyä, 3 kpl sovelluslevyä ja yksi tiedostolevy):

- vuorokaudessa: 2,9058 \$
- kuukaudessa: 87,21 \$
- vuodessa: 1046,52 \$.

Lasketut arvot perustuvat taulukon 2 arvoihin.

### 5.1.5 Yhteiskustannukset

Kaikki resurssit maksavat AWS:n pilvessä seuraavasti:

- vuorokaudessa: 23,7658 \$
- kuukaudessa: 713,009 \$
- vuodessa: 8697,41 \$.

## 5.2 Google Cloud Platform

### 5.2.1 Laskentateho

Valittu instanssikoko on siis n1-standard-4, jossa on neljä virtuaalista prosessoria ja 15 GB keskusmuistia. Sen hinta on 0,2092 \$/h ja käytöllä 0,146 \$, kun palvelin on päällä kuukauden. Kustannusten laskemiseksi voidaan käyttää samaa kaavaa kuin AWS:n laskentaresurssien kanssa. Yksi tällainen instanssi kustantaisi siis:

- vuorokaudessa: 3,504 \$
- kuukaudessa: 105,12 \$
- vuodessa: 1278,96 \$.

Vuorokauden hinnaksi on valittu alennettu hinta. Yhteensä kaikki neljä instanssia maksaisivat siis:

- vuorokaudessa: 14,016 \$
- kuukaudessa: 420,48 \$
- vuodessa: 5115,84 \$.

### 5.2.2 Verkkoliikenne

GCP:n tapauksessa hinnoittelu jää myös taulukon ensimmäiselle portaalle, jolloin ulospäin siirretyn datan hinta on 0,12 \$ per GB. Kustannukset ovat siis:

- vuorokaudessa: 0,8 \$
- kuukaudessa: 24 \$
- vuodessa: 288 \$.

### 5.2.3 Kuormantasaus

GCP:n HTTP(S) kuormantasauksen kustannukset määrittyvät sisääntulevan liikenteen mukaan (0,009 \$/GB) ja kuormantasaajan reitityssääntöjen mukaan, joista viisi ensimmäistä maksaa 0,028 \$/h ja mahdolliset lisäsäännöt 0,011 \$/h kappaleelta. Koska palvelimien tarjoamat sovellukset ovat identtisiä, ei lisäsääntöjä kuitenkaan tarvita. Kustannukset saadaan seuraavalla kaavalla:

$$p_{total} = p_{ingress} \times n + p_{rules} \times t,$$

jossa  $p_{ingress}$  on sisääntulevan liikenteen hinta,  $n$  sisääntulevan liikenteen määrä,  $p_{rules}$  sääntöjen hinta ja  $t$  aika. Laskemalla saadaan seuraavat tulokset:

- vuorokaudessa: 0,72 \$
- kuukaudessa: 21,96 \$
- vuodessa: 263,52 \$.

### 5.2.4 Tallennustila

GCP:n tapauksessa valitaan instanssien käynnistys-, sovellus- ja tiedostolevyiksi Standard Provisioned Spacea. Käynnistyslevyt ovat kooltaan 20 GB, sovelluslevyt 100 GB ja tiedostolevy 1000 GB. Yksi käynnistyslevy maksaisi seuraavasti:

- vuorokaudessa: 0,0289 \$
- kuukaudessa: 0,88 \$
- vuodessa: 10,56 \$.

Yksi sovelluslevy (100 GB Standard Provisioned Space):

- vuorokaudessa: 0,145 \$
- kuukaudessa: 4,4 \$
- vuodessa: 52,8 \$.

Tiedostolevy (1 TB Standard Provisioned Space):

- vuorokaudessa: 0,0489 \$
- kuukaudessa: 44 \$
- vuodessa: 528 \$.

Yhteensä kaikki levyt maksaisivat (4 kpl käynnistyslevyä, 3 kpl sovelluslevyä ja yksi tiedostolevy):

- vuorokaudessa: 1,99 \$
- kuukaudessa: 60,72 \$
- vuodessa: 728,64 \$.

Lasketut hinnat perustuvat taulukossa 4 esitettyihin lukuihin.

