

Samuli Kumpulainen

# VMware vCloud Director käyttöönotto



vmware®

Tietojenkäsittely,

Tradenomi

Syysy 2017



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Tiivistelmä

**Tekijä:** Kumpulainen Samuli

**Työn nimi:** VMware vCloud Director käyttöönotto

**Tutkintonimike:** Tietojenkäsittely, Tradenomi

**Asiasanat:** VMware, vCloud, Pilvi, Virtualisointi

Virtualisointi on nykypäivän palvelinympäristöissä yleistynyt teknologia, joka mahdollistaa useiden palvelimien ajamisen yhden fyysisen palvelinraudan päällä. Virtualisoimalla palvelinkapasiteettia, voidaan IT-kuorma käyttää tehokkaasti ja joustavasti, sekä tarjota sitä edelleen esimerkiksi pilvipalveluna loppukäyttäjälle. VMware on virtualisoinnin ja pilvipalvelujen saralla yksi merkittävimmistä tekijöistä ja tarjoaa kattavan valikoiman tuotteita tällaisten ratkaisujen toteuttamiseen. VMwaren ohella isoja toimijoita ovat esimerkiksi Microsoft ja Red Hat.

VMware virtualisointi-infrastruktuuri on kattava, joustava ja mukautuva ympäristö. Siihen on mahdollista liittää VMwaren laajasta tuotevalikoimasta komponentteja toteuttamaan haluttuja ominaisuuksia. Virtuaaliympäristön keskeisin komponentti on kuitenkin vSphere, joka muodostuu ESXi hypervisor hosteista ja keskitetystä vCenter hallinnasta. vSpheren päälle on mahdollista rakentaa infrastruktuuria vastaamaan eri tarpeisiin. vCloud Director esimerkiksi on pilvipalvelualusta, joka rakentuu vSpheren päälle ja tarjoaa tämän virtuaaliresursseja pilvipalveluna loppukäyttäjälle. vCloud Director mahdollistaa käyttäjän muodostaa omia palvelinympäristöjä käyttämällä taustalla toimivan VMware infrastruktuurin resursseja.

Aihe työhön tuli toimeksiantaja yritykseltä Herman IT Oy ja se on osa isompaa asiakkaan tilaamaa transitioprojektia. Työssä käydään läpi yleisellä tasolla ympäristön komponentit, niiden toimintaperiaatteet, sekä taustalla toimivat teknologiat. Käytännönsuus koostuu vCloud Director -ympäristön käyttöönottoprosessin kuvaamisesta, sekä yleisesti työn toteuttamisesta ja transitioprojektissa toimimisesta. Ympäristön käyttöönotto toteutetaan testiympäristössä suunnitellun tuotantoympäristön sijasta projektin aikataulumuutosten ja infrastruktuurimuutosten takia, huomioiden kuitenkin asiakkaan tarpeet ja vaatimukset. Työ antaa hyvän peruskäsityksen ympäristön toiminnasta, sekä rakentaa hyvän pohjan tuotantoympäristön toteuttamiselle.

## **Abstract**

**Author:** Kumpulainen Samuli

**Title of the Publication:** VMware vCloud Director Setup

**Degree Title:** Bachelor of IT-business

**Keywords:** VMware, vCloud, Cloud, Virtualization

Virtualization has become more common in modern IT- and server environments. It allows multiple servers to run simultaneously on single physical hardware. Virtualization makes it possible to run IT-load more effectively and flexibly plus present it as cloud-service for the user. VMware is one of the biggest virtualization and cloud platform providers and it provides a wide selection of products for different infrastructure configurations. Microsoft and Red Hat are also big players on the industry alongside VMware.

VMware virtualization infrastructure is a comprehensive, flexible and adaptable environment. It makes it possible to add components from a wide selection to provide wanted features. Main component for VMware virtualization infrastructures is vSphere, which contains ESXi hypervisor hosts and centralized vCenter control. vSphere makes possible to add component on top of it to provide wanted features. One such component is vCloud Director cloud platform, which is built on top of vSphere environment and provides vSphere virtualization resources as cloud capacity for end-users. vCloud Director allows users to build their own IT-infrastructures using VMware infrastructure on the background.

The topic for this Bachelor's thesis came from, Herman IT Ltd. and it is part of a bigger transition project for customers. In this thesis, introduction to the environment, components, its features and technologies working in background is provided. Practical implementation contains a description of vCloud Director environment setup and transition project in general. The environment will be installed on test setting instead of originally planned production environment because of changes in project schedule and infrastructure, still taking care of customer's demands and needs. The thesis will give a good basic understanding on vCloud Director-environment operations and good base to build a production environment in the future.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Palvelinvirtualisointi .....	2
3	Pilvipalvelut .....	3
3.1	Pilvityypit .....	3
3.2	Jakelumallit .....	4
4	VMware .....	5
4.1	vSphere .....	5
4.1.1	ESXi .....	6
4.1.2	vCenter .....	6
5	Vcloud Director .....	7
5.1	Arkkitehtuuri .....	7
5.1.1	vCloud Director Server .....	8
5.1.2	vCloud-tietokanta .....	9
5.1.3	NSX .....	9
5.1.4	Lisäpalikat .....	9
5.2	Käyttöliittymä .....	10
5.3	Ominaisuudet .....	11
5.3.1	Alusta .....	11
5.3.2	Virtuaalikoneiden hallinta .....	12
5.3.3	Käyttäjien hallinta .....	12
5.4	Verkot .....	13
5.4.1	Verkkotyypit .....	13
5.4.2	Network pool .....	14
5.4.3	Tietoturva .....	16
6	Kilpailevat tuotteet .....	17
6.1	Red Hat Cloudforms .....	17
6.2	Microsoft Azure stack .....	18
7	Herman IT Oy .....	19
8	Käytännön toteutus .....	20

8.1.1	Tuotteen valinta ja vaatimukseen vastaaminen. Miksi juuri vCloud? 20	
8.2	Lähtötilanne .....	22
8.2.1	Vaatimukset.....	22
8.2.2	Ympäristö .....	23
8.3	Transitio .....	23
8.4	Asennus.....	24
8.4.1	Esivalmistelut.....	24
8.4.2	NSX .....	26
8.4.3	Tietokanta.....	28
8.4.4	VCloud director .....	30
8.5	Konfigurointi ja käyttö .....	32
8.5.1	Tarjottavat ominaisuudet.....	33
8.6	Lopputulos .....	36
8.7	Haasteet.....	36
8.8	Jatkokehitys .....	37
9	Yhteenveto.....	38
	Lähteet:.....	39

## Symboliluettelo

Active Directory:	Windows- toimialueen hakemistopalvelu ja käyttäjätietokanta, joka sisältää toimialueen tiedot käyttäjistä, koneista ja verkkoresursseista
API:	Application Programming Interface eli ohjelmistorajapinta määrittelee yhteydet ohjelmistojen eri komennoinnilla ja mahdollistaa ohjelmistojen väliset keskustelut ja pyynnöt
Appliance:	Valmiiksi asennettu laitepaketti
CMDB:	Configuration Management Database on organisaation IT-infrastruktuurin komponentit ja resurssit sisältävä tietokanta
Datakeskus:	Palvelinkeskus on kokonaisuus, joka pitää sisältää useita palvelimia
DHCP:	Dynamic Host Configuration Protocol on verkkoprotokolla, joka generoi ja jakaa IP-osoitteita verkon laitteille
Distributed Switch:	Keskitetty verkkohallintakomponentti
DRS:	Dynamic Resource Scheduler työkuorman jakamiseen tarkoitettu ominaisuus
Edge Gateway:	Verkon rajalla toimiva verkkolaite, joka huolehtii verkkojen välisen liikenteen muodostamisesta. Voi sisältää palveluja kuten: palomuri, DHCP, NAT ja VPN
HA:	High Availability on IT-palveluille suunniteltu malli, jonka mukaisesti palvelun tulisi olla aina saatavilla
HTTP:	Hypertext Transfer Protocol tiedonsiirtoprotokolla
Hypervisor:	Ohjelmisto, joka mahdollistaa palvelinraudan resurssien virtualisoinnin ja jakamisen
Kerneli:	Käyttöjärjestelmän ydin
L2:	Siirtoyhteyserkos on OSI-mallin kerros, joka kehystää ylempien kerroksien tietoliikennepaketin fyysistä siirtoa varten

