



# Microsoft Azure ja sen palveluiden hyödyntäminen opetusympäristössä

Joona Sjöberg

OPINNÄYTETYÖ  
Maaliskuu 2020

Tietojenkäsittely  
Tietoverkkopalvelut

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittely  
Tietoverkkopalvelut

SJÖBERG, JOONA

Microsoft Azure ja sen palveluiden hyödyntäminen opetusympäristössä

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Maaliskuu 2020

---

Opinnäytetyössä tutkittiin Azuressa olevia palveluita ja selvitettiin, voisiko niitä hyödyntää tietojenkäsittelyn tutkinto-ohjelman opetuksessa. Työssä haastatettiin tietojenkäsittelyn tutkinto-ohjelman henkilökuntaa ja kysyttiin, voitaisiinko heidän edustamillaan suuntautumispoluilla hyödyntää Azuren palveluita, tutustuttiin Azuren palveluihin ja verrattiin sitä Amazon Web Services -pilvipalveluun.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi Azuren ja Amazon Web Servicesin vertailuanalyysi, jossa verrattiin pääasiassa palveluiden hintoja keskenään.

Tietojenkäsittelyn opetuksessa voitaisiin hyödyntää Azuren tai jonkin muun pilvipalvelun tarjoamia palveluita, esimerkiksi virtuaalikoneita tai SQL-tietokantoja. Pilvipalveluita verrattaessa johtopäätökseksi tuli, että Azure olisi järkevämpi vaihtoehto tietojenkäsittelyn opetukseen kilpailukykyisen hinnoittelun ja jo ennestään olemassa olevan Azure-pilvi-infrastruktuurin takia.

---

Asiasanat: azure, pilvipalvelu, virtuaalikone, sql, tietokanta

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Business Information Systems  
Network Services

SJÖBERG, JOONA:  
Microsoft Azure and Utilization of its Services in Education Environment

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 7 pages  
March 2020

---

In this thesis Azure services were researched and investigated whether they could be used in education in Degree Programme in Business Information Systems. Teachers of the Degree Programme in Business Information Systems were interviewed on whether Azure Services could be used in their respective options. The services offered by Azure were also studied and compared to another cloud computing platform, Amazon Web Services.

The result of this thesis was a comparison analysis between Azure and Amazon Web Services, focusing mainly on pricing of the services.

The services of Azure or other cloud computing platforms could be used in education in Business Information Systems. Examples of such services could be virtual machines and SQL databases. The conclusion of the comparison between the two cloud computing platforms was that Azure is the better choice for Business Information Systems at Tampere University of Applied Sciences because of the Azure's competitive pricing and pre-established infrastructure at Tampere University of Applied Sciences.

---

Key words: azure, cloud, virtual machine, sql, database

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	PILVI YLEISESTI .....	6
	2.1 Pilven päätoteutusmallit .....	6
	2.2 Pilven pääpalvelumallit.....	6
	2.2.1 Ohjelmisto palveluna .....	7
	2.2.2 Alusta palveluna .....	7
	2.2.3 Infrastrukturi palveluna .....	7
3	HAASTATTELU .....	9
	3.1 Haastattelun tausta .....	9
	3.2 Haastattelun tulokset.....	9
4	MICROSOFT AZURE .....	12
	4.1 Virtuaalikoneet .....	14
	4.2 SQL tietokannat .....	14
	4.2.1 Yksittäinen tietokanta .....	15
	4.2.2 Elastinen varanto.....	15
	4.2.3 Tietokantapalvelin.....	15
	4.2.4 SQL hallitut instanssit.....	16
	4.2.5 SQL virtuaalikoneet .....	16
	4.3 Azure Cosmos DB.....	16
	4.4 Yhteenveto.....	19
5	PILVIPALVELUIDEN VERTAILU .....	20
	5.1 Windows virtuaalikoneet .....	21
	5.2 Linux virtuaalikoneet .....	26
	5.3 Hallinto .....	28
	5.4 Yhteenveto.....	28
6	POHDINTA .....	29
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET .....	33
	Liite 1. Haastattelun haastattelurunko.....	33
	Liite 2. Yleistarkoituksellisten Windows virtuaalikoneiden hinnat .....	34
	Liite 3. Laskuoptimoitujen Windows virtuaalikoneiden hinnat .....	35
	Liite 4. Muistioptimoitujen Windows virtuaalikoneiden hinnat.....	36
	Liite 5. Yleistarkoituksellisten Linux virtuaalikoneiden hinnat.....	37
	Liite 6. Laskuoptimoitujen Linux virtuaalikoneiden hinnat .....	38
	Liite 7. Muistioptimoitujen Linux virtuaalikoneiden hinnat.....	39

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Tampereen ammattikorkeakoulun tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu on yksi Suomen suurimmista ja vetovoimaisimmista ammattikorkeakouluista, ja sen toiminta painottuu hyvinvoinnin ja terveyden, talouden ja tuotannon sekä oppimisen ja luovuuden edistämiseen.

Microsoft Azure on Microsoftin vuonna 2008 julkaisema julkinen pilvipalvelu. Sillä on 54 eri datakeskusaluetta ja se on käytettävissä 140:ssä maassa. Azuressa on sen oman listauksen mukaan 332 erilaista palvelua, virtuaalikoneista koneoppimiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Azuressa olevia palveluita ja selvittää voisiko niitä hyödyntää opetuksessa, tietojenkäsittelyn koulutusohjelmassa. Tarkoituksena on toteuttaa haastatteluja tietojenkäsittelyn koulutusohjelman henkilökunnalle, siitä että voitaisiinko heidän edustamillaan suuntautumispoluilla hyödyntää Azuren palveluita, tutustua Azuren palveluihin ja tehdä vertailua Azuren ja toisen pilvipalvelun, Amazon Web Servicesin, kanssa. Opinnäytetyön tuloksena syntyi vertailutaulukoita Azuren ja AWS:än välillä.

## **2 PILVI YLEISESTI**

Pilvellä tarkoitetaan yleisesti pilvilaskentaa tai pilvipalvelua (Mell & Grance 2011). Pilvipalvelulla tarkoitetaan internettiin kytkettyä ICT-kapasiteettia tai palvelua, jonka tuottamisessa hyödynnetään jaettujen, skaalautuvien ja joustavien resursien mallia, joka on automatisoitu osin itsepalveluperiaatteella tuotettavaksi (Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset 2018, 13).

### **2.1 Pilven päätoteutusmallit**

Pilvi jaetaan yleisesti kolmeen päätoteutusmalliin: Yksityiseen, julkiseen ja hybridi pilveen (Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset 2018, 14).

Yksityisessä pilvessä pilviympäristö luodaan joko omaan palvelinkeskukseen (Collier & Shahan 2015, 2) tai ulkopuolisen palveluntuottajan isännöimään palvelinkeskukseen (Mell & Grance 2011). Yksityisen pilven palvelut tuotetaan yksinomaan palvelua käyttävälle organisaatiolle (Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset 2018, 14).

Julkinen pilvi on kaikille avoin, eli kuka tahansa voi käyttää sen palveluita (Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset 2018, 14). Julkisessa pilvessä maksat vain käyttämästäsi resursseista (Collier & Shahan 2015, 2). Microsoft Azure on julkinen pilvipalvelu (Collier & Shahan 2015, 2).

Hybridi pilvessä yhdistetään yksityinen ja julkinen pilvi yhtenäiseksi palvelukokonaisuudeksi (Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset 2018, 15). Se mahdollistaa palveluiden tuottamisen organisaatiolle sopivimmassa paikassa (Collier & Shahan 2015, 2).

### **2.2 Pilven pääpalvelumallit**

Pilvilaskenta jaetaan yleisesti kolmeen pääpalvelumalliin: Ohjelmisto palveluna, alusta palveluna ja Infrastruktuuri palveluna (Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset 2018,13).

### **2.2.1 Ohjelmisto palveluna**

Ohjelmisto palveluna -mallin tutumpi englanninkielinen lyhenne on SaaS, joka tulee sanoista “Software as a Service”. Ohjelmisto palveluna -mallissa ohjelmistoa ylläpidetään keskitetysti, jolloin kaikilla käyttäjillä on sama versio palvelusta. Käyttäjät maksavat palvelusta tyypillisesti joko kuukausittain tai vuosittain. Kuvion 1 mukaisesti käyttäjä ei hallitse tai ole vastuussa mistään palvelun tuottamiseen liittyvästä asiasta. Esimerkki ohjelmistosta palveluna on Microsoft Office 365 (Collier & Shahan 2015, 3).