#### 5.2.5 Yhteiskustannukset

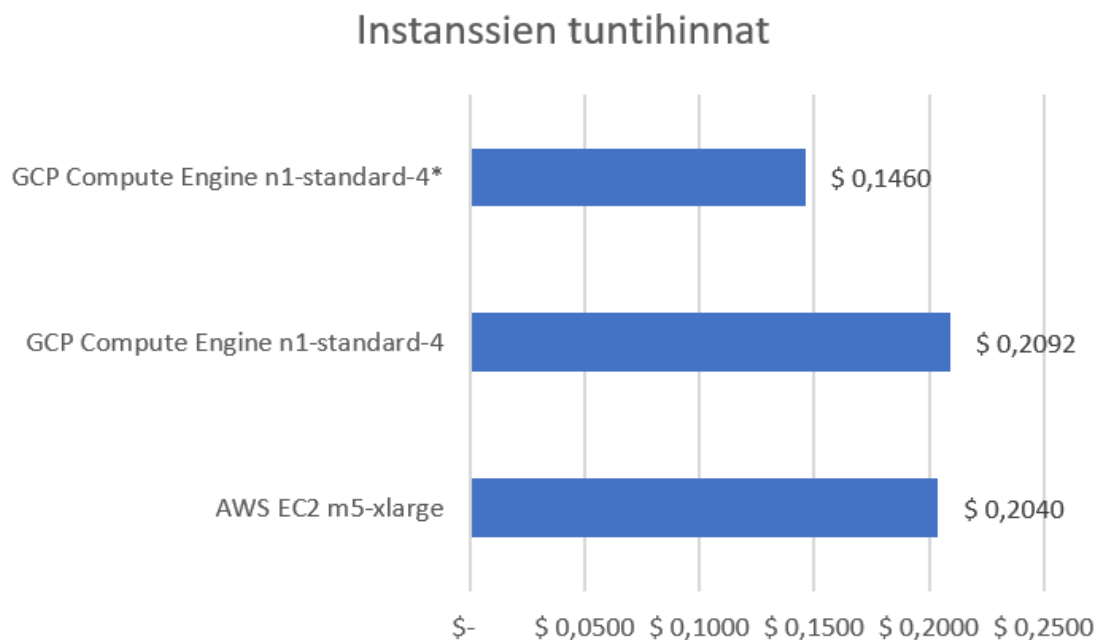
Yhteensä kaikki resurssit maksavat GCP:n pilvessä seuraavasti:

- vuorokaudessa: 17,436 \$
- kuukaudessa: 527,16 \$
- vuodessa: 6396 \$.

## 6 Vertailu

### 6.1 Laskentateho

Jo pelkällä käyttöaikaan perustuvalla alennuksella GCP:n Compute Engine ottaa etulyöntiaseman AWS:n EC2-instansseihin, kuten kuvassa 6 nähdään, johon on myös merkitty GCP:n alennettu hinta asteriksilla. Toisaalta, mikäli palvelimet eivät ole käytössä ympärivuorokauden ja käytössä alle neljänneksen kuukaudesta, ei GCP:n pilvessä pitkäikäisten instanssien portaittaiset alennukset tule voimaan, ja instanssien hinta pysyy melkein samana.



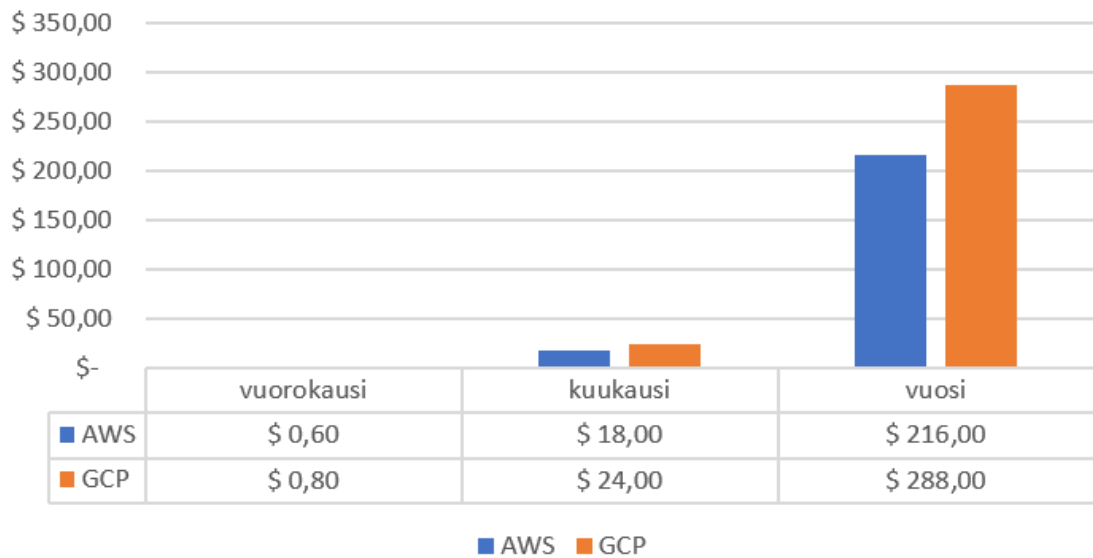
Kuva 6. Valittujen instanssien tuntikustannukset, jossa asteriskilla merkitty GCP-instanssi on alennetulla hinnalla.