L3:	Verkkokerros on OSI-mallin kerros, joka, mahdollistaa ylempien kerrosten tietoliikennepaketin välittämisen tietokoneiden välillä erilaisten verkkoratkaisujen yli
LDAP:	Lightweight Directory Access Protocol on hakemistopalvelujen, kuten Active Directoryn käyttöön suunniteltu verkkoprotokolla
MAC-in-MAC:	Verkkoarkkitehtuuri, joka mahdollistaa verkkojen erittelyn
MTU:	Maximum Transmission Unit on suurin sallittu datayksikkö verkon liikennöinnissä
NAT:	Network Address Translation osoitteenmuutospalvelu tekniikka, joka mahdollistaa IP-osoitteiden piilottamisen ja useiden tietokoneiden yhteyden jakamisen yhdellä jaetulla IP-osoitteella
OVF:	Open Virtualization format on avoin standardi virtuaalilaitteistojen pakkaamiseen ja jakeluun
Pilvipalvelu:	Verkon yli tarjottavia palveluja
Portgroup:	Porttiryhmä, joka sisältää useita kytkinportteja yhteyksiä varten
RBA:	Role Based Administration eli roolipohjainen käyttäjänhallinta
Resourcepool:	Resurssivaranto, joka sisältää virtuaalisoituja resursseja virtuaaliohjelmistojen käyttöön
SDD-palvelu:	Software Defined Datacenter on virtuaalisoitu datakeskus, joka tarjoaa virtuaalisoituja palveluja
SDK:	Software Development Kit ohjelmistokehitys paketti, joka yleensä sisältää työkaluja ohjelmistokehitystä varten
Single Sign ON:	Kertakirjautuminen on menetelmä, jolla pyritään käyttämään eri järjestelmiin kirjautumiseen yksittäistä kirjautumislähdettä
Skripti:	Komentosarjoja sisältävä tiedosto
Snapshot:	Kaappaus virtuaalikoneen sen hetkisestä tilasta

Tietokanta:	Tietokoneen muistissa toimiva ohjelmisto, joka koostuu tieto ja tiedostokokoelmista
Vapp:	Virtuaaliohjelmisto, joka voi sisältää useita virtuaalikoneita
VDC:	Virtuaalinen datakeskus, joka tarjoaa virtuaalisia resursseja virtuaaliohjelmistojen käyttöön
Virtuaalikone:	Virtuaaliresursseista luotu palvelin
Virtualisointi:	Fyysisten palvelinresurssien muuttamista virtuaalisiksi resursseiksi, joka mahdollistaa niiden jakamisen loogiseksi kokonaisuudeksi
VLAN:	Virtual Local Area Network on verkkotekniikka, joka mahdollistaa fyysisen tietoverkon jakamisen loogiseksi kokonaisuudeksi
VLAN ID:	VLAN:n tunniste
VPN:	Virtual Private Network eli virtuaalinen eristeverkko on verkkotekniikka, jolla kaksi tai useampaa verkkoa voidaan yhdistää julkisen verkon läpi eristetyllä verkkoputkella
VXLAN:	Virtual Extensible Lan



## 1 Johdanto

Virtualisointi ja pilvipalvelut ovat nykypäivän IT-ylläpidon keskeisimpiä palveluja ja tehtäviä. Palvelut pyritään tarjoamaan mahdollisimman kustannustehokkaalla, mukautuvalla ja ylläpidollisestikin tehokkaimmalla tavalla. VMware on yksi merkittävimmistä ja vanhimista tällaisia palveluratkaisuja tarjoavista toimijoista ja mahdollistaa tuotteillaan monipuolisten infrastruktuuriratkaisujen rakentamisen.

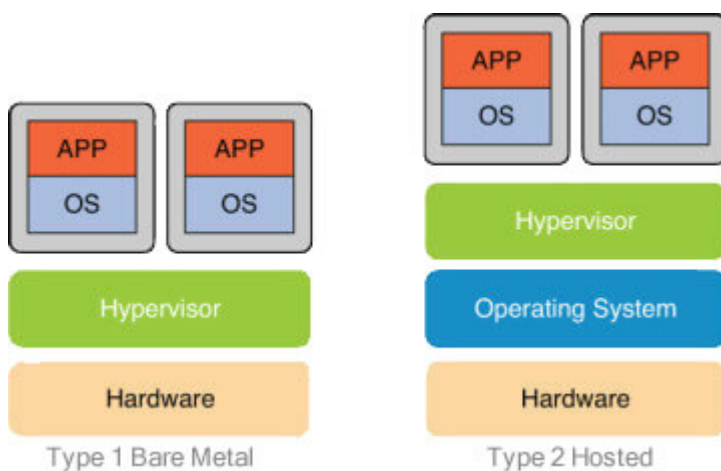
Opinnäytetyö käsittelee virtualisointia, sekä pilvipalveluja ja kuinka VMware tuotteet pystyvät tarjoamaan halutunlaisia infrastruktuuriratkaisuja. Työ painottuu vCloud -pilvipalvelutuotteeseen tutustumiseen ja tilaustyönä tehtävään käyttöönottoprosessiin. Työ koostuu teoria-aineiston perusteella tehtyyn selvitystyöhön, sekä käytännön käyttöönottoprosessin kuvaamisesta. Työn tavoitteena on syventää VMware tietämystä ja hankkia kokemusta tuotantoympäristössä toimimisesta, sekä projektityöskentelystä.

Toimeksiantajana ja yhteistyökumppanina työlle toimi Herman IT Oy, jonka ympäristöön käytännön toteutus rakennetaan ja jolle selvitystyö järjestelmän toiminnasta toimitetaan. Työ on osa toimeksiantoyritykseltä tilattua transitioprojektia.

## 2 Palvelinvirtualisointi

Palvelinvirtualisointi perustuu siihen ideaan, että yhden fyysisen palvelimen resurssit jaetaan pienempiin palasiin ja muodostaa niistä useita virtuaalipalvelimia. Näin se mahdollistaa palvelinresurssien tehokkaan hyödyntämisen, sekä säästöjä muun muassa käyttötilassa ja jäähdytyskustannuksissa. Virtualisointi mahdollistetaan yhdistämällä fyysinen palvelinrauta ohjelmistokerrokseen ja hypervisorin, joka tarjoaa resursseja eteenpäin sen päälle asennetuille palvelimille eli virtuaalikoneille. (Opensource 2017.)

Hypervisor on ohjelmisto, joka mahdollistaa palvelinraudan virtualisoinnin. Hypervisoreita on kahdenlaisia (kuva1). Se voi toimia suoraan raudan (bare metal hypervisor) tai käyttöjärjestelmän päällä (hosted hypervisor). Hypervisor ylläpitää virtuaalikoneita ja mahdollistaa niiden luomisen, sekä laskenta- tietoliikenne ja tallennuskapasiteetin hallinnoinnin. Tunnettuja hypervisoreja ovat muun muassa: KVM (Kernel- based Virtual Machine), Citrix XenServer, RHEV (Red Hat Enterprise Virtualization), Microsoft Hyper-V ja VMware ESXi. (Opensource 2017, Davis 2013.)



Kuva 1 Bare metal hypervisor vs Hosted hypervisor (Webtechmag 2017.)

Virtuaalikone puolestaan emuloi vastaavaa fyysistä laitetta ja käyttäytyy kuin normaali palvelinlaitteisto, kuitenkin operoiden hypervisorin päällä palvelinraudan sijasta. Hypervisor näyttää virtuaalikoneelle sen käytettävissä olevat resurssit palvelinraudalta, jonka päälle käyttäjä voi asentaa haluamansa käyttöjärjestelmän. (Opensource 2017.)

### 3 Pilvipalvelut

Pilvipalvelut tarkoittavat palvelun tarjoamista internetin tai sisäverkon yli. Tällaisia palveluja voivat olla esimerkiksi virtuaalisoidut infrastruktuuriresurssit, käyttöjärjestelmät tai jopa yksittäiset ohjelmistot.

#### 3.1 Pilvityypit

Pilvipalvelua luodessa tulee organisaation miettiä, minkälainen pilvityyppi sopii parhaiten heidän tarpeisiinsa. Pilvipalvelu voidaan tehdä joko julkiseen- yksityiseen- tai hybridipilveen.

Julkinen pilvi (public cloud) on pilvipalveluyritysten tarjoamaa, useille yhtäaikaiselle asiakkaalle käytössä olevaa pilvipalvelua. Palvelun tarjoaja huolehtii pilven ylläpidosta eikä asiakkaan tarvitse välittää esimerkiksi fyysisten palvelimien toiminnasta. (IBM 2017.)

Yksityinen pilvi (private cloud) puolestaan tarjoaa pilvipalvelujaan dedikoidusti vain yhdelle organisaatiolle. Palvelukonsepti tarjoaa organisaatiolle laajemmat hallintamahdollisuudet ja muun muassa mahdollisuuden tietoturvan määrittelyyn, sekä ympäristön eristämisen, mutta samalla myös lisää vastuuta ylläpidossa. (IBM 2017.)

Hybridipilvi (hybrid cloud) taas yhdistää kaksi edellistä palvelumallia. Palvelumallissa luodaan sekä julkinen että yksityinen pilvi, joiden välillä sitten työkuormia ja dataa siirretään halutulla tavalla. Pilvien yhdistäminen mahdollistaa molempien mallien hyvien puolien hyödyntämisen organisaation parhaalla katsomallaan tavalla. (IBM 2017.)