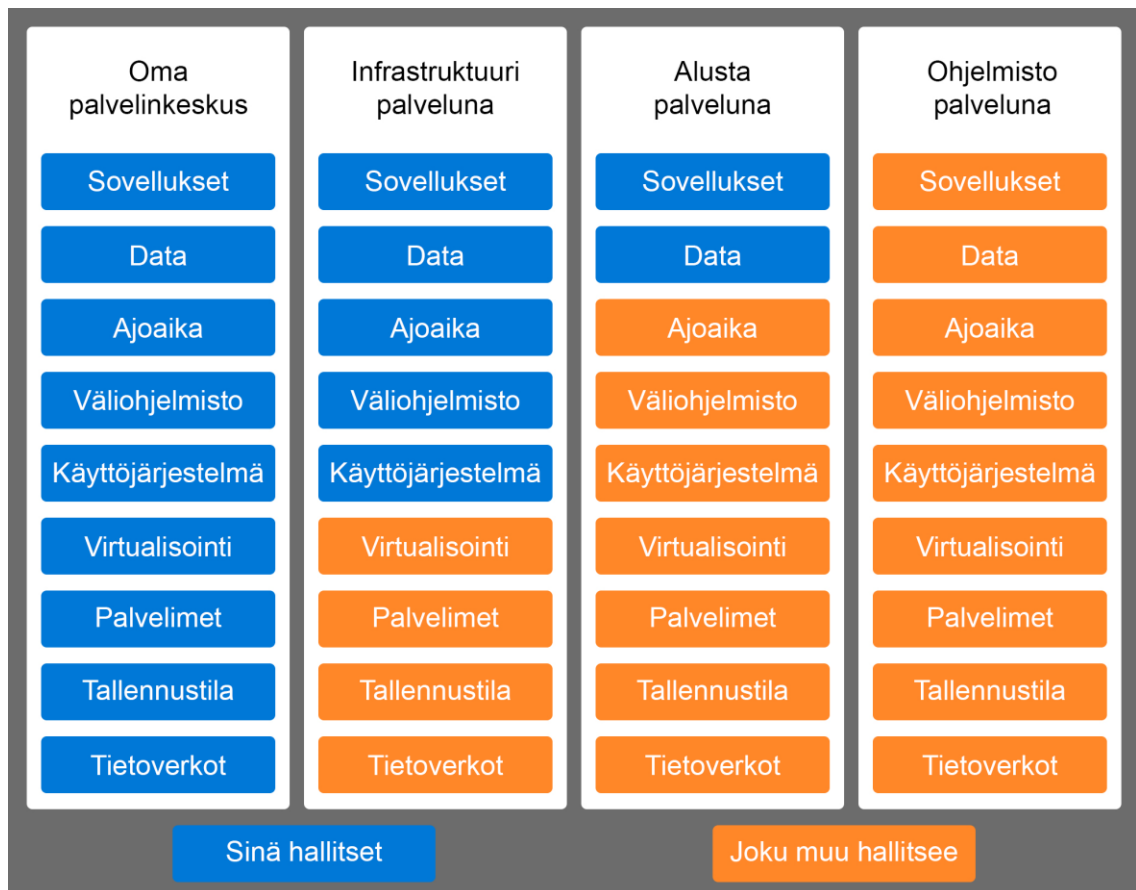
Tässä opinnäytetyössä ei keskitytä ohjelmisto palveluna -malliin, koska Azuressa ei ole sen määritelmän mukaisia palveluita, mutta lukijan on hyvä ymmärtää sen merkitys.

### **2.2.2 Alusta palveluna**

Alusta palveluna -mallin tutumpi englanninkielinen lyhenne on PaaS, joka tulee sanoista “Platform as a Service”. Alusta palveluna -malli sijaitsee ohjelmisto palveluna -mallin ja infrastruktuuri palveluna -mallin välimaastossa. Alusta palveluna -mallissa käyttäjä tuottaa omat palvelunsa valmiin alustapohjan avulla (Julksen hallinnon pilvipalvelulinjaukset 2018,14). Kuvion 1 mukaisesti käyttäjä hallitsee ja on vastuussa vain alustan sovelluksista ja sen datasta. Esimerkki alustasta palveluna on Azure Web Apps (Collier & Shahan 2015, 3).

### **2.2.3 Infrastruktuuri palveluna**

Infrastruktuuri palveluna -mallin tutumpi englanninkielinen lyhenne on IaaS, joka tulee sanoista “Infrastructure as a Service”. Infrastruktuuri palveluna -mallissa hallitset julkisen pilvipalvelun tarjoamia virtuaalikoneita. Kuvion 1 mukaisesti käyttäjä hallitsee ja on vastuussa kaikesta muusta paitsi itse fyysisestä laitteistosta (tietoverkot, tallennustila, palvelimet) ja virtualisointi ohjelmistosta. Esimerkki infrastruktuurista palveluna on Azure Virtual Machines (Collier & Shahan 2015, 3).



KUVIO 1. Perinteinen toteutusmalli ja kolme pilven pääpalvelumallia



### 3 HAASTATTELU

#### 3.1 Haastattelun tausta

Osana opinnäytetyötä toteutettiin haastatteluja tietojenkäsittelyn koulutusohjelman henkilökunnalle. Haastattelussa haastateltiin koulutusohjelman kolmea opettajaa. Haastattelu nauhoitettiin haastateltavien luvalla, jotta haastattelun tulosten analysointi olisi helpompaa jälkeensä. Nauhoitus litteroitiin eli kirjoitettiin puhtaaksi tekstimuotoon. Haastattelurunko on liitteessä 1.

Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina, koska tämä mahdollisti keskittymisen haastateltavan edustamaan opintopolkuun. Haastattelu oli puolistrukturoitu haastattelu, joka tarkoittaa sitä että sillä oli ennalta päätetty haastatteluaihe, mutta kysymysten muoto ja järjestys vaihtelee tilanteen mukaan (Yrjölä, T. 2019, 19).

Haastattelussa kysyttiin kysymyksiä liittyen pilvipalveluiden entuudestaan tunnetavuuteen sekä mitä palveluita pilvestä haluttaisiin tai voitaisiin käyttää.

#### 3.2 Haastattelun tulokset

Opettajille 2 ja 3 pilvipalvelut, kuten Azure ja AWS, olivat vain nimeltä tuttuja. Kysymys ”Käytättekö julkisten pilvipalveluiden palveluja jo opetuksessa jo ennestään?” osoittautui huonosti muotoilluksi, koska saimme vastaukseksi Google Driveä ja Dropboxia. Opettaja 1 käyttää pilvipalveluita, kuten Azure ja AWS, päivittäin.

Kysyimme voisiko pilvipalvelualustoja hyödyntää mobiilisovellusten ja web applikaation luonnissa ja ylläpidossa? Opettaja 1 vastasi että voitaisiin ja haluttaisiin. Ongelmana kuulemma on päästä ympäristöön käsiksi Tamkin tiukkojen palomuurisääntöjen vuoksi. Pilvipalvelut auttaisivat tähän, jolloin saataisiin opetusympäristö erilleen Tamkin hallintoympäristöstä.

Tarvetta julkisille pilvipalveluille on. Kysyimme haluttaisiinko käyttää pilvessä sijaitsevia tietokantapalvelimia. Opettaja 1:n mukaan haluttaisiin käyttää laajaa kirjoa erilaisia tietokantoja. Tamkissa on käytössä sekä tuotantokäytössä että opetuskäytössä samat MySQL-tietokannat, jolloin ongelmaksi tulee, että toiminnot ja asetukset, jotka muuten olisivat uusimmassa versiossa saatavilla, ei ole mahdollista käyttää, koska tietokannat ovat vanhempaa versiot tuotannon vaatimusten vuoksi.

Kysyimme opettajalta 1 voitaisiinko hyödyntää Azuressa olevaa Visual Studio – ohjelmointiympäristöä. Opettaja 1 ei nähnyt kyseistä palvelua opetukseen soveltuvana, koska käyttäjällä tarvitsisi olla hyvät nettiyhteydet. Sen sijaan pilvessä sijaitsevien palvelimien hyödyntäminen opetuksessa olisi opettaja 1:n mukaan kannattavampaa. Oppilaat saisivat itse hallita pilvessä sijaitsevia palvelimia.

Kysyimme olisiko tarvetta toteuttaa dokumenttejä kuten käyttöohjeita. Opettajan 1:n mukaan tämä ei olisi kannattavaa, koska versioiden vaihtuessa ohjeetkin jouduttaisiin tekemään uusiksi. Toiseksi oppilaat pääsevät oppimaan pilvipalvelun hallinnasta sitä käyttämällä.

Opettaja 2:n mukaan dokumentit helpottaisivat toimintaa, koska silloin samoja juttuja ei tarvitse käydä joka kerta lävitse.

Opettaja 3:n mukaan selkeä ohjeistus auttaisi siihen, että opiskelijoiden ei tarvitse tehdä asioita vaikeimman kautta.

Opettaja 1 mainitsi myös kolme kongreettisia ongelmaa pilvipalvelujen käyttöönotossa tietojenkäsittelyn koulutusohjelmassa.

Ensimmäiseksi tietojenkäsittely on hyvin pieni osa Tamkin organisaatiota. Kalliiden pilvipalveluiden hyödyntäminen voi olla ongelmallista näin pienessä koulutusohjelmassa.

Toiseksi tällä hetkellä Tampereen korkeakouluuyhteisön yhdistymisprojekti, Tampere3, ja sen seurauksena syntynyt Tampereen yliopisto, johon Tamk kuuluu, on vielä monelta osaa kesken. Uuden yliopiston hallintoasiat kuten kirjastopalvelut

ja opintorekisterit täytyy saada kuntoon ennen kuin voidaan puhua pilvipalveluiden hyödyntämisessä opetusympäristössä.

Kolmanneksi lisenssit kestävät vain tietyn aikaa, esimerkiksi vain vuoden. Jos opiskelu kestää kolme ja puoli vuotta niin on hankalaa jos resurssit raukeavat eri aikoihin. Lisenssien tarvitsisi olla koko opiskelun ajan voimassa.

Opettaja 1:n mukaan hyviä oppilaitosjärjestelmiä ovat järjestelmät jotka eivät muutu.

Opettaja 3:n mielestä on tärkeää tutkia mitä pilvipalvelun käyttäminen maksaisi. Opettaja 3 pohti myös kuka sen maksaisi, koulutusohjelma vaiko Tamk.

Opettaja 2:n mukaan he voisivat hyödyntää pilvessä olevia palveluita, jos heille tarjottaisiin koulutukseen soveltuvaa pilvipalvelua.