Molemmat palveluntarjoajat tosin tarjoavat myös pitkäaikaisilla sopimuksilla edullisempia pilvilaskentaresursseja, mutta jätän ne käsittelemättä yksinkertaisuuden vuoksi.

### 6.2 Verkkoliikenne

GCP jää hieman AWS:n varjoon verkkoliikenteen osalta. Tosin GCP:n palvelu-uudistus tuo mukanaan uudet hinnastot verkkoliikenteeseen, jolloin valittavasta palvelutasosta riippuen kustannukset voivat olla jopa edullisemmat kuin AWS:lla.

## Verkkoliikenteen kustannukset

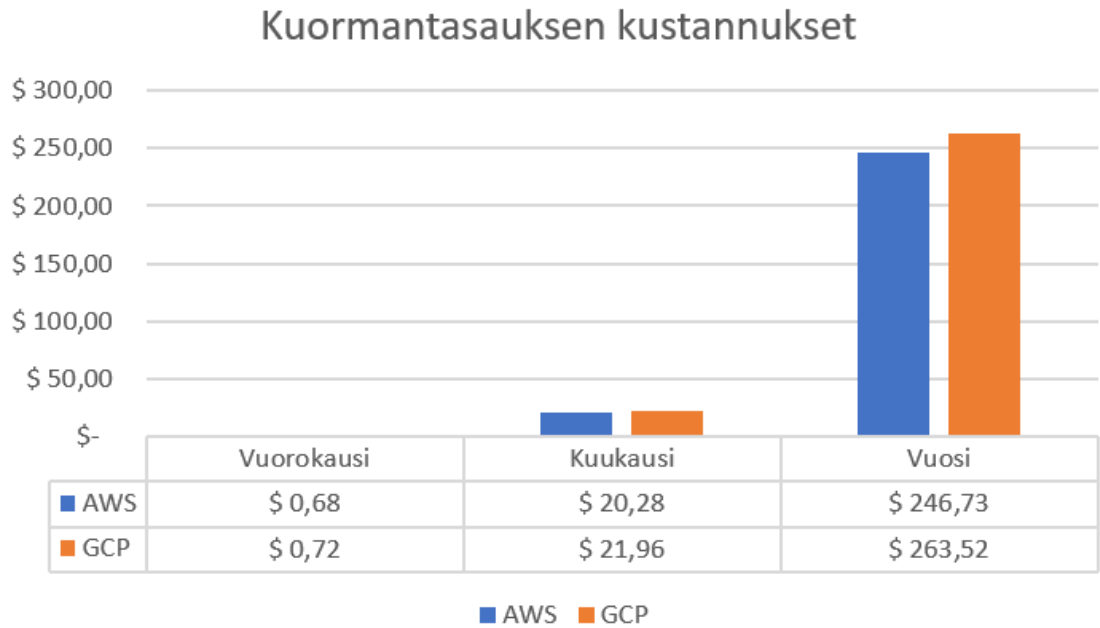


Kuva 7. Verkkoliikenteen kustannusarviot

Kuten kuvassa 7 nähdään, on GCP:n vanhaa hinnastoa käytettäessä AWS aavistuksen edullisempi. Suurempia eroavaisuuksia tosin syntyy, mikäli verkkoliikenteen määrä kasvaisi odottamattomasti suuremmaksi portaittaisen hinnoittelun ollessa erilaiset palveluntarjoajilla.

### 6.3 Kuormantasaus

Kuormantasaajien vertailu keskenään on kustannuksien osalta hieman epämiellyttävää eriävien laskutusperiaatteiden vuoksi. Kuormantasaajien muut ominaisuudet tosin saattavat vaikuttaa päätöksiin käyttötarpeiden ollessa erilaiset.