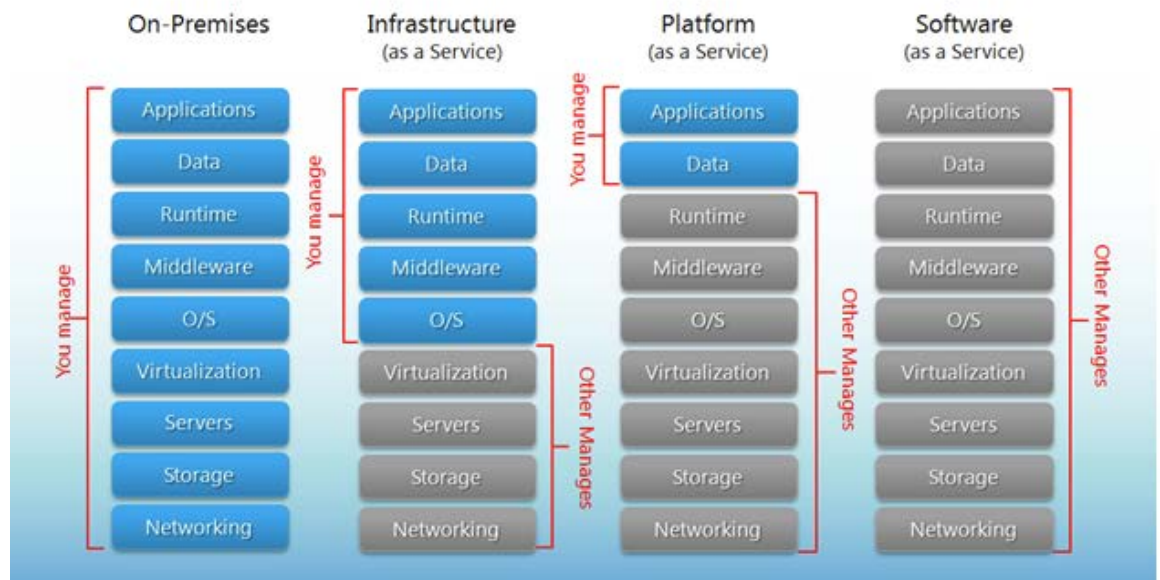
### 3.2 Jakelumallit

Tarjotessa pilvipalveluja on myös mietittävä kuinka paljon hallintaa ja samalla myös vastuuta loppukäyttäjälle halutaan antaa, sekä minkälaisia palveluja käyttäjälle halutaan näyttää. Pilvipalvelu voidaan tarjota kolmella eri jakelumallissa (kuva 2): IaaS, SaaS ja PaaS.

Infrastructure as a service eli IaaS mahdollistaa käyttäjälle nimensä mukaisesti infrastruktuurin hallintaa verkon yli pilvestä. Se tarjoaa virtuaaliressusseja järjestelmästä, joita käyttäjä voi hyödyntää esimerkiksi luomalla virtuaalikoneita. (Remde 2011.)

Platform as a Service eli PaaS tarjoaa ohjelmistoja pilveen. Ylläpidettävä infrastruktuuri on palveluntarjoajan hallinnoima, mutta loppukäyttäjä voi hallinnoida ja ottaa yhteyden pilvessä tarjottuihin ohjelmistoihin ja esimerkiksi käyttöjärjestelmiin asentamatta niitä paikallisesti. (Remde 2011.)

Software as a Service eli SaaS puolestaan tarjoaa vain suoraan käyttäjän pilveen ohjelmistoja, jolloin käyttäjän ei tarvitse asentaa ohjelmistojaan paikalliselle käyttöjärjestelmälle. Tarjottavat palvelut ovat täysin palveluntarjoajan ylläpidossa, eikä käyttäjän tarvitse huolehtia esimerkiksi ohjelmistojen konfiguroinnista ja päivittämisestä. (Remde 2011.)



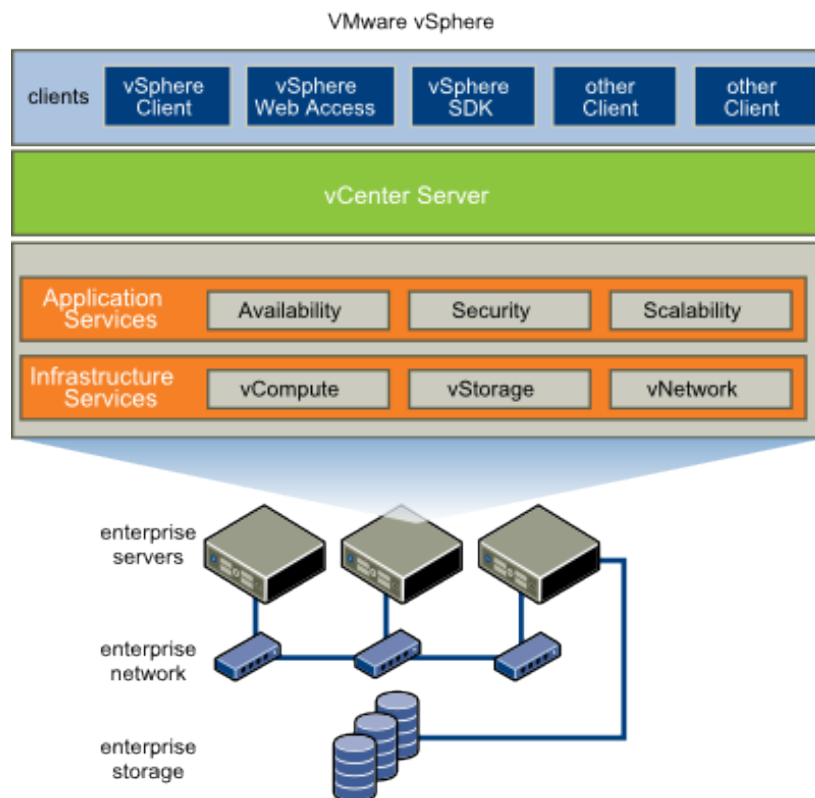
Kuva 2 Jakelumallit ja vastuu käyttäjän näkökulmasta (Remde 2011.)

## 4 VMware

VMware yksi johtavista toimijoista virtualisoinnin saralla. Yritys on erikoistunut ja keskittynyt virtualisointiratkaisujen kehittämiseen ja onkin yksi suurimmista ja suosituimmista virtuaalipalvelutuottajista. VMware-tuotteet pyrkivät tarjoamaan kustannustehokkaampia, automatisoituja ja joustavia IT-infrastruktuuriratkaisuja. Merkittäviä tuotteita ovat esimerkiksi ESXi, vCenter, Workstation, NSX ja vCloud. (VMware 2017 e.)

### 4.1 vSphere

vSphere on VMwaren ohjelmistopaketti virtuaalisten datakeskusten luontiin ja ylläpitoon. Yksinkertainen vSphere-ympäristö koostuu ESXi-hosteista, sekä vCenter-serveristä, mutta sitä voidaan myös kasvattaa lukuisilla VMware-tuotteilla. (VMware 2009.)



Kuva 3 vSphere arkkitehtuuri (Dell 2012.)

#### 4.1.1 ESXi

VMware ESXi on ensimmäisen tyypin bare metal hypervisor. Se pohjautuu kevyeen Linux-kerneliin ja hallinnoi palvelinrautaa tarjoten sen resursseja virtualisoituna VMware ympäristön komponenteille. ESXi on VMware infrastruktuurin kivijalka, jonka päälle muu ympäristö yleensä rakentuu. (VMware 2009.)

#### 4.1.2 vCenter

VMware vCenter Server:iä voidaan pitää vSphere-ympäristön keskuksena. Se hallinnoi keskitetysti ESXi hosteja ja niiden ylläpitämiä palveluja. Se toimii konfiguroinnin hallinnan ja ylläpidon keskuksena, sekä mahdollistaa virtuaaliympäristön kannalta keskeisiä ominaisuuksia kuten esimerkiksi virtuaalikoneiden siirron ja kloonauksen, tehtävien automatisoinnin, varmuuskopioiden hallinnan, sekä korkean saatavuuden ominaisuudet (high availability). (VMware 2009.)

## 5 Vcloud Director

VMware Vcloud Director on VMwaren pilvipalveluratkaisu, joka tarjoaa organisaatioille julkisia (public), rajoitettuja (private) ja sulautettuja (hybrid) pilvipalveluresursseja vSphere-ympäristöstä. VCloud director mahdollistaa virtuaalisten datakeskusten luomisen ja sitä kautta ohjelmistomääritelyjä palveluja (software-defined service) loppukäyttäjälle, kuten laskenta-, verkko- ja tallennustilakapasiteetin tarjoamisen, resurssien hallinnoinnin, optimoinnin ja automatisoinnin, käyttäjä- ja ympäristöpolitiikkojen hallinnan, sekä tietoturva-asetusten määrittelyyn. (VMware 2017a.)