Lopuksi opettaja 1 toteaa

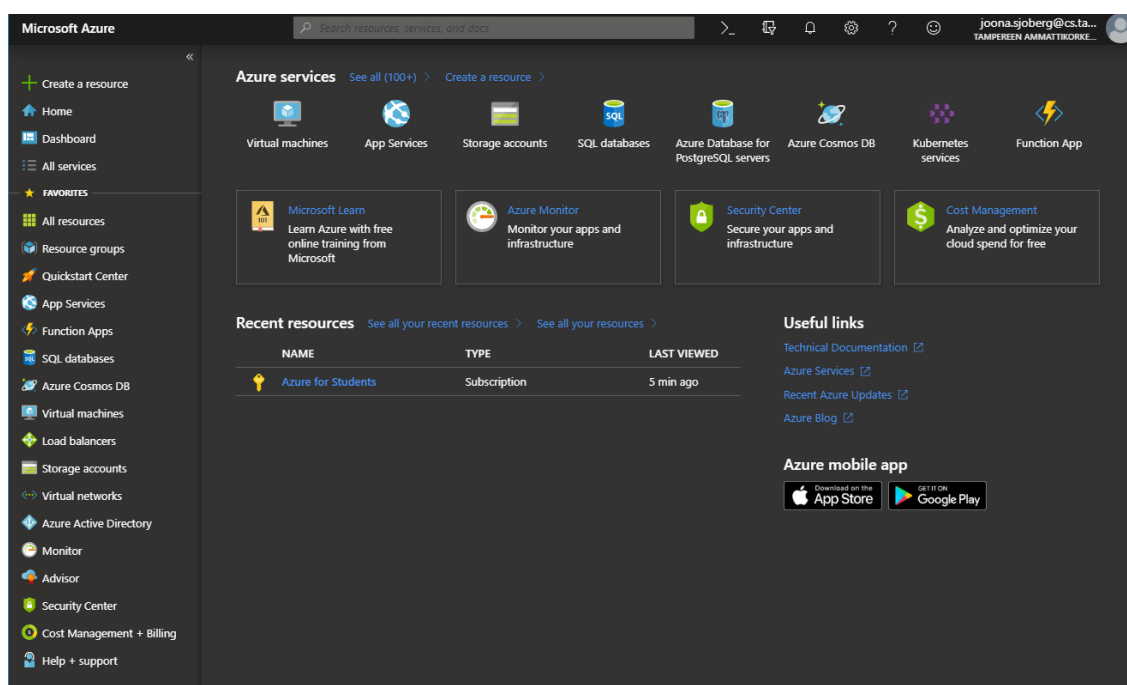
Pilvipalvelut nopeuttaisi huomattavasti ja parantaisi huomattavasti opiskelijoiden tietotaso. Se vaan että päästäis siihen, niin sitä estää nämä hallinnolliset asiat. Opettajina tehtäis vaikka mitä kunhan annettaisiin mahdollisuudet (Opettaja 1).

Yhteenvetona tietojenkäsittelyn koulutusohjelmassa haluttaisiin käyttää pilvipalveluita, koska ne mahdollistaisivat ympäristön jota voitaisiin muokata opetuksen tarpeen mukaan. Halutuista palveluista mainittiin virtuaalipalvelimet (virtuaalikooneet) ja tietokannat.

## 4 MICROSOFT AZURE

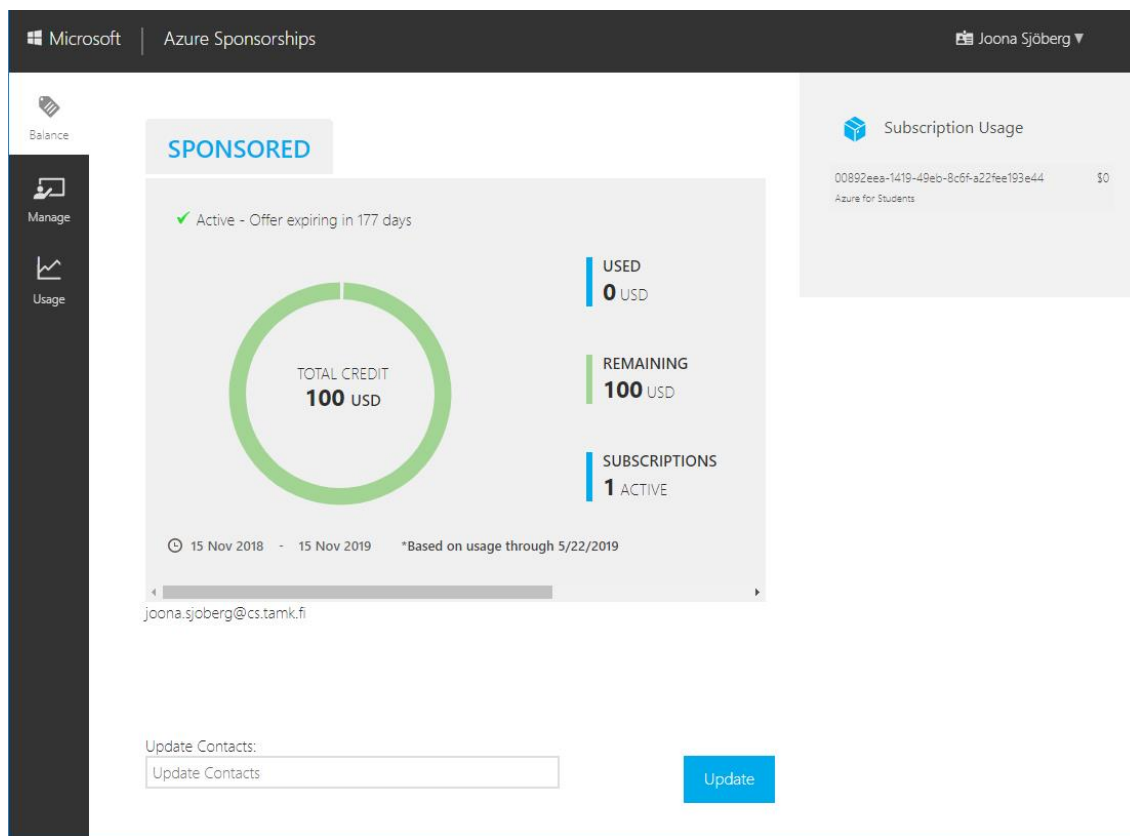
Azure tunnettiin alunperin koodinimellä ”Project Red Dog.” Azure julkaistiin vuonna 2008, kaksi vuotta toisen pilvipalvelun, Amazon Web servicesin, jälkeen. Azure tuli kaupalliseen käyttöön vuonna 2010. Alunperin Azure tunnettiin nimellä Windows Azurena mutta nimi muutettiin Microsoft Azureksi vuonna 2014, kun Microsoft tajusi, että Azure ei rajoitu vain Windows tuotteisiin, vaan saatavilla oli myös Linux pohjaisia tuotteita (Harvey 2017).

Azurea hallitaan <https://portal.azure.com> –sivuston (kuva 1) kautta. Saatavilla on myös sovellukset iOS ja Android laitteille.



KUVA 1. Azuren hallintaportaali

Tämän opinnäytetyön toteuttamisessa hyödynnettiin Microsoftin, Tampereen ammattikorkeakoulun tietojenkäsittelyn opiskelijoille, tarjoamaa tarjoutta jolla Azureen sai vuoden ajaksi käytettäväksi 100 dollarin edestä arvoa. Käytetyn ja jäljellä olevan arvon saldon pystyy näkemään [www.microsoftazuresponsorships.com/Balance](http://www.microsoftazuresponsorships.com/Balance) -sivustolta (kuva 2).



KUVA 2. Azure Sponsorships –sivusto

Azuressa on Azuren oman listauksen mukaan 332 eri palvelua. Erilaisia palveluita on useasta eri kategoriasta, virtuaalikoneista koneoppimisen palveluihin.

Palveluiden suuren määrän vuoksi oli tärkeää keskittyä niihin palveluihin joita voitaisiin oikeasti hyödyntää tietojenkäsittelyn koulutuksessa. Valituiksi palveluiksi valikoituivat Azuren virtuaalikoneet, SQL-tietokannat ja Cosmos DB –palvelu.

Virtuaalikoneet valikoituivat haastattelun perusteella. Opettaja 1 sanoi haastattelussaan, että haluttaisiin hyödyntää pilvipalvelimia opetuksessa.

SQL-tietokannat sekä Cosmos DB valikoituivat myöskin haastattelun perusteella. Opettaja 1 sanoi haastattelussaan, että haluttaisiin käyttää laajaa kirjoa erilaisia tietokantoja.

## 4.1 Virtuaalikoneet

Azure virtuaalikoneet ovat Azuren ”Infrastruktuuri palveluna” –mallin ratkaisu. Virtuaalikoneet mahdollistavat helposti skaalautuvan laskentatehon suorittamisen pilvessä ilman omia laskentaresursseja (Tulloch 2013, 31).

Azure virtuaalikoneet käyttävät kahden tyyppisiä levyjä: Käyttöjärjestelmä- ja datalevyjä. Käyttöjärjestelmälevyt sisältävät virtuaalikoneen pyörittämiseen vaadittavan käyttöjärjestelmän ja on siten pakollinen virtuaalikoneen toiminnalle. Datalevyt on tarkoitettu kaiken muun datan, kuten sovellusten, kuvien ja tiedostojen, säilyttämiseen. Datalevyt ovat yleisesti ottaen vapaavalintaisia, mutta ovat pakollisia, jos halutaan datan säilyvän virtuaalikoneen uudelleenkäynnistyksen tai sammutuksen jälkeen. Jotkin virtuaalikoneet voivat sisältää valmiiksi datalevyn (Collier & Shahan 2015, 70).

Virtuaalikoneita laskutetaan minuuttilaskutuksella. Virtuaalikoneella on kolme olotilaa: päällä, virtuaalikone on päällä (laskutettavissa), pysäytetty, virtuaalikone on pysäytetty, mutta on fyysisesti palvelimella (laskutettavissa), ja pysäytetty (vapautettu), virtuaalikone ei ole fyysisesti palvelimella (ei laskutettavissa). Virtuaalikone menee sammuttaessa oletuksena pysäytetty (vapautettu) –tilaan (Collier & Shahan 2015, 71). Microsoft lupaa kaikille virtuaalikoneille vähintään 99,9 prosenttisen saatavuuden, jolloin virtuaalikone voi olla saavuttomattomissa vain 8 tuntia ja 46 minuuttia vuodessa (Microsoft 2018b).

## 4.2 SQL-tietokannat

SQL-tietokannat ovat Azuren ”relaatiotietokanta palveluna” ratkaisu (Collier & Shahan 2015, 157). Relatiotietokannalla tarkoitetaan tietokantaa jossa data on yhteydessä toiseen dataan. Data esitetään tauluissa (kuviot 2), joissa attribuuteilla on omat sarakkeensa. Taululla on myös lisäksi avain, joka mahdollistaa taulun rivien yksilöinnin. Kuviossa 2, ID-attribuutti on taulun avain, jolloin sen rivien sisältämien tietojen täytyy olla yksilöllisiä. Avain mahdollistaa, lisäksi taulun yhteyden liittämisen toiseen tauluun (Vihavainen & Luukkainen 2017).