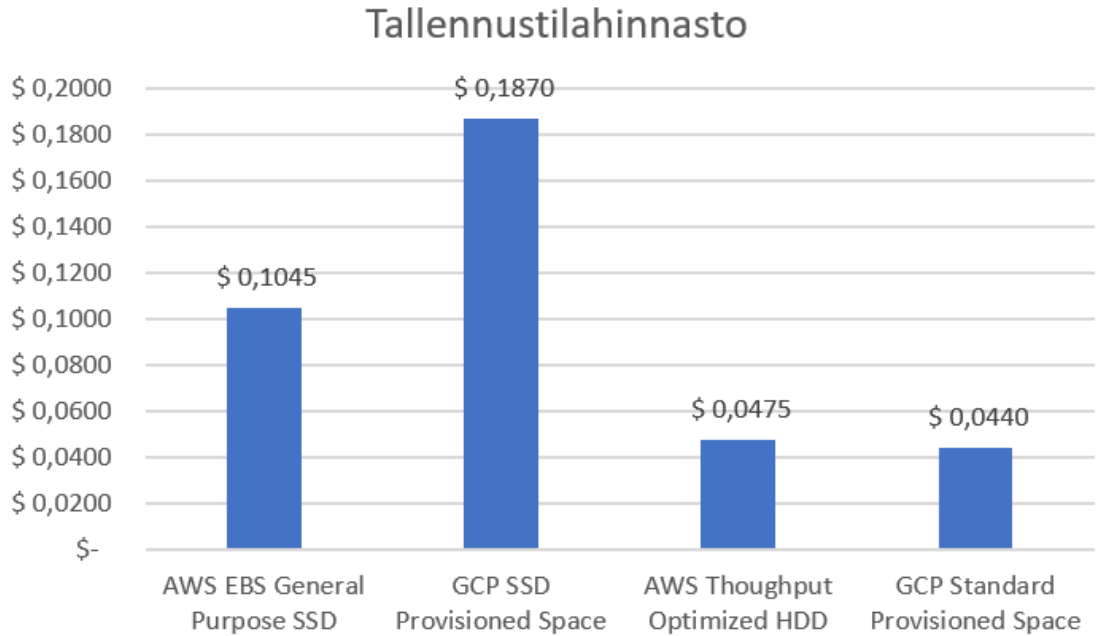
Kuva 8. Kuormantasauksen kustannukset eri ajan pituuksilla.

Kuten kuvasta 8 nähdään, ei kuormantasaajien kustannusarvioissa ole suuria poikkeavuuksia pitkälläkään ajalla.

#### 6.4 Tallennustila

Tallennustilaa on hieman epämiellyttävää vertailla AWS:n ja GCP:n tarjoamien erilaisuuden vuoksi etenkin, kun en mittaa niiden suorituskykyä. Esimerkkinä kuitenkin se, että AWS:n käynnistyslevymahdollisuudet rajoittuvat vain SSD:lla tuotettuihin ratkaisuihin, jolloin tarvittun tallennuskapasiteetin määrästä riippuen kustannukset voivat herkästi nousta kompensoimaan AWS:n ja GCP:n hintaerot SSD-medioiden suhteen.



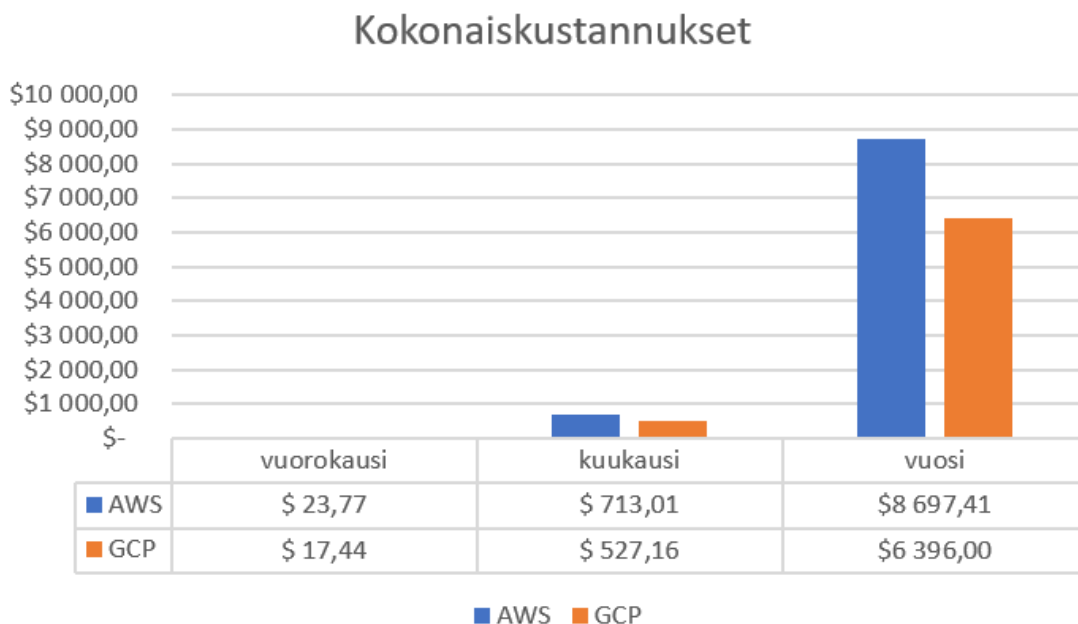


Kuva 9. Käytettyjen tallennustilateknologioiden hinnat.