### 5.1 Arkkitehtuuri

Yksinkertaisimmillaan Vcloud Director -asennus koostuu viidestä komponentista (kuva 4):

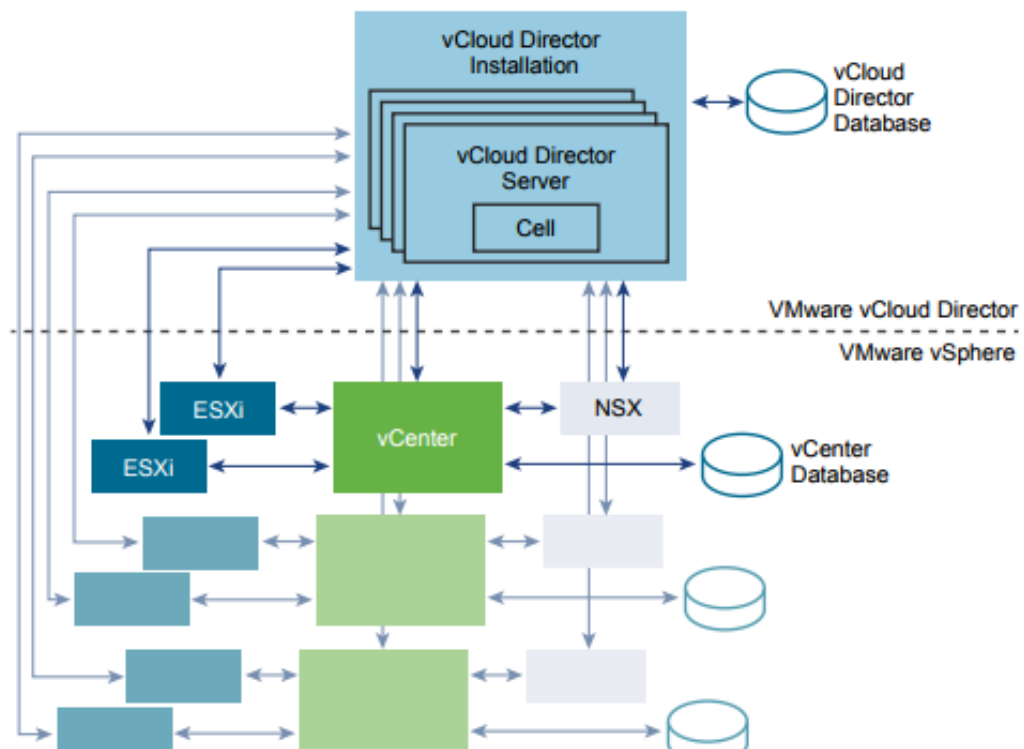
vSphere:

- ESXi –hosteista
- Vcenter -serveristä ja tietokannasta
- NSX-verkkohallinnasta

vCloud director:

- vCloud director- tietokannasta
- vCloud director-serveristä

(VMware 2017b, 7.)



Kuva 4 Vcloud arkkitehtuuri (VMware 2017b, 8.)

VCloud director rakentuu siis perinteisen vSphere -ympäristön päälle ja hallitsee näin vCenter:in resursseja ja hosteja, sekä NSX:n kautta verkkoyhteyksiä.

#### 5.1.1 vCloud Director Server

Jokainen Vcloud-ympäristö muodostuu yhdestä tai useammasta Linux-palvelimesta, johon vCloud director asennetaan ja muodostaen näin vCloud-solun. Yksittäinen solu voi hallinnoida useita vSphere-ympäristöjä. (VMware 2017a.)

VCloud Director Server Group muodostuu yhdestä tai useammasta vCloud-solusta. Jokainen ryhmän solu jakaa yhteisen tietokannan, mutta niillä voidaan hallinnoida erillisiä vSphere-ympäristöjä. (VMware 2017a.)

VCloud Director Server mahdollistaa vCloud Director Web Console -käyttöliittymän ympäristön hallintaa varten ja mahdollistaa vCloud -ominaisuuksien käytön. Lisäksi se hallinnoi tietokantayhteyksiä, ylläpitää käyttäjähallintapalveluja ja suorittaa yksittäisiin virtuaalikoneisiin ja resursseihin liittyviä komentoja. (VMware 2017a.)



Vcloud Director Server –asennus on tuettu usealle eri Linux-jakelulle eli distribuutiolle, kuten CentOS 6 ja 7, Red Hat Enterprise Linux 5 update 4-10, Red Hat Enterprise Linux 6 update 1-7 ja Red Hat Enterprise Linux 7. Lisäksi palvelimella tulisi olla 2100MB vapaata levytilaa ja 6GB muistia. (VMware 2017a.)

### 5.1.2 vCloud-tietokanta

Jokainen luotu Vcloud solu täytyy liittää tietokantaan. Se pitää sisällään vCloudin hallintadatan ja on näin yksi ympäristön kriittisimmistä komponenteista. Tuettuja tietokantoja tällä hetkellä ovat Oracle SQL-server ja Microsoft SQL-server. (VMware 2017a.)

### 5.1.3 NSX

VMware NSX Manager (Network Virtualization and Security Platform) hallinnoi vCloud-ympäristön verkkoarkkitehtuuria, sekä sen tietoturva-asetuksia ja on näin pakollinen ja olennainen osa Vcloud Director asennusta. NSX Manager mahdollistaa edge gateway palvelujen luomisen ja sitä kautta verkkojen muodostamisen eristettyihin- tai ulkoisiin verkkoihin ja yleisien gateway -palvelujen kuten DHCP, VPN ja NAT tarjoamisen. (VMware 2017a.)

### 5.1.4 Lisäpalikat

VCenterin tapaan, myös vCloud Director mahdollistaa lisäominaisuuksien integroinnin järjestelmään Plug-In -lisäpalikoiden avulla. Nämä ominaisuudet eivät ole ohjelman toiminnallisuuden kannalta pakollisia, mutta mahdollistavat kattavammat mahdollisuudet ympäristön hallintaan ja seurantaan. Tällaisia lisäpalikoita ovat muun muassa:

- vRealize Orchestrator

Tarjoaa työnkulkua yksinkertaistavia ominaisuuksia vCloud -ympäristössä ja sen hallinnassa. (VMware 2015.)

- vRealize Operation manager

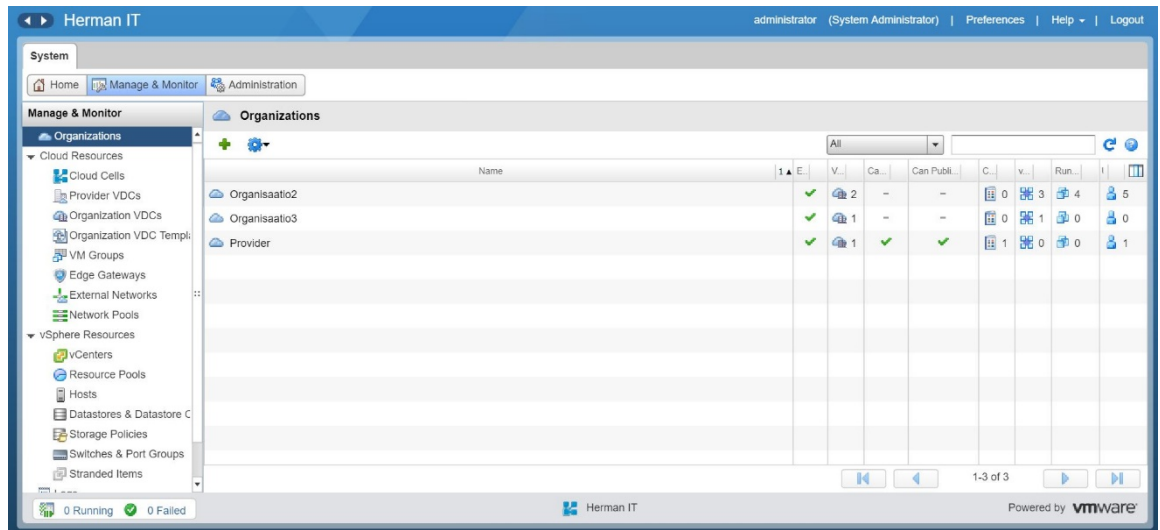
Lisää monitorointiominaisuuksia vCloud-ympäristöön ja mahdollistaa erilaisten valvontakomponenttien luomisen ympäristön seuraamista varten, sekä esimerkiksi analytiikan, vianselvityksen ja suunnittelun työkaluja. (VMware 2017c.)

- vCloud Usage Meter

Mahdollistaa vCloud-ympäristön mittaamisen ja raporttien luomisen järjestelmien toiminnasta ja resurssien käytöstä. (VMware 2017d.)

## 5.2 Käyttöliittymä

Vcloud directoria hallinnoidaan flash-pohjaisella Web-käyttöliittymällä vCloud Director Web Console (kuva 5). Yhteys käyttöliittymään saadaan yhdistämällä selaimella vCloud Director Serveriin. vCloud Director Web Console tukee uusimpia 32-bittisiä versioita Mozilla Firefoxista, Google Chromesta ja Internet Explorerista. Se mahdollistaa hallintanäkymän ja työkalut vCloud directorin ominaisuuksiin kuten resurssien hallintaa, komponenttien konfigurointiin, verkkohallintaan, käyttäjien hallintaan, verkkoalustaan ja monitorointiin. (VMware 2017a.)