ID	NIMI	IKÄ	ASUINPAIKKA
1	Joona	21	Nokia
2	Mikko	28	Pirkkala
3	Minna	24	Ylöjärvi
4	Arttu	35	Tampere
5	Selina	31	Sastamala

KUVIO 2. Relaatiotietokannan rakenne

SQL eli strukturoitu kyselykieli on standardoitu relaatiotietokantojen käsittelyyn tarkoitettu kieli. Sillä voidaan hakea tietoa tietokannasta, päivittää tietoa, muokata tietoa ja luoda tietoa tietokantaan (Vihavainen & Luukkainen 2017).

Azuren SQL-tietokannat jakaantuvat kolmeen eri käyttöönottomalliin: SQL-tietokannat, SQL hallitut instanssit ja SQL-virtuaalikoneet. SQL-tietokannat itsessään jakautuu kolmeen eri vaihtoehtoon: yksittäiseen tietokantaan, Elastiseen varantoon ja tietokantapalvelimeen (Microsoft 2019a).

#### 4.2.1 Yksittäinen tietokanta

Yksittäisellä tietokannalla on omat resurssinsa ja sitä hallitaan SQL-tietokantapalvelimen kautta (Microsoft 2019a).

#### 4.2.2 Elastinen varanto

Elastinen varanto on kokoelma tietokantoja, joilla on jaetut resurssit. Hallinta tapahtuu SQL-tietokantapalvelimen kautta ja yksittäisiä tietokantoja voidaan lisätä sekä poistaa varannosta (Microsoft 2019a).

#### 4.2.3 Tietokantapalvelin

Tietokantapalvelinta käytetään hallitsemaan yksittäisiä tietokantoja ja elastisia varantoja. Tietokantapalvelin toimii keskeisenä hallintapisteinä lukuisille yksittäisille ja varannetuille tietokannoille, kirjautumisille, palomuurisäännöille, auditointisäännöille, uhkanhavainnointikäytännöille, vikasietoryhmille (Microsoft 2019a).

#### 4.2.4 SQL hallitut instanssit

SQL hallitut instanssit ovat kokoelma, systeemi- ja käyttäjätietokantoja, joilla on jaetut resurssit. Paras vaihtoehto uusille sovelluksille tai jo ennestään omilla palvelimilla oleville sovelluksille, jotka haluavat käyttää viimeisiä stabiileja SQL-palvelin ominaisuuksia ja ovat siirretty pilveen vähäisin muutoksin. Hallitut instanssit tukevat tietokantojen siirron omilta palvelimilta pilveen vähäisin muutoksin. Hallitut instanssit tarjoavat kaikki SQL-tietokantojen ”alusta palveluna”-mallin hyödyt, mutta lisäksi myös mahdollisuuksia, jotka tavallisesti olisivat vain SQL-virtuaalikoneissa. Näihin kuuluvat natiivi virtuaaliverkko ja melkein sataprosenttinen yhteensopivuus oman SQL-palvelimesi kanssa (Microsoft 2019a).

#### 4.2.5 SQL virtuaalikoneet

SQL virtuaalikoneet tarjoavat SQL-palvelin instanssin ja alustavan käyttöjärjestelmän täyden hallinnan. Paras vaihtoehto migraatioille ja sovelluksille jotka vaativat käyttöjärjestelmä-oikeudet. SQL-virtuaalikoneet kuuluvat ”infrastruktuuri palveluna” -malliin ja mahdollistavat SQL-palvelimen pyörittämisen virtuaalikoneella. Suurin ero SQL-tietokantoihin ja hallittuihin intansseihin on se, että sinulla on tietokantamoottorin täysi hallinta (Microsoft 2019a).

### 4.3 Azure Cosmos DB

Azure Cosmos DB on Azuren ”NoSQL” -tietokantapalvelu. Se on autoskaalautuva globaalisesti jaettu tietokanta-alusta. Cosmos DB tukee viittä eri ohjelmointirajapintaa: SQL, MongoDB, Cassandra, Tables ja Gremlin (Foulds 2018, 148).

NoSQL-tietokannat eroavat relaatiotietokannoista siten, että data on strukturoimaton. Taulujen rivien ja sarakkeiden sijaan dataa säilytetään dynaamisissa taulukoissa (Foulds 2018, 145). NoSQL-tietokantoja on neljää eri tyyppiä; document database, graph store, key-value store ja wide-column store (MongoDB n.d. NoSQL Databases Explained).

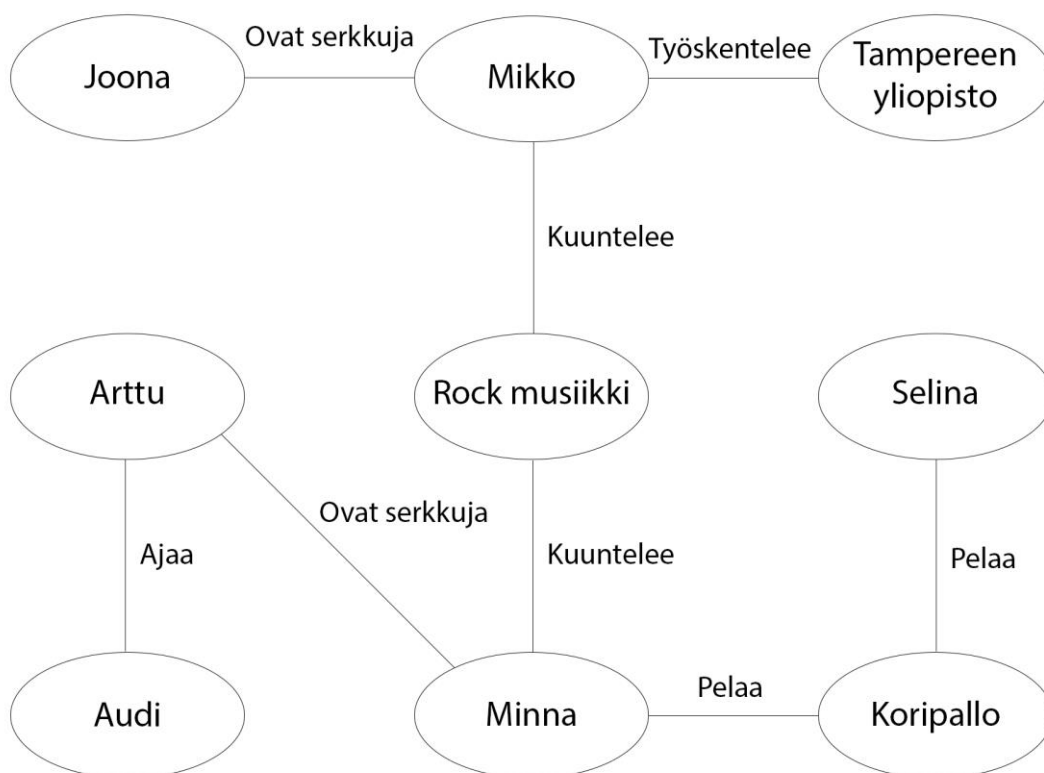


Document tietokannat käyttävät kuvion 3 mukaisia tauluja, joita kutsutaan dokumenteiksi. Dokumentit voivat sisältää monia erilaisia avain-arvo pareja (NoSQL Databases Explained. n.d.). Aiemmin mainituista ohjelmointirajapinnoista MongoDB on document tietokanta (MongoDB n.d. What Is MongoDB?).

```
{
  "nimi": "Joonas",
  "ikä": "21"
}
{
  "nimi": "Mikko",
  "asuinpaikka": "Pirkkala",
  "työpaikka": "Tampereen Yliopisto"
}
{
  "nimi": "Minna",
  "ikä": "24",
  "harrastus": "Koripallo"
}
```

KUVIO 3. Document tietokannan rakenne

Graph store tietokantoja käytetään säilyttämään datan yhteyksiä toiseen dataan kuvion 4 mukaisesti (MongoDB n.d. NoSQL Databases Explained). Aiemmin mainituista ohjelmointirajapinnoista Gremlin on Graph store tietokanta (Microsoft 2019b).



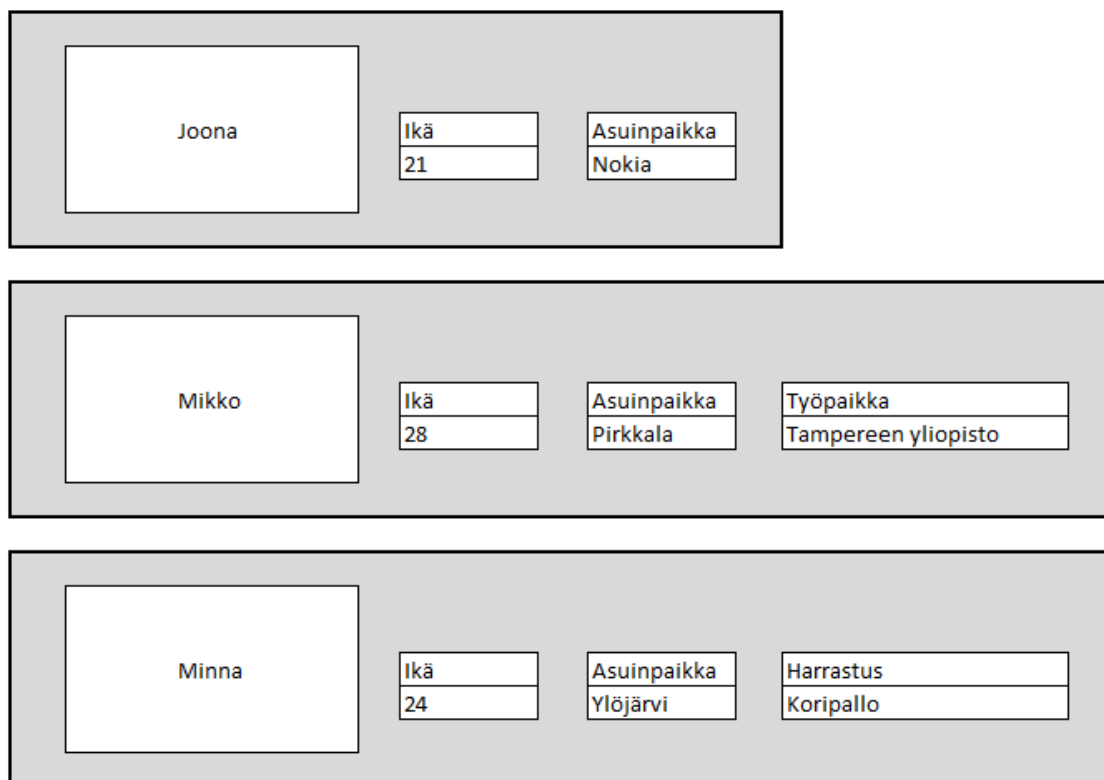
KUVIO 4. Graph store tietokannan rakenne

Key-value store tietokannat ovat yksinkertaisin NoSQL tietokannoista. Tietokannan jokainen osa säilötään avaimena, jossa on mukana arvo (kuvio 5). Aiemmin mainituista ohjelmointirajapinnoista Tables on key-value store tietokanta (Microsoft, 2018a).