Kuvassa 9 nähdään työhöni valittujen tallennustilateknologioiden hinnat. AWS:n EBS General Purpose SSD on noin 50 % edullisempaa kuin GCP:n SSD Provisioned Disk. Perinteisillä kovalevyillä tuotetut massamuistit (AWS Thourghput Optimized HDD ja GCP Standard Provisioned Space) ovat sen sijaan suurin piirtein samanhintaisia.

## 6.5 Yhteiskustannukset

Lienee oikein sanoa, että GCP on reilusti halvempi kuin AWS pitkällä aikavälillä. Kokonaiskustannukset ovat jopa 2300 \$ edullisemmat vuositasolla, kuten kuvasta 10 nähdään, mikäli pidättäytyään vain on-demand-instansseissa.



Kuva 10. Kokonaiskustannusarvioit.

Kustannuserot ovat jo kuukausitasolla noin 200 \$ GCP:n hyväksi.

## 7 Yhteenveto

Tässä työssä tarkoitukseni ei ollut määrittää, mikä palveluntarjoaja on parempi, vaan ainoastaan verrata kustannusarvioita muutamien palveluiden kesken. Työn alussa pyrin kertomaan, mitä pilvipalvelut ovat ja kuinka ne jakautuvat eri tavoin palvelutasoista ja omistajuudesta riippuen. Lisäksi pohdin lyhyesti, mitä positiivisia ja negatiivisia puolia pilvipalveluiden käyttö tuo tullessaan.

Työssäni kuitenkin selvisi, että GCP on kokonaiskustannuksiltaan huomattavasti edullisempi. Vaikka AWS:n palvelut ovat kokonaiskustannuksiltaan GCP:n tarjoomia suuremmat, ei se tarkoita, että sitä ei tulisi käyttää. Molemmat palveluntarjoajat tarjoavat mitä erilaisempia tuotteita eri käyttötarkoituksiin, joista työssäni käsittelin vain pienen osan.

Työtä tehdessäni sain etsiä ja tutkia runsaasti erilaisia dokumentteja, joiden teknisyyden aste vaihteli hurjasti. Koska suomenkielistä dokumentaatiota ei juuri ollut tarjolla ja dokumentaatio tarjolla lähinnä englanniksi, jouduin aika ajoin tekemään muistiinpanoja sanakirja tiiviisti käden ulottuvilla. Kielimuurin vuoksi jouduin myös toisinaan palaamaan jo kirjoitettuihin osioihin ja kirjoittamaan niitä uudestaan.

Insinööriyön tekeminen oli kuitenkin mielekäs prosessi, vaikka en juurikaan päässyt käyttämään osaamistani ohjelmistotekniikan saralta. Sen sijaan opin paljon uusia asioita palvelinympäristöihin liittyen ja joihinkin yleisiin teknologioihin, joita en kuitenkaan työssäni päässyt käsittelemään kovin tarkasti tai lainkaan.

## Lähteet

- 1 Verkkodokumentti, National Institute of Standards and Technology, <https://www.nist.gov/news-events/news/2011/10/final-version-nist-cloud-computing-definition-published> luettu 16.01.2019.
- 2 Verkkodokumentti, by Sam Johnston - Created by Sam Johnston using Omni-Group's OmniGraffle and Inkscape (includes Computer.svg by Sasa Stefanovic)Tämä vektorigrafiikkatiedosto luotiin käyttäen apuna ohjelmaa Inkscape., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6080417> luettu 16.01.2019.
- 3 Salo, Immo 2010 Cloud computing - palvelut verkossa, Jyväskylä, WSOY Pro Oy.
- 4 Salo, Immo 2012 Hyötyä pilvipalveluista, Jyväskylä, Docendo.
- 5 Verkkodokumentti, Amazon Web Services, <https://aws.amazon.com> luettu 29.01.2019.
- 6 Verkkodokumentti, Google Cloud Platform, <https://cloud.google.com> luettu 04.02.2019.