Kuva 5 VMware vCloud Director Web Console

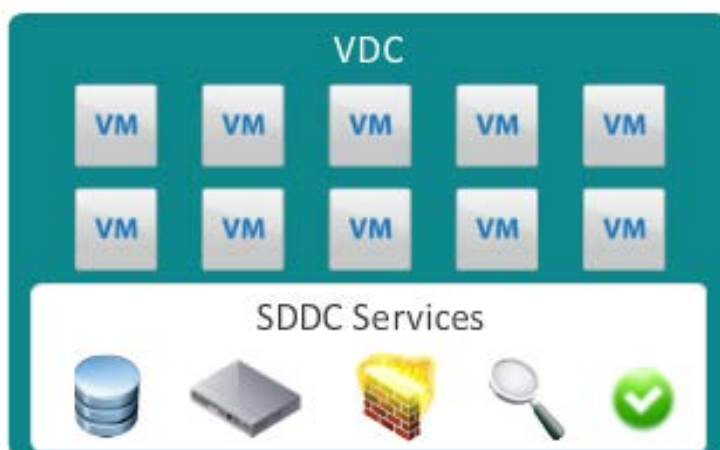
### 5.3 Ominaisuudet

VCloud Director tarjoaa käyttäjälleen kokonaisia ohjelmistomääriteltyjä (Software-Defined) palveluja virtuaalisten datakeskusten muodossa. Datakeskukset pitävät sisällään tarjottavaa laskenta- ja tallennuskapasiteettia, sekä verkko-ominaisuuksia. Resurssit ovat mahdollista poolata, hajauttaa ja automatisoida, sekä täysin eristää alla toimivasta fyysisestä palvelinraudasta ja infrastruktuurista. Resurssit ovat nopeasti ja helposti asiakkaan käytettävissä virtuaalikoneiden ja ohjelmistojen ylläpitoon ja hallinnoitavissa käyttöliittymän ja API:en sekä SDK:ten kautta. (VMware 2017a.)

#### 5.3.1 Alusta

VCloud arkkitehtuuri perustuu vCenterin resursseihin ja resurssipoleihin. VCloudin käytettävissä ja jaettavissa olevat resurssit ovat vCenter:iin luotuja resurssipoleja, jotka osoitetaan halutulle hallinnoijalle. (VMware 2017a.)

Virtual Datacenter eli VDC (kuva 6) on looginen alusta, joka tarjoaa prosessointi-, muisti- ja tallennuskapasiteettia. vCloud director hallinnoi SDD-palvelujen (Software Defined Datacenter) tarjoamisen asiakkaalle, mahdollistaen datakeskusten sulavan käytön. Virtuaalisia datakeskuksia Vcloud ympäristössä on kahdenlaisia: Palveluntarjoajan datakeskuksia (Provider VDC) ja Organisaation datakeskuksia (Organisation VDC). (VMware 2017a.)



Kuva 6 Virtual Datacenter (VMware 2017a.)

Provider VDC rakentuu yhdestä vCenterin resurssipoolista ja on käytännössä yksittäisen vCloud director -solun tarjoama kapasiteettivaranto. Se jakaa resurssejaan eteenpäin organisaatioille ja mahdollistaa näin Organisation VDC:den luonnin. Datakeskusta hallinnoi palveluntarjoaja eli System administrator. VCloud director -ympäristö voi sisältää useita Provider VDC:tä esimerkiksi eri geologisissa sijainneissa, mutta yksittäinen vCloud server hallinnoi vain yhtä Provider VDC:tä. (VMWare 2017a.)

Organisation VDC on yksittäiselle organisaatiolle tarjottu kapasiteettivaranto, joka rakentuu Provider VDC:ltä tarjotuista resursseista. Se toimii alustana virtuaalikoneiden ja vApp:ien eli virtuaaliapplikaatioiden luontiin. Datakeskusta hallinnoi ensisijaisesti organisaatiokohtainen järjestelmäylläpito. Yksittäinen organisaatio voi sisältää useita virtuaalisia datakeskuksia. (VMWare 2017a.)

### 5.3.2 Virtuaalikoneiden hallinta

VCloud director luo virtuaalikoneensa vApp:eihin, jotka käyttävät virtuaalisen datakeskuksen resursseja. Yksittäinen vApp voi sisältää yhden tai useamman virtuaalikoneen, sekä virtuaaliapplikaatio kohtaisen verkon. VCloud director käyttää Open Virtualization-format pohjaista vApp templateja ja niitä on mahdollista tarjota ja jakaa vCloud directorin katalogeissa. Virtuaaliapplikaatioita on myös mahdollista jakaa ja luoda OVF-templateista. (VMware 2017a.)

VCloud director mahdollistaa vSphere ympäristön tapaan virtuaalikoneen hallinnan, resurssien muokkaamisen ja konsoliyhteyden. VCloud director mahdollistaa myös snapshottien ottamisen, mutta se rajoittaa määrän yhteen toisin kuin vSphere. Käyttäjän oikeuksia virtuaalikoneisiin ja vAppeihin on mahdollista rajoittaa käyttäjähallinnalla. (VMware 2017a.)

### 5.3.3 Käyttäjien hallinta

VCloud Director kategorisoi käyttäjät organisaatioihin ja näin mahdollistaa asetuskäytäntöiden jakamisen organisaatioittain ja ryhmittäin. Organisaation ylläpitäjä hallitsee käyttäjien oikeuksia ja pystyy rajoittamaan niiden pääsyn halutessaan esimerkiksi vain katalogeihin tai vApp:eihin. (VMware 2017a.)

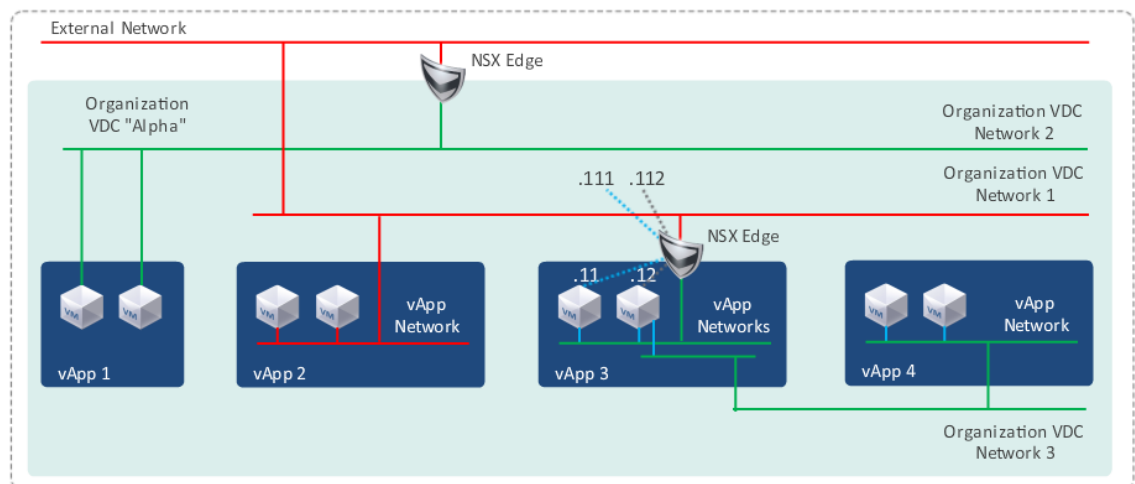
vCloud Director tukee myös SSO (Single Sign ON) -kirjautumista ja on mahdollista yhdistää Active Directory LDAP:n avulla. VCloud director tukee useita LDAP-yhteyksiä ja mahdollistaa esimerkiksi organisaatiokohtaisten SSO-ratkaisujen luomisen. (VMware 2017a.)

## 5.4 Verkot

VCloud director tarjoaa verkotus- ja tietosuojaominaisuuksia virtuaaliympäristön käyttöön. VCloud director verkkotyökalut mahdollistavat perus verkkotoiminnallisuuksien luomisen vCloud-ympäristöön kuten esimerkiksi VPN, NAT, kuorman tasaus ja VXLAN-jaettuja verkkoja. Toiminnallisuuksien toteuttamisessa se tukeutuu VMware NSX manageriin. (VMware 2017a.)

### 5.4.1 Verkkotyypit

Vcloud director -ympäristössä toimii kolmenlaisia verkkoja: virtuaaliapplikaation sisäisiä vApp -verkkoja, Organisaatiotasoisia verkkoja ja ulkoisia verkkoja. Verkkohallinta mahdollistaa loppukäyttäjän luoda L2 verkkosegmenttejä, L3 IP-asetusten määrittelyn ja verkkopalvelujen kuten DHCP, NAT ja palomuurin konfiguroinnin. (VMware 2017a.)



Kuva 7 VCloud Director verkot (VMware 2017a.)

vApp -verkot nimensä mukaisesti hallinnoivat virtuaaliapplikaation sisäisiä yhteyksiä ja kuinka virtuaalikoneet keskustelevat keskenään. Lisäksi ne määrittelevät yhteydet vApp:lta eteenpäin organisaatioverkkoihin ja mahdollistavat joko verkon reitittämisen tai eristämisen. (VMWare 2017a.)

Organisaatioverkot operoivat organisaation virtuaalidatakeskuksen sisällä ja mahdollistaa vAppien keskinäisen kommunikoinnin, sekä jatkoreitityksen organisaation ulkopuolelle. Kuten vApp verkot, myös organisaatioverkot voivat olla joko reititettyjä tai eristettyjä. Palveluntarjoaja hallinnoi organisaation verkkoa organisaation virtuaalidatakeskuksen ta-paan. (VMWare 2017a.)