Avain	Arvo
Nimi	Mikko
Ikä	28
Asuinpaikka	Pirkkala
Työpaikka	Tampereen yliopisto

KUVIO 5. Key-value store tietokannan rakenne

Wide-column store tietokannoissa dataa säilytetään rivien sijaan sarakkeissa. Wide-column store tietokannat on tarkoitettu suurten datasettien (Big Data) kyselyihin. Aiemmin mainituista ohjelmointirajapinnoista Cassandra on wide-column store tietokanta (MongoDB n.d. NoSQL Databases Explained).



KUVIO 6. Wide-column store tietokannan rakenne

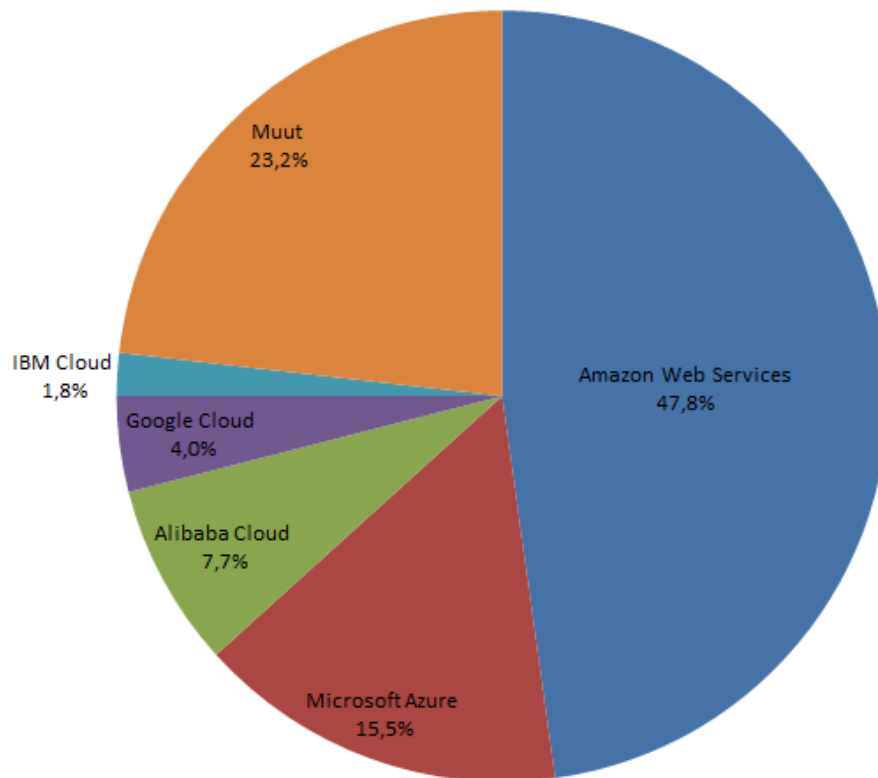
#### 4.4 Yhteenveto

Azuresissa olisi varmasti enemmänkin palveluita, jotka sopisivat tietojenkäsittelyn opetukseen. Nämä kolme ovat kuitenkin haastatteluiden perusteella ne palvelut joita haluttaisiin hyödyntää opetuksessa. Varsinkin virtuaalikoneet mahdollistavat monenlaisen eri käyttötarkoituksen opetuksessa.

## 5 PILVIPALVELUIDEN VERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan Azurea toiseen pilvipalveluun Amazon Web Serviceisiin. Vertailu on toteutettu yhteistyössä toisen opiskelijan, Mikko Arjolan kanssa, joka on tutkinut Amazon Web servicesin palveluita omassa opinnäytetyössään.

Kuviosta 7 näkyy, että Amazon Web Servicesillä on huomattavasti suurempi markkinaosuus kuin muilla pilvipalveluilla. Kuvion 7 mukaisesti on oikeutettua vertailla keskenään kahta suurinta pilvipalvelua, Amazon Web Servicesiä sekä Microsoft Azurea.



Lähde: Gartner (heinäkuu 2019)

KUVIO 7. Julkisten IaaS pilvipalveluiden markkinaosuudet 2018

Opettaja 2 nosti esille tärkeän asian, kustannukset. Tämän pohjalta on oikeutettua tehdä vertailua juuri palveluiden hintojen välillä.

Vertasimme Azuren ja AWS:än virtuaalikoneitten hinnoittelua keskenään. Vertailimme kolmen eri tarkoitukseluokan; yleistarkoitus, laskuoptimoitu ja muistioptimoitu sekä että kahden eri käyttöjärjestelmän; Windowsin ja Linuxin, välillä.

Vertailuissa käytetyt hinnat löytyvät liitteistä 2-7.

## 5.1 Windows virtuaalikoneet

Azuren virtuaalikoneiden hinnasto oli yksinkertaisesti saatavilla yhdellä rivillä mutta, AWS oli monien vaihtoehtojensa takia pakko jakaa monelle riville. Taulukossa 1 Instanssi (Instance) viittaa pilvipalveluiden antamaan virtuaalikoneen nimeseen.

TAULUKKO 1. Yleistarkoituksellisten Windows virtuaalikoneiden hinnat

GENERAL PURPOSE	WINDOWS	2 vCPU	4 GB RAM					
SERVICE	INSTANCE	PAYMENT OPTION	TYPE	UPFRONT COST	PAY AS YOU GO	ONE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	THREE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	3 YEAR RESERVED WITH AZURE HYBRID BENEFIT (% SAVINGS)
AZURE	B2S	On-Demand		\$0	\$0.056/hour	\$0.0361/hour(~36%)	\$0.0261/hour(~53%)	\$0.0181/hour (~68%)
AWS	t3.medium	On-Demand		\$0	\$0.0616/hour			
AWS	t3.medium	No Upfront	Standard	\$0		\$0.049/hour(~20%)		
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Standard	\$209		\$0.048/hour(~23%)		
AWS	t3.medium	All Upfront	Standard	\$413		\$0.047/hour(~23%)		
AWS	t3.medium	No Upfront	Convertible	\$0		\$0.054/hour(~13%)		
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Convertible	\$228		\$0.052/hour(~16%)		
AWS	t3.medium	All Upfront	Convertible	\$450		\$0.051/hour(~17%)		
AWS	t3.medium	No Upfront	Standard	\$0			\$0.040/hour(~35%)	
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Standard	\$506			\$0.039/hour(~37%)	
AWS	t3.medium	All Upfront	Standard	\$981			\$0.037/hour(~39%)	
AWS	t3.medium	No Upfront	Convertible	\$0			\$0.043/hour(~30%)	
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Convertible	\$546			\$0.042/hour(~33%)	
AWS	t3.medium	All Upfront	Convertible	\$1,080			\$0.041/hour(~33%)	

Maksuvaihtoehtoja on monta erilaista. Käytön mukaan laskutettaessa, laskutus tapahtuu Azuresa minuutilaskutuksella ja AWS:ssä Linux virtuaalikoneissa sekunttilaskutuksella ja muissa virtuaalikoneissa tuntilaskutuksella.

Virtuaalikoneita on myös mahdollisuus varata joko yhdeksi tai kolmeksi vuodeksi, jolloin sitoudut maksamaan virtuaalikoneesta sen ajan, mutta hinta per tunti halpenee huomattavasti. Azuresa on lisäksi mahdollisuus käyttää hybridietua, jolloin varaat sekä Windows virtuaalikoneen että SQL-palvelimen Azuresta ja käytät jo ennestään omistamiasi lisenssejä.

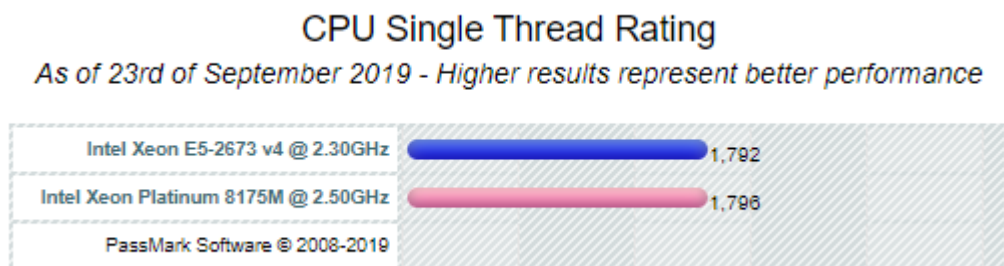
AWS:an varatuissa instansseissa on kolme erilaista maksuvaihtoehtoa. Ei etumaksua” -vaihtoehdossa, maksat halvempaa tuntihintaa, riippumatta siitä onko virtuaalikone käytössä vai ei. Osittaisessa etumaksussa osa hinnasta maksetaan etukäteen ja loput halvempaan hintaan. Täydessä etumaksussa koko maksu maksetaan varauksen alussa.

Lisäksi instanssityyppejä on kaksi. Muunneltavan (convertible) instanssityypin ero tavalliseen (standard) on se, että muunneltavan instanssin voi kesken varauksen muuttaa toiseen muunneltavaan instanssiin, joka on joko arvoltaan sama tai enemmän.