Ulkoiset verkot ovat loogisia verkkoja, jotka perustuvat vSphere portgrouppiin. Ne mahdollistavat vCloud Directorin sisäisten verkkojen yhteydet ulospäin ja esimerkiksi Internetiin. Ne mahdollistavat myös esimerkiksi VPN-tunnelien käytön asiakasympäristöihin ja halutessaan näin tarjota asiakkaille privateja yhteyksiä omiin ympäristöihin. (VMWare 2017a.)

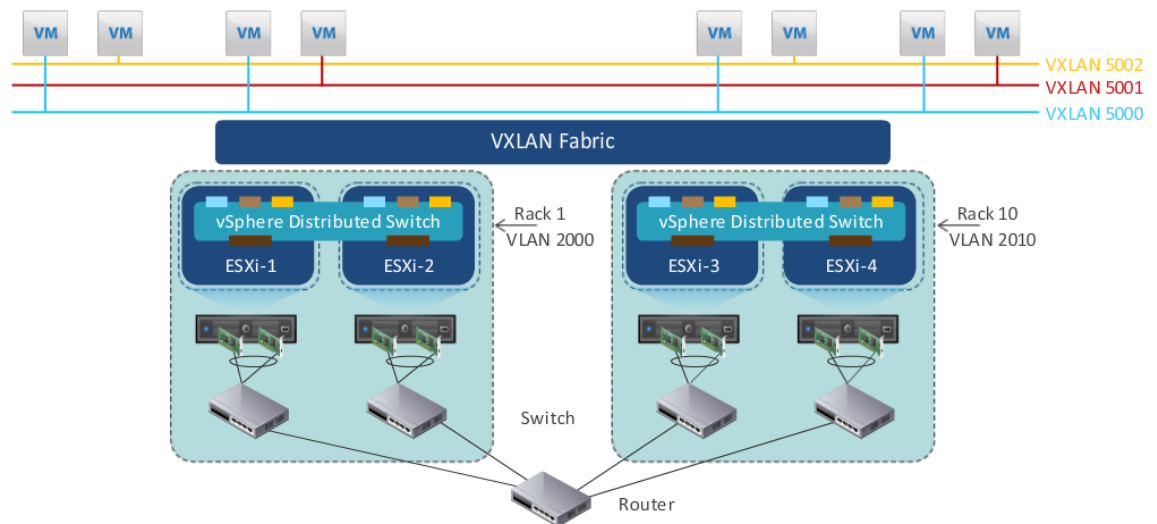
VPN voidaan luoda organisaatiotasolle tarjoamaan suojattuja yhteyksiä ulkoverkosta organisaation sisäisiin verkkoihin. Tunneli luodaan Edge Gatewayn kautta, joka tarjoaa IP-sec VPN -tunnelointipalvelua. Tunneli voidaan luoda esimerkiksi pilvien väliin, ulkopuolisten yhteyksien liittämiseksi virtuaaliverkkoihin, virtuaaliverkkojen liittämiseksi keskenään tai jopa työkuorman jakamiseksi eri pilvipalvelujen kesken. (VMware 2017a.)

#### 5.4.2 Network pool

Network poolit ovat eriytymättömiä verkkoja, joita voidaan käyttää organisaation sisällä vAppien ja niiden verkkojen luomiseen. Ne perustuvat vSpheren verkkoresursseihin (VLAN ID, Port Group, Cloud-Isolated Network). Yksittäiset organisaatiot pystyvät liittymään vain yhteen pooliin, mutta yksi pool voidaan yhdistää useaan organisaatioon. Palveluntarjoaja hallinnoi Network pooleja, joita on neljänlaisia: VLAN ID pohjainen, Port Group pohjainen, Cloud Isolated Network pohjainen ja VXLAN Network pool. (VMware 2017a.)

VXLAN Network pool luodaan virtuaalisen datakeskuksen yhteydessä ja tällöin rakentaa virtuaaliset yhteydet vCenter Serveriin. Käyttäessä poolin verkkoa virtuaaliset johtimet luodaan (virtual wires) vSphere:n puolelle. VXLAN mahdollistaa virtuaalikoneiden verkko-

jen kattavan hallinnan ja kommunikoinnin tai eristämisen useiden verkkojen sisällä verkkoeroksen (network overlay) avulla joustavammin kuin esimerkiksi perinteisissä VLAN verkoissa on mahdollista. Se mahdollistaa joustavan liikennöinnin vCloud klusterin, vSpheren, erillisten datakeskusten ja vMotionin kanssa konfiguroimatta fyysistä verkon infrastruktuuria sen kummemmin. VXLAN:n rakennetta kuvataan kuvassa seitsemän.



Kuva 8 VXLAN (VMware 2017a.)

Se on Vcloud-ympäristössä yleisesti käytetty Network pool -tyyppi, sillä se mahdollistaa verkon perus toiminnallisuudet poolin koneiden välillä. VXLAN ei kuitenkaan mahdollista yhteyksiä ulos poolin verkosta. (VMware 2017a.)

VLAN ID pohjainen Network pool mahdollistaa vSphere VLAN ID:itten käytön vCloud Directorissa ja näin takaa Network pool vaihtoehdoista vahvimman tietoturva, joustavuuden ja suorituskyvyn. (VMware 2017a.)

Port Group pohjainen Network pool puolestaan mahdollistaa vSphere portgroupien liittämisen vCloud directoriin. (VMware 2017a.)

Cloud Isolated Network pohjainen Network pool erottaa hosteja ja mahdollistaa liikenteen eristämistä muista verkoista. Sen avulla pystytään määrittämään MTU-arvo (Maximum Transmission Units), joka määrittelee datan maksimimäärän yhdessä paketissa, jonka jälkeen se jaetaan pienempiin osiin. (VMware 2017a.)

### 5.4.3 Tietoturva

VCloud director mahdollistaa tietoturva-asetusten liittämisen ja hallinnoinnin kolmella tavalla: VLAN ID:iden yhteydessä, NSX:n Edge Gateway:ssä tai Vcloud Director NI VMkernel Moduulilla.

VLAN ID pohjaiset network poolit mahdollistavat verkon eristämisen käyttämällä vSphere distributed vSwitch:iä. Jokainen VLAN ID on uniikki, eikä näin kommunikoi muiden verkkojen kanssa. (VMware 2017a.)

Edge Gateway on virtuaalinen verkkoapplikaatio, joka luo muurin verkkojen välille ja tarjoaa palveluja kuten palomuurin, VPN-tunneloinnin, Web kuormantasauksen http-liikenteelle, NAT ja DHCP. Tämä mahdollistaa että verkkoa ei tarvitse erikseen eristää VLAN:ien avulla eikä myöskään erillisiä verkkopalveluja tarjoavia palvelimia tarvita NSX managerin huolehtiessa näistä kaikista. (VMware 2017a.)

Vcloud Director NI VMkernel Moduuli mahdollistaa verkon eristämisen hyödyntämällä verkko päällystä (network overlay). Päällyys tarjotaan MAC-in-MAC kapseloinnilla ja vaatii Virtual distributed switchin. Moduuli mahdollistaa näin tunnelin luomisen kahden ESXi-hostin välille. Vcloud director luo jokaiselle tehdylle verkolle portgroupin ja merkkää sen network ID:llä, jota käytetään datan kapseloinnissa. (VMware 2017a.)



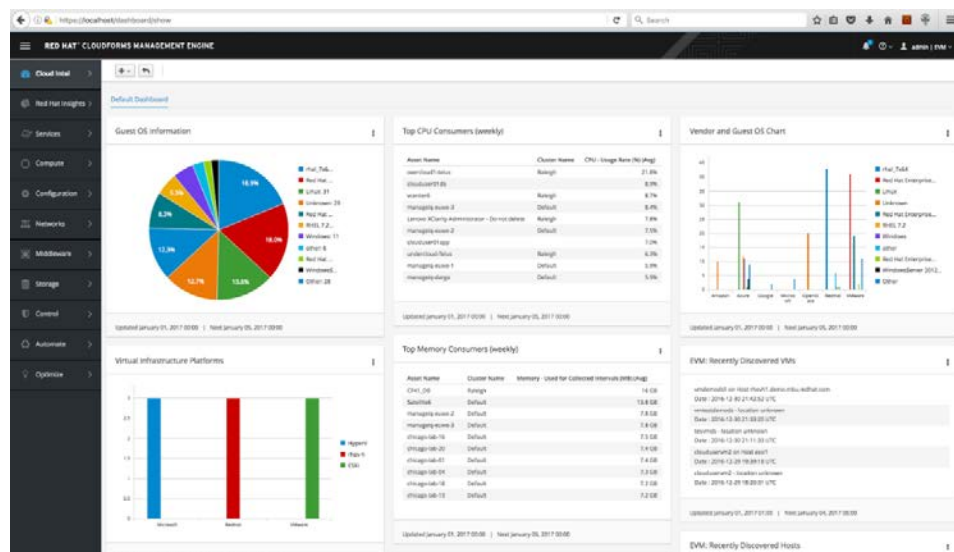
## 6 Kilpailevat tuotteet

VCloud director ei luonnollisesti ole ainoa virtuaalikapasiteettia pilvipalveluna tarjoava alusta vaan VMwarella on useita kilpailijoita myös pilvipalvelubisneksessä. Seuraavaksi sivutaan kahden ison toimijan pilvipalvelutuotteita, Red Hat:n Cloudforms:ia ja Microsoftin Azure Stack:ia.