Azuren yhden ja kolmen vuoden varatut virtuaalikoneet ovat parhaiten verrattavissa täyden etumaksun ja standardi instanssityypin virtuaalikoneeseen AWS:ssä.

Mutta hintojen vertailu on turhaa jos virtuaalikoneet eivät ole saman tehoiset. Siksi vertasimme virtuaalikoneissa olevia prosessoreiden suorituskykyä. Prosessorien suorituskyvyn laskemiseen käytimme cpubenchmark.net sivustoa. Azuren virtuaalikoneessa on Intel Xeon E5-2673 prosessori ja AWS:n virtuaalikoneessa Intel Xeon Platinum 8175. Kun prosessorien suorituskykyä vertaa yhden säikeen, joka on sama kuin virtuaaliprosessori (vCPU), suhteen, nähdään että virtuaalikoneet ovat melkein yhtä tehokkaat (kuva 3).

Vertailussa on käytetty Intel Xeon Platinum 8175M –mallia koska M-mallitonta prosessoria ei ollut käytetyllä sivustolla mahdollista valita. Ero M-mallisen ja M-mallittoman välillä on technical.cityn vertailun mukaan vain tuetun maksimi muistimäärän koko, jossa M-malli tukee 1 536 Gt ja M-malliton 768 Gt muistia.



KUVA 3. Yleistarkoituksellisten virtuaalikoneiden prosessorien vertailu

Kun virtuaalikoneen suorituskykyä verrataan hintaan saadaan taulukon 2 mukainen taulukko. Taulukossa 2 suurempi luku tarkoittaa parempaa suorituskykyä suhteessa hintaan.

Azure voittaa jokaisessa kategoriassa, siitä syystä että Microsoft voi tarjota Windows lisenssin halvemmalla kuin AWS.

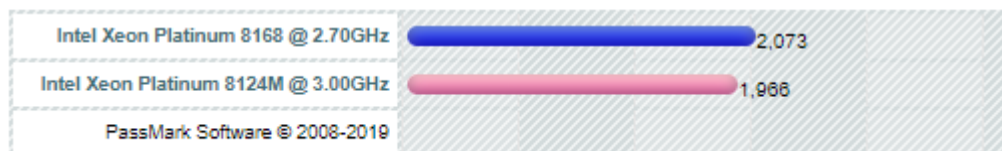
TAULUKKO 2. Yleistarkoituksellisten Windows virtuaalikoneiden suorituskyky/hinta -vertailu

Windows General Purpose	PAY AS YOU GO	1 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED (HYBRID BENEFIT)
Azure On-Demand	32000	49639.8892	68659.00383	99005.52486
AWS On-Demand	29155.84			
Aws No Upfront - Standard		36653.06		
Aws Partial Upfront - Standard		37416.67		
Aws Full Upfront - Standard		38212.77		
Aws No Upfront - Convertible		33259.26		
Aws Partial Upfront - Convertible		34538.46		
Aws Full Upfront - Convertible		35215.69		
Aws No Upfront - Standard			44900.00	
Aws Partial Upfront - Standard			46051.28	
Aws Full Upfront - Standard			48540.54	
Aws No Upfront - Convertible			41767.44	
Aws Partial Upfront - Convertible			42761.90	
Aws Full Upfront - Convertible			43804.88	

Valitsemassamme Azuren laskuoptimoidussa virtuaalikoneessa on Intel Xeon Platinum 8168 prosessori ja AWS:n vastineessa Intel Xeon platinum 8124M. Kuvassa 4 on esitelty kyseisten prosessorien yksittäisten säikeiden suorituskykyä.

### CPU Single Thread Rating

*As of 23rd of September 2019 - Higher results represent better performance*



KUVA 4. Laskuoptimoitujen virtuaalikoneiden prosessorien vertailu

Laskuoptimoiduissa Windows virtuaalikoneissa (Taulukko 3) Azuren "Pay as you go" -kategorian sekä 1 vuoden ja 3 vuoden varatut instanssit voittavat AWS:n tarjonnan. Hybridieudulla Azure on selvästi edullisin.

TAULUKKO 3. Laskuoptimoitujen Windows virtuaalikoneiden suorituskyky/hinta -vertailu

Windows Compute Optimized	PAY AS YOU GO	1 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED (HYBRID BENEFIT)
AZURE On-Demand	2,801.35	3,467.71	4,080.71	14,807.14
AWS On-Demand	2,685.79			
AWS No Upfront - Standard		3,176.09		
AWS Partial Upfront - Standard		3,244.22		
AWS Full Upfront - Standard		3,265.78		
AWS No Upfront - Convertible		2,996.95		
AWS Partial Upfront - Convertible		3,062.31		
AWS Full Upfront - Convertible		3,083.44		
AWS No Upfront - Standard			3,613.97	
AWS Partial Upfront - Standard			3,695.49	
AWS Full Upfront - Standard			3,773.51	
AWS No Upfront - Convertible			3,461.27	
AWS Partial Upfront - Convertible			3,548.74	
AWS Full Upfront - Convertible			3,574.55	

Muistioptimoituissa virtuaalikoneissa on samat prosessorit kuin yleistarkoituksellisissa virtuaalikoneissa, Azuressa Intel Xeon E5-2673 prosessori ja AWS:ssä Intel Xeon Platinum 8175.

Taulukosta 4 nähdään että "Pay as you go" kategoriassa sekä yhden että kolmen vuoden varatuissa instansseissa Azure on parempi vaihtoehto. Jos hyödynnetään hybridietua, Azure on parhain vaihtoehto.



TAULUKKO 4. Muistioptimoitujen Windows virtuaalikoneiden suorituskyky/hinta  
-vertailu

Windows Memory Optimized	PAY AS YOU GO	1 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED (HYBRID BENEFIT)
AZURE On-Demand	890.87	1,203.57	1,471.87	3,721.70
AWS On-Demand	991.15			
AWS No Upfront - Standard		1,270.02		
AWS Partial Upfront - Standard		1,298.55		
AWS Full Upfront - Standard		1,311.86		
AWS No Upfront - Convertible		1,184.40		
AWS Partial Upfront - Convertible		1,214.09		
AWS Full Upfront - Convertible		1,226.56		
AWS No Upfront - Standard			1,466.45	
AWS Partial Upfront - Standard			1,510.96	
AWS Full Upfront - Standard			1,546.16	
AWS No Upfront - Convertible			1,383.78	
AWS Partial Upfront - Convertible			1,429.03	
AWS Full Upfront - Convertible			1,441.67	

## 5.2 Linux virtuaalikoneet

Linux virtuaalikoneissa AWS pystyy kilpailemaan samalta viivalta teoriassa ilmaisen käyttöjärjestelmän takia. Taulukosta 5 näkee kuitenkin, että AWS on parempi vaihtoehto vain "Pay as you go" kategoriassa kun taas Azure yhden ja kolmen vuoden varatuissa instansseissa.

TAULUKKO 5. Yleistarkoituksellisten Linux virtuaalikoneiden suorituskyky/hinta -vertailu

Linux General Purpose	PAY AS YOU GO	1 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED
AZURE On-Demand	37,333.33	63,772.24	99,005.52
AWS On-Demand	41,574.07		
AWS No Upfront - Standard		57,935.48	
AWS Partial Upfront - Standard		61,931.03	
AWS Full Upfront - Standard		61,931.03	
AWS No Upfront - Convertible		51,314.29	
AWS Partial Upfront - Convertible		52,823.53	
AWS Full Upfront - Convertible		54,424.24	
AWS No Upfront - Standard			81,636.36
AWS Partial Upfront - Standard			89,800.00
AWS Full Upfront - Standard			94,526.32
AWS No Upfront - Convertible			71,840.00
AWS Partial Upfront - Convertible			78,086.96
AWS Full Upfront - Convertible			78,086.96

Laskuoptimoituissa linux virtuaalikoneissa AWS on ”Pay as you go” kategoriassa edullisempi vaihtoehto. Azure on edullisempi vaihtoehto yhden että kolmen vuoden varatuissa instansseissa.

TAULUKKO 6. Laskuoptimoitujen Linux virtuaalikoneiden suorituskyky/hinta - vertailu

Linux Compute Optimized	PAY AS YOU GO	1 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED
AZURE On-Demand	5,342.78	9,020.89	14,807.14
AWS On-Demand	5,401.10		
AWS No Upfront - Standard		7,832.67	
AWS Partial Upfront - Standard		8,260.50	
AWS Full Upfront - Standard		8,401.71	
AWS No Upfront - Convertible		6,826.39	
AWS Partial Upfront - Convertible		7,175.18	
AWS Full Upfront - Convertible		7,308.55	
AWS No Upfront - Standard			11,170.45
AWS Partial Upfront - Standard			11,987.80
AWS Full Upfront - Standard			12,849.67
AWS No Upfront - Convertible			9,830.00
AWS Partial Upfront - Convertible			10,569.89
AWS Full Upfront - Convertible			10,802.20

Muistioptimoiduissa Linux virtuaalikoneissa AWS on parempi vaihtoehto kaikissa kategorioissa.

TAULUKKO 7. Muistioptimoitujen Linux virtuaalikoneiden suorituskyky/hinta -vertailu

Linux Memory Optimized	PAY AS YOU GO	1 YEAR RESERVED	3 YEAR RESERVED
AZURE On-Demand	1,400.00	2,380.13	3,721.70
AWS On-Demand	1,675.37		
AWS No Upfront - Standard		2,660.74	
AWS Partial Upfront - Standard		2,788.82	
AWS Full Upfront - Standard		2,850.79	
AWS No Upfront - Convertible		2,311.45	
AWS Partial Upfront - Convertible		2,427.03	
AWS Full Upfront - Convertible		2,477.24	
AWS No Upfront - Standard			3,695.47
AWS Partial Upfront - Standard			3,991.11
AWS Full Upfront - Standard			4,245.86
AWS No Upfront - Convertible			3,212.88
AWS Partial Upfront - Convertible			3,467.18
AWS Full Upfront - Convertible			3,542.41

### 5.3 Hallinto

Tampereen ammattikorkeakoululla on jo ennestään pilvi-infrastruktuuria Azuresa. Tämä antaa sille suuren edun verrattuna AWS:ään, jonka kanssa Tamkilla ei ole sopimusta. Sopimus Azuren kanssa tuo etuja, kuten 100 dollarin edestä krediittiä käytettäväksi Azuresa vuoden ajan, jokaiselle tietojenkäsittelyn opiskelijalle.

### 5.4 Yhteenveto

Jos tietojenkäsittelyn koulutusohjelmassa ryhdyttäisiin hyödyntämään pilvipalveluita, niin kannattaisi käyttää Azurea. Tamkissa jo ennestään hyödynnetään Azurea, joka antaa sille ison edun AWS:ään verrattaessa. Windows virtuaalikoneissa se on selvä vaihtoehto. Linux virtuaalikoneissa tilanne on tasaisempi.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli erittäin laaja. Azuressa on yli 100 palvelua, joista valitsin uskoakseni tärkeimmät tietojenkäsittelyn koulutuspolulle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi hintavertailuja Azuren ja AWS:än välillä. Hintavertailuissa vertailtiin kumpi pilvipalvelu tarjoaa parempaa vastinetta rahalle.

Haastattelun perusteella tikossa olisi halua käyttää pilvipalveluita, koska ne helpottaisivat toimintaa. Haluttuja palveluita olisivat virtuaalikoneet ja erilaiset tietokannat.

Virtuaalikoneita voitaisiin hyödyntää kussakin opintopolussa, niiden tarpeiden mukaan. Virtuaalikoneiden luonteen mukaan mahdollisuudet ovat loputtomat. Virtuaalikoneiden lisäksi kannattaa hankkia hallitut levyt jotta tiedot pysyvät tallessa, vaikka virtuaalikone käynnistettäisiin uudelleen. Virtuaalikoneiden lisäksi opintopoluilla voitaisiin hyödyntää joko SQL- tai NoSQL -tietokantoja, käyttötarkoituksesta riippuen.

Hintavertailussa saatiin selville, että Azure on hyvin kilpailukykyinen AWS:än kanssa. Vertailun perusteella järkevämmäksi vaihtoehdoksi valikoitui Azure. Azure on jo ennestään käytössä Tamkissa, jolloin käyttäjiä ei tarvitsisi siirtää tai luoda toiseen pilvipalveluun.

Lisäksi Azuren hinnoittelu on kilpailukykyinen AWS:än kanssa. Windows virtuaalikoneissa se oli huomattavasti edullisempi. Linux virtuaalikoneissa tilanne oli tasanaisempi mutta Azure oli silti kilpailukykyinen. Azuren laskutusmalli on AWS:ää anteeksiantavampi. Azure laskuttaa käytöstä minuuttien perusteella kun taas AWS laskuttaa Linux virtuaalikoneista sekunttien perusteella ja Windows virtuaalikoneista tuntien perusteella.

Jatkokehitystä voisi suorittaa tutkimalla Azuren muita palveluita, joita ei käyty lävitse tässä opinnäytetyössä. Toinen jatkokehitys olisi itse palveluiden käyttöönotto tietojenkäsittelyn koulutusohjelmassa. Kolmanneksi olisi tärkeää vertailla

Azuren ja AWS:än helppokäyttöisyyttä, eli kuinka helposti oppilaat ja opettajat onnistuvat käyttämään pilviympäristöä.

## LÄHTEET

Arjola, M. 2019 Amazon web services -palveluiden hyödyntäminen opetusympäristössä. Tampere.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/265442/Arjola\\_Mikko.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/265442/Arjola_Mikko.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Collier, M. & Shahan R. 2015. Microsoft Azure Essentials: Fundamentals of Azure. Washington: Microsoft. Luettu 5.4.2019.

[https://docs.microsoft.com/en-us/archive/blogs/microsoft\\_press/free-ebook-microsoft-azure-essentials-fundamentals-of-azure-second-edition](https://docs.microsoft.com/en-us/archive/blogs/microsoft_press/free-ebook-microsoft-azure-essentials-fundamentals-of-azure-second-edition)

Costello, K. & Goasduff, L. 2019. Gartner Says Worldwide IaaS Public Cloud Services Market Grew 31.3% in 2018. Artikkel. Gartner. Luettu 23.10.2019.

<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-29-gartner-says-worldwide-iaas-public-cloud-services-market-grew-31point3-percent-in-2018>

Foulds, I. 2018. Learn Azure in a Month of Lunches. New York. Manning. Luettu 9.4.2019.

[https://azure.microsoft.com/mediahandler/files/resourcefiles/learn-azure-in-a-month-of-lunches/Learn\\_Azure\\_in\\_a\\_Month\\_of\\_Lunches.pdf](https://azure.microsoft.com/mediahandler/files/resourcefiles/learn-azure-in-a-month-of-lunches/Learn_Azure_in_a_Month_of_Lunches.pdf)

Harvey, C. 2017 Microsoft Azure. Blogikirjoitus. Datamation. Luettu 6.10.2019.

<https://www.datamation.com/cloud-computing/microsoft-azure.html>

Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjaukset. 2018. Helsinki: Valtiovarainministeriö, Julkisen hallinnon pilvipalvelulinjausten työryhmä. Luettu 10.4.2019.

[https://vm.fi/documents/10623/1107406/VM\\_35\\_2018\\_Julk\\_hallinnon\\_pilvipalvelulinjaukset.pdf/a7ef16b7-025f-7d17-f906-d556e3455ef3/VM\\_35\\_2018\\_Julk\\_hallinnon\\_pilvipalvelulinjaukset.pdf?version=1.0](https://vm.fi/documents/10623/1107406/VM_35_2018_Julk_hallinnon_pilvipalvelulinjaukset.pdf/a7ef16b7-025f-7d17-f906-d556e3455ef3/VM_35_2018_Julk_hallinnon_pilvipalvelulinjaukset.pdf?version=1.0)

Lahoud, P. 2017 Choosing the right tooling for Azure and side by side Azure CLI and PowerShell commands. Blogikirjoitus. Microsoft. Luettu 17.10.2019.

<https://devblogs.microsoft.com/premier-developer/choosing-the-right-tooling-for-azure-and-side-by-side-azure-cli-and-powershell-commands/>

Mell, P. & Grance, T. 2011 The NIST Definition of Cloud Computing.

Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology. Luettu 9.4.2019.

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>

Microsoft. 2018a. Non-relational data and NoSQL. Dokumentaatio. Microsoft. Luettu 11.10.2019.

<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-guide/big-data/non-relational-data#keyvalue-data-stores>

Microsoft. 2018b. SLA for Virtual Machines. Julkaisu. Microsoft. Luettu 14.10.2019.

[https://azure.microsoft.com/en-us/support/legal/sla/virtual-machines/v1\\_8/](https://azure.microsoft.com/en-us/support/legal/sla/virtual-machines/v1_8/)

Microsoft 2019a. Choose the right deployment option in Azure SQL. Dokumentaatio. Microsoft. Luettu 17.10.2019.

<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/sql-database/sql-database-paas-vs-sql-server-iaas>

Microsoft. 2019b. Introduction to Azure Cosmos DB: Gremlin API. Dokumentaatio. Microsoft. Luettu 18.10.2019.

<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cosmos-db/graph-introduction>

MongoDB. n.d. NoSQL Databases Explained. Luettu 18.10.2019.

<https://www.mongodb.com/nosql-explained>

MongoDB. n.d. What Is MongoDB? Luettu 18.10.2019.

<https://www.mongodb.com/what-is-mongodb>

Opettaja 1. Aalto, J. 2019. Haastattelu 25.4.2019. Haastattelijat Sjöberg, J. & Arjola, M. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Opettaja 2. Pekkanen, P. 2019. Haastattelu 15.4.2019. Haastattelijat Sjöberg, J. & Arjola, M. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Opettaja 3. Yliruusi, P. 2019. Haastattelu 25.4.2019. Haastattelijat Sjöberg, J. & Arjola, M. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Technical City. n.d. Intel Xeon Platinum 8175M vs Platinum 8175. Luettu 25.11.2019.

<https://technical.city/en/cpu/Xeon-Platinum-8175M-vs-Xeon-Platinum-8175>

Tulloch, M. 2013. Introducing Windows Azure For IT Professionals. Washington: Microsoft. Luettu 23.9.2019.

[https://download.microsoft.com/DOWNLOAD/D/6/7/D670D322-5771-409E-BF34-5B98496DEB0A/MICROSOFT\\_PRESS\\_EBOOK\\_INTRODUCING\\_AZURE\\_PDF.PDF](https://download.microsoft.com/DOWNLOAD/D/6/7/D670D322-5771-409E-BF34-5B98496DEB0A/MICROSOFT_PRESS_EBOOK_INTRODUCING_AZURE_PDF.PDF)

Vihavainen, A. & Luukkainen, M. 2017 Tietokantojen perusteet. Kurssimateriaali. Helsingin yliopisto. Luettu 16.10.2019.

<https://tietokantojen-perusteet.github.io/>

Yrjölä, T. 2019. Kvalitatiiviset menetelmät. Kurssiaineisto. Tampere. Luettu 14.3.2019.



## LIITTEET

### Liite 1. Haastattelun haastattelurunko

#### 1. Selostus opinnäytetyön aiheesta

Opinnäytetyömme aiheena ovat pilvipalvelut, Azure ja AWS, ja niiden hyödyntäminen tietojenkäsittelyn koulutusohjelman koulutuksessa.

Haastattelun tarkoituksena on kartoittaa pilvipalveluiden tarvetta tikon opetuksessa.

#### 2. Kysymykset

##### Yleiset

Ovatko pilvipalvelualustat kuten Azure & AWS entuudestaan tuttuja? Mitkä palvelut on jo entuudestaan tuttuja (virtualisointi, tietokannat, verkkosivujen luonti, mobiilisovellukset, tietoverkkopalvelut)

Käytättekö julkisten pilvipalveluiden palveluita opetuksessa jo ennestään?

-----

-

##### WEB kysymykset

Haluaisitteko luoda ja ylläpitää verkkosivuja hyödyntäen pilvipalvelualustoja?

Hyödynnättekö jo ennestään SQL-tietokantoja?