### 6.1 Red Hat Cloudforms

Cloudforms on Red Hat'in pilvimanageri, joka tarjoaa suljettuja- ja julkisia pilvipalveluratkaisuja loppukäyttäjälle. Se tarjoaa virtuaaliresursseja virtualisointialustoilta kuten Red Hat Virtualization, Microsoft Hyper-V ja VMware vCenter. (Red Hat 2017 a.)

Cloudformsin tarjoamat ominaisuudet ovat hyvin saman kaltaisia kuten muillakin pilvipalvelua tarjoavilla ohjelmistolla. Sen keskeiset ominaisuudet voi jakaa neljään kategoriaan: havaitseminen, hallinta, automatisointi ja integrointi. Havaitsemisella voidaan käsittää monitorointia, havainnointia, käytönvalvontaa, raportointia, analytiikkaa ja laskutustyökaluja (käyttöliittymä kuvassa yhdeksän). Hallinnointi pitää sisällään tietoturvan säätämisen, hälytykset, käyttöpolitiikkamäärittelyt ja konfiguraatiohallintaa. Automatisoinnilla mahdollistetaan it-kuorman optimointi, provisioinnin, sekä työkuorman jakamisen ja orkestroinnin. Integroinnilla taas voidaan tarkoittaa järjestelmä ylläpidon, työkalun, tapahtumakonsolin, CMDB-, RBA- ja web- palvelujen liittämistä. (Red Hat 2017 b.)

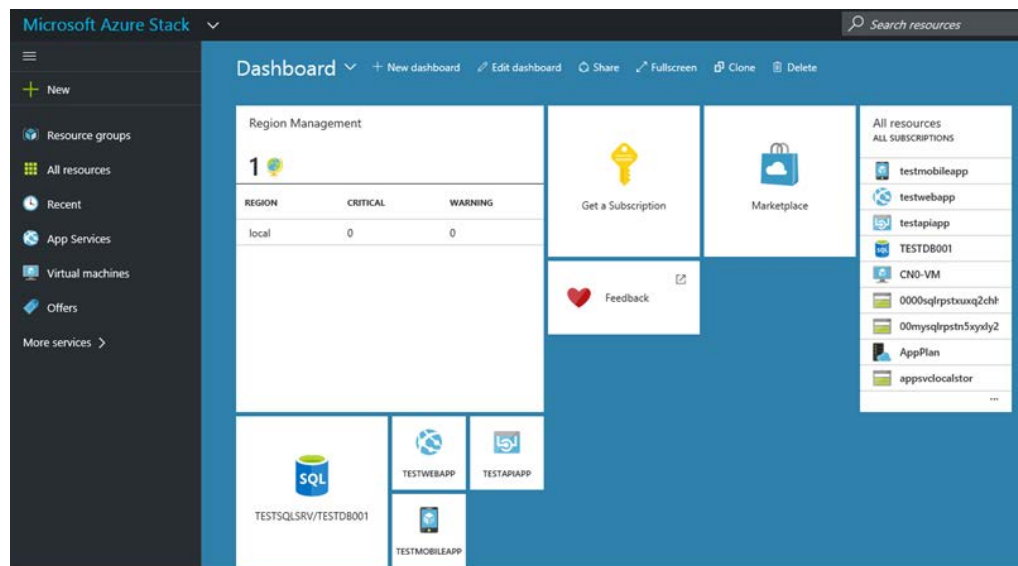


Kuva 9 Redhat Cloudforms Käyttöliittymä (Schabell 2017.)

## 6.2 Microsoft Azure stack

Kuten aiemmatkin pilvipalvelualustat Microsoftin Azure Stack tarjoaa käyttäjälle suljettuja ja julkisia pilvipalveluratkaisuja. Käytännössä se mahdollistaa tutut Microsoftin julkisen Azure -pilven ominaisuudet palveluntarjoajaorganisaation ylläpidettäväksi ja edelleen tarjottavaksi. (Microsoft 2017 a.)

VCloud:in tapaan Azure Stack mahdollistaa virtuaalikapasiteetin ja palveluiden hallinnan, sekä niiden tarjoamisen loppukäyttäjille esimerkiksi sovellusten, resurssien ja virtuaalikoneiden muodossa. Se pohjautuu Hyper-V -hypervisorin ja mahdollistaa julkisen Azuren tapaan virtuaaliresurssien hallinnan ja virtuaalikoneiden luonnin, verkon hallinnan, tallennuskapasiteetin hallinnan, sekä käyttäjähallintaan, roolien määrittämisen ja tieturva-asetusten säätämisen. Azure stack:iä hallinnoidaan pääosin verkkokäyttöliittymän kautta (kuva 10), mutta se tukee myös powershell -komentokehotteita. (Microsoft 2017 b.)



Kuva 10 Azure stack -käyttöliittymä (Scholman 2017.)

## 7 Herman IT Oy

Työn toimeksiantajana toimii Herman IT Oy, joka on kajaanilainen konesali- ja ohjelmistotoimija. Se toimii osana KPO-konsernia ja on näin osa noin 150:n IT-ammattilaisen organisaatiota. Herman IT: lisäksi konserniin kuuluu myös Kaisanet, joka tarjoaa internet-palveluja, sekä vahvaa tietoliikenteen- ja tekniikan osaamista lisalmen ja Kainuun alueilla. KPO-konsernissa tiivistyy yli 100 vuoden kokemus tietoliikenne- ja tekniikkapalveluista. (Herman IT 2018; KPO 2018.)

Herman IT tarjoaa colocation ja IT-palveluja, sekä räätälöityjä ohjelmistoratkaisuja ja operaattorineutraaleja yhteyspalveluja. Se toimii pääosin Lönrootinkadulta käsin Kaisanetin kanssa yhteisestä toimistorakennuksesta. Herman IT:n konesalitoiminta sijoittuu tällä hetkellä Renforsin rantaan. Yritys työllistää nykyiseltään noin 30 henkeä ja tarjoaa rautaista osaamista sekä ohjelmistokehityksen, että konesalipalvelujen saralla. (Herman IT 2018.)

Herman IT:n suuria yhteistyökumppaneita ja asiakkaita ovat esimerkiksi: Ponsse, Ekokymppi, Finnkino ja Koutamedia. Herman IT on myös sekä Microsoft, että VMWare partner ja tekee merkittävää yhteistyötä IBM:n kanssa. (Herman IT 2018.)

## 8 Käytännön toteutus

Opinnäytetyö on osa toimeksiantoyrityksen asiakkaalle tehtävää transitioprojektia ja voidaan kuvailla kehittämistyöksi. Se kartoittaa teoriamateriaalin pohjalta vCloud- tuotteen ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia projektissa ja vertaa niitä asiakkaalta saatuihin vaatimuksiin ja toiveisiin. Työ tullaan tekemään tiiviissä yhteistyössä toimeksiantoyrityksen ja asiakkaan välillä. Toimin projektin työntekijänä osana pientä tiimiä, jossa projektin työstä ja suunnasta tullaan yhdessä keskustelemaan. Työn suunnittelun ja toteuttamisen yhteydessä tullaan palaveeraamaan paljon kaikkien osapuolten kesken ja ajatuksia tullaan vaihtamaan projektin suunnasta tiiviisti koko projektin ajan. Asiakas on antanut selkeät vaatimuksen ympäristön toiminnalle, jotka asennettavan ympäristön tulee täyttää. Ympäristöä tullaan myös kehittämään yhdessä asiakkaan kanssa hyväksi todettavaan suuntaan. Eikä ympäristön rakentaminen, kehittäminen ja muuttaminen jää vain tämän projektin osaksi, vaan se elää tarpeiden ja vaatimusten mukaan uuden ylläpidon alaisuudessa.

Käytännöntyö on tarkoitus aloittaa ensin perehtymällä kattavasti tuotteeseen ja kartoittamalla järjestelmän käyttöönottoon liittyvät riskit, sekä suunnitella toimintamallit ja käytännöt prosessille. Järjestelmä pystytetään ensin testiympäristöön, joka mahdollistaa tarkemman tutustumisen tuotteeseen. Tutkimustyöhön tullaan käyttämään mahdollisuuksien mukaan kattava määrä lähdeaineistoa internetin tietolähteistä, mahdollisten kurssien muodossa, yhteyshenkilöitten kautta ja hyödyntäen toimeksiantoyrityksen ja asiakkaan sisäistä tietämystä. Kattavan perehtymisen jälkeen vCloud käyttöönotto ja transiio tullaan tekemään yhteistyössä asiakkaan kanssa ja suunnittelemaan aiemmin opitun perusteella. Projektin yhteydessä ja varsinkin onnistuneen transition jälkeen mahdollisia kehitysideoita kerätään ja käsitellään, sekä pyritään kartoittamaan ympäristön tuleva suunta ylläpidonkin kannalta.