Olisiko tarvetta siirtää jo luotuja SQL-tietokantoja pilveen?

-----

-

##### OT kysymykset

Mobiilisovellusten ja Web applikaatioiden luonti ja ylläpito pilvipalvelualustassa.

Voisitteko hyödyntää Microsoft Visual studio ohjelmankehitysympäristöä pilvipalveluympäristössä?

-----

-

##### PELI kysymykset

Useat pelit hyödyntävät nykyisin pilvipalvelualustojen resursseja, voitaisiinko niitä hyödyntää tietojenkäsittelyn pelikoulutuksessa?

-----

-----

Olisiko tarvetta tuottaa dokumentteja kuten ohjeita palveluiden käyttämisessä?

Microsoft tarjoaa tietojenkäsittelyn opiskelijoille 100:n dollarin edestä arvoa käytettäväksi Azureen. Oletteko tietoinen tästä? Voitaisiinko tätä tarjousta hyödyntää opetuksen toteutuksessa?

## Liite 2. Yleistarkoituksellisten Windows virtuaalikoneiden hinnat

GENERAL PURPOSE SERVICE	WINDOWS		2 vCPU		4 GB RAM		UPFRONT COST	PAY AS YOU GO	ONE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	THREE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	3 YEAR RESERVED WITH AZURE HYBRID BENEFIT (% SAVINGS)
	INSTANCE	PAYMENT OPTION	TYPE								
AZURE	B2S	On-Demand			\$0	\$0.056/hour	\$0.0361/hour (~36%)	\$0.0261/hour (~53%)	\$0.0181/hour (~68%)		
AWS	t3.medium	On-Demand			\$0	\$0.0616/hour					
AWS	t3.medium	No Upfront	Standard		\$0		\$0.049/hour (~20%)				
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Standard		\$209		\$0.048/hour (~23%)				
AWS	t3.medium	All Upfront	Standard		\$413		\$0.047/hour (~23%)				
AWS	t3.medium	No Upfront	Convertible		\$0		\$0.054/hour (~13%)				
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Convertible		\$228		\$0.052/hour (~16%)				
AWS	t3.medium	All Upfront	Convertible		\$450		\$0.051/hour (~17%)				
AWS	t3.medium	No Upfront	Standard		\$0		\$0.040/hour (~35%)				
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Standard		\$506		\$0.039/hour (~37%)				
AWS	t3.medium	All Upfront	Standard		\$981		\$0.037/hour (~39%)				
AWS	t3.medium	No Upfront	Convertible		\$0		\$0.043/hour (~30%)				
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Convertible		\$546		\$0.042/hour (~33%)				
AWS	t3.medium	All Upfront	Convertible		\$1,080		\$0.041/hour (~33%)				

## Liite 3. Laskuoptimoitujen Windows virtuaalikoneiden hinnat

COMPUTE OPTIMIZED SERVICE	WINDOWS	8 vCPU	16 GB RAM	UPFRONT COST	PAY AS YOU GO	ONE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	THREE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	3 YEAR RESERVED WITH AZURE HYBRID BENEFIT (% SAVINGS)
	INSTANCE	PAYMENT OPTION	TYPE					
AZURE	F8s v2	On-Demand		\$0	\$0.74/hour	\$0.5978/hour (~19%)	\$0.5080/hour (~31%)	\$0.1400/hour (~81%)
AWS	c5.2xlarge	On-Demand		\$0	\$0.7320/hour			
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Standard	\$0		\$0.619/hour (~15%)		
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Standard	\$2,658		\$0.606/hour (~17%)		
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Standard	\$5,274		\$0.602/hour (~18%)		
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Convertible	\$0		\$0.656/hour (~10%)		
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$2,815		\$0.642/hour (~12%)		
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Convertible	\$5,581		\$0.6376/hour (~13%)		
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Standard	\$0			\$0.544/hour (~26%)	
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Standard	\$6,978			\$0.532/hour (~27%)	
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Standard	\$13,699			\$0.521/hour (~29%)	
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Convertible	\$0			\$0.568/hour (~22%)	
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$7,275			\$0.554/hour (~24%)	
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Convertible	\$14,452			\$0.550/hour (~25%)	

Liite 4. Muistioptimoitujen Windows virtuaalikoneiden hinnat

MEMORY OPTIMIZED SERVICE	WINDOWS INSTANCE	16 vCPU PAYMENT OPTION	128 GB RAM TYPE	UPFRONT COST	PAY AS YOU GO	ONE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	THREE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	3 YEAR RESERVED WITH AZURE HYBRID BENEFIT (% SAVINGS)
AZURE	E16 v3	On-Demand		\$0	\$2.016/hour	\$1.4889/hour (~26%)	\$1.2175/hour (~40%)	\$0.4815/hour (~76%)
AWS	r5.4xlarge	On-Demand		\$0	\$1.8080/hour			
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Standard	\$0		\$1.411/hour (~22%)		
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Standard	\$6,041		\$1.380/hour (~24%)		
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Standard	\$11,969		\$1.366/hour (~24%)		
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Convertible	\$0		\$1.513/hour (~16%)		
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$6,463		\$1.476/hour (~18%)		
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Convertible	\$12,797		\$1.461/hour (~19%)		
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Standard	\$0			\$1.222/hour (~32%)	
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Standard	\$15,587			\$1.186/hour (~34%)	
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Standard	\$30,464			\$1.159/hour (~36%)	
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Convertible	\$0			\$1.295/hour (~28%)	
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$16,475			\$1.254/hour (~31%)	
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Convertible	\$32,677			\$1.243/hour (~31%)	

Liite 5. Yleistarkoituksellisten Linux virtuaalikoneiden hinnat

GENERAL PURPOSE SERVICE	LINUX INSTANCE	2 vCPU PAYMENT OPTION	4 GB RAM TYPE	UPFRONT COST	PAY AS YOU GO	ONE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	THREE YEAR RESERVED (% SAVINGS)
AZURE	B2S	On-Demand		\$0	\$0.048/hour	\$0.0281/hour (~42%)	\$0.0181/hour (~62%)
AWS	t3.medium	On-Demand		\$0	\$0.0432/hour		
AWS	f3.medium	No Upfront	Standard	\$0		\$0.031/hour (~29%)	
AWS	f3.medium	Partial Upfront	Standard	\$128		\$0.029/hour (~32%)	
AWS	t3.medium	All Upfront	Standard	\$251		\$0.029/hour (~34%)	
AWS	f3.medium	No Upfront	Convertible	\$0		\$0.035/hour (~18%)	
AWS	f3.medium	Partial Upfront	Convertible	\$148		\$0.034/hour (~22%)	
AWS	t3.medium	All Upfront	Convertible	\$289		\$0.033/hour (~24%)	
AWS	f3.medium	No Upfront	Standard	\$0			\$0.022/hour (~50%)
AWS	t3.medium	Partial Upfront	Standard	\$264			\$0.020/hour (~53%)
AWS	f3.medium	All Upfront	Standard	\$497			\$0.019/hour (~56%)
AWS	t3.medium	No Upfront	Convertible	\$0			\$0.025/hour (~42%)
AWS	f3.medium	Partial Upfront	Convertible	\$304			\$0.023/hour (~46%)
AWS	t3.medium	All Upfront	Convertible	\$596			\$0.023/hour (~48%)

Liite 6. Laskuoptimoitujen Linux virtuaalikoneiden hinnat

COMPUTE OPTIMIZED	LINUX	8 vCPU	16 GB RAM					
SERVICE	INSTANCE	PAYMENT OPTION	TYPE	UPFRONT COST	PAY AS YOU GO	ONE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	THREE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	
AZURE	F8s v2	On-Demand		\$0	\$0.388/hour	\$0.2298/hour (~41%)	\$0.1400/hour (~64%)	
AWS	c5.2xlarge	On-Demand		\$0	\$0.364/hour			
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Standard	\$0		\$0.251/hour (~31%)		
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Standard	\$1,046		\$0.238/hour (~35%)		
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Standard	\$2,050		\$0.234/hour (~36%)		
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Convertible	\$0		\$0.288/hour (~21%)		
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$1,203		\$0.274/hour (~25%)		
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Convertible	\$2,357		\$0.269/hour (~26%)		
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Standard	\$0			\$0.176/hour (~52%)	
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Standard	\$2,143			\$0.164/hour (~55%)	
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Standard	\$4,028			\$0.153/hour (~58%)	
AWS	c5.2xlarge	No Upfront	Convertible	\$0			\$0.200/hour (~45%)	
AWS	c5.2xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$2,439			\$0.186/hour (~49%)	
AWS	c5.2xlarge	All Upfront	Convertible	\$4,781			\$0.182/hour (~50%)	

Liite 7. Muistioptimoitujen Linux virtuaalikoneiden hinnat

MEMORY OPTIMIZED SERVICE	LINUX INSTANCE	16 vCPU PAYMENT OPTION	128 GB RAM TYPE	UPFRONT COST	PAY AS YOU GO	ONE YEAR RESERVED (% SAVINGS)	THREE YEAR RESERVED (% SAVINGS)
AZURE	E16 v3	On-Demand		\$0	\$1.28/hour	\$0.7529/hour (~41%)	\$0.4815/hour (~62%)
AWS	r5.4xlarge	On-Demand		\$0	\$1.072/hour		
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Standard	\$0		\$0.675/hour (~37%)	
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Standard	\$2,817		\$0.644/hour (~40%)	
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Standard	\$5,522		\$0.630/hour (~41%)	
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Convertible	\$0		\$0.777/hour (~28%)	
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$3,240		\$0.740/hour (~31%)	
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Convertible	\$6,350		\$0.725/hour (~32%)	
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Standard	\$0			\$0.486/hour (~55%)
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Standard	\$5,916			\$0.450/hour (~58%)
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Standard	\$11,122			\$0.423/hour (~61%)
AWS	r5.4xlarge	No Upfront	Convertible	\$0			\$0.559/hour (~48%)
AWS	r5.4xlarge	Partial Upfront	Convertible	\$6,804			\$0.518/hour (~52%)
AWS	r5.4xlarge	All Upfront	Convertible	\$13,335			\$0.507/hour (~53%)