### 8.1.1 Tuotteen valinta ja vaatimuksiin vastaaminen. Miksi juuri vCloud?

Palvelun tarjoamiseksi vertailtiin kahta mahdollista ohjelmistoratkaisua: VMware vCloud director ja Redhat Cloudforms. Cloudforms annettiin tutkimustyönä puolen vuoden työharjoittelun ajaksi kahdelle ammattikorkeakouluopiskelijalle, ja vCloudia tutkittiin useamman työntekijän toimesta yrityksen sisällä.

Cloudform –projektissa opiskelijoille annettiin asiakkaan määrittelemät vaatimukset ympäristölle, sekä toivotut ominaisuudet ja toiminnallisuudet. Heidän tehtävänä oli tutkia tuotetta ja pyrkiä rakentamaan annettuja vaatimuksia vastaava ympäristö.

Selvitystyön aikana senhetkisestä Cloudforms-versiosta löydettiin seuraavan laisia puutteita:

- Laskutusaineistossa esiintyi bugi, joka vääristi tuloksia
- vCenterin DRS- ja HA -asetuksia voi tarkkailla, mutta ei muokata
- Virtuaalikoneiden luonti ISO-levykuvasta onnistuu vain Red Hat Virtualization Manager providerille
- Loppukäyttäjä ei voi luoda konetta itse suoraan OVA-levykuvasta
- Virtuaalikoneen verkon vaihto ei onnistu koneen luonnin jälkeen
- Verkkokorttien lisäys ja poisto eivät onnistuneet
- Kaikki luodut virtuaaliverkot näkyvät kaikille käyttäjille
- Loppukäyttäjä pystyy ylittämään oman quota-rajansa
- Virtuaalikoneiden konsoliyhteys katkeilee johtuen Apache websocket-yhteydessä esiintyvistä bugista
- Webkäyttöliittymän timeline -ominaisuuden "Operations VMs powered on/off" -nappi antaa käyttäjälle virheilmoituksen eikä sen toiminnallisuus toimi lainkaan.
- VMware dSwitchien tagit eivät näy oikein webkäyttöliittymässä

Edellä mainittujen puutteiden vuoksi Cloudforms ei soveltunut tuotantoympäristön toteuttamiseen ja palvelu päätettiin jättää toteuttamatta tässä muodossa.

VMwaren vcloud puolestaan tarjosi tämänhetkisiin vaatimuksiin sopivan ympäristöratkaisun. Tuote tukee vain VMware-ympäristön komponentteja, mutta tehtyjen selvitystöitten perusteella osoittautui käytännöllisimmäksi ratkaisuksi projektin toteuttamiseen ja mahdollisti suurimmaksi osin toivottujen ominaisuuksien käyttöönoton.

## 8.2 Lähtötilanne

VCloud käyttöönottoprojekti on osa suurempaa transitioprojektia, jossa asiakkaan VMware infrastruktuuri ja palvelualustan ylläpito siirrettiin toimeksiantajayrityksen alaisuuteen. Asiakkaalle on tarkoitus luoda käyttöliittymä ja tarjota hallintamahdollisuus alustaan hyödyntäen vCloud-ympäristöä.

### 8.2.1 Vaatimukset

Asiakas on listannut vaatimuksiksi virtuaalialustalle, että heillä säilyy hallinta ja muokkaus-oikeudet seuraaviin ominaisuuksiin:

- Virtuaalikoneen luominen ja poistaminen
- Vcpu-, muistin ja levytilamäärän lisääminen ja vähentäminen virtuaalikoneissa
- Virtuaalikoneiden verkkojen vaihtaminen
- Snapshottien otto ja palautus
- Hallintakonsolilyhteys virtuaalikoneisiin ja mahdollisuus asentaa itse käyttöjärjestelmät

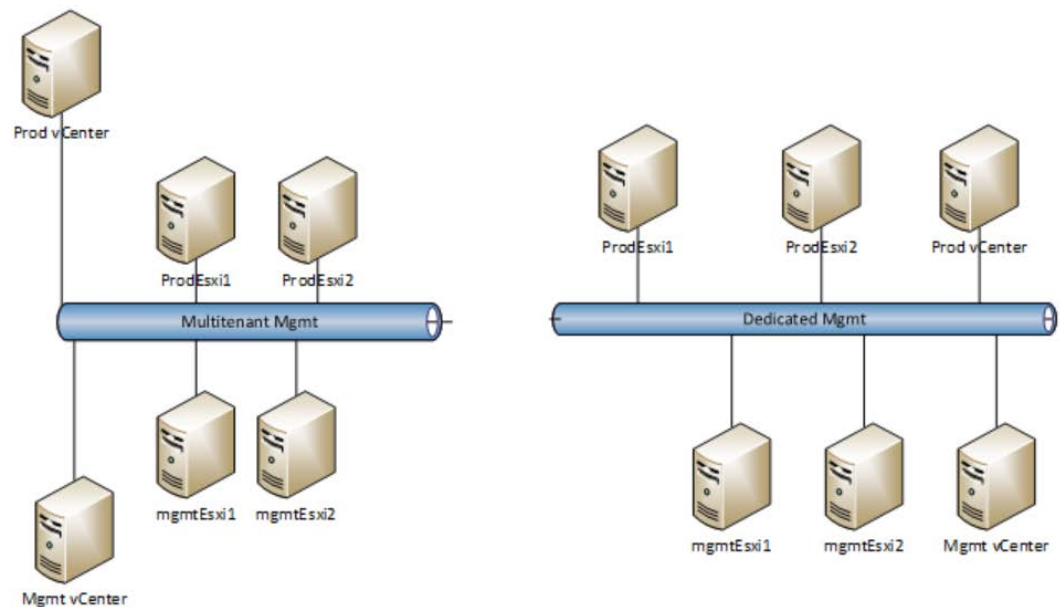
Lisäksi asiakkaalla täytyy olla, joko itse mahdollista toteuttaa tai tilata palveluna:

- DRS -ryhmämäärittämiä
- HA -prioriteetti muutoksia
- Virtuaalikoneiden resurssien rajoittamista tai takaamista

VCloudilla pyritään luomaan käyttöliittymä, jolla asiakas pääsee hallitsemaan ympäristöä ja omistamiaan virtuaalikoneita sekä muita virtualisoituja resursseja edellä mainitulla tavalla. Tilattavia palveluja toimeksiantoyritys pystyy tarjoamaan suoraan vSphere-ympäristöstä käsin.

## 8.2.2 Ympäristö

Työtä aloittaessa hallittava ympäristö muodostui toimeksiantoyrityksen multitenant management –ympäristöstä ja asiakkaan omasta erillisestä dedikoidusta management-ympäristöstä (kuva 11). Tarkoituksena on transitioprojektin aikana ottaa asiakkaan dedikoitu ympäristö toimeksiantoyrityksen ylläpitoon ja tarjota asiakkaalle käyttöliittymä ja hallintatyökalut ympäristön hallintaa. Ennen varsinaista palvelun pystyttämistä on syytä suunnitella huolellisesti kokonaisinfrastruktuurin haluttu rakenne ja arkkitehtuurinen suunta.



Kuva 11 Ympäristön lähtötilanne

## 8.3 Transitio

Vcloud directorin käyttöönoton ollessa osa transitioprojektia, oli järkevintä tehdä vSphere infrastruktuurin muutokset ennen lopullisen käyttöliittymän luontia vCloud:n avulla. Transitiossa edettiin työvaiheittain ja tiiviissä yhteistyössä asiakkaan kanssa tavoitteena yhdistää ympäristöjen verkot ja vSphere ympäristöt, sekä korvaamalla asiakkaan vanha vCenter hallinta uudella ylläpidon hallinnoimalla vCenterillä.

VCloud director oli työlistassa viimeisenä. Aikataulullisten muutosten takia, sekä infrastruktuuritöitten mennessä prioriteetissa ohi, vCloud director:ia ei pystytetty aiemmin

määriteltyyn puolen vuoden määräaikaan mennessä, vaan tullaan tekemään tuotantoympäristöön transition toteuduttua vSphere-tasolla. Tästä johtuen ja opinnäytetyön käytännön osuuden valmistumiseksi seuraavaksi käsiteltävä asennusprosessi on toteutettu tuotantoympäristön sijasta testiympäristöön.

## 8.4 Asennus

VCloud director asennus koostuu neljästä työvaiheesta:

1. vSpheren esivalmisteluista
2. NSX-verkkohallinnan asentamisesta
3. Tietokannan pystyttämisestä
4. vCloud Director Serverin asentamisesta ja konfiguroinnista

### 8.4.1 Esivalmistelut

Ennen itse vCloud Director serverin asennusta tulee vSphere ympäristö valmistella uutta lisäosaa varten. Asennus on syytä suunnitella huolellisesti ja tarkastaa komponenttien yhteensopivuus, sekä ympäristöä koskevat vaatimukset muun muassa lisenssien ja verkkojen osalta unohtamatta myös tietoturva.

Komponenttien tuetut versiot kussakin vCloud versiossa tulee tarkistaa VMwaren dokumentaatiosta ja tehdä tarvittavat päivitykset yhteensopivuuden takaamiseksi. Tässä ympäristössä käytettiin vCloud versiossa 8.20 tuettua ESXi hostien versiota 6.0, NSX versiota 6.3.1 ja vCenter versiota 6.5.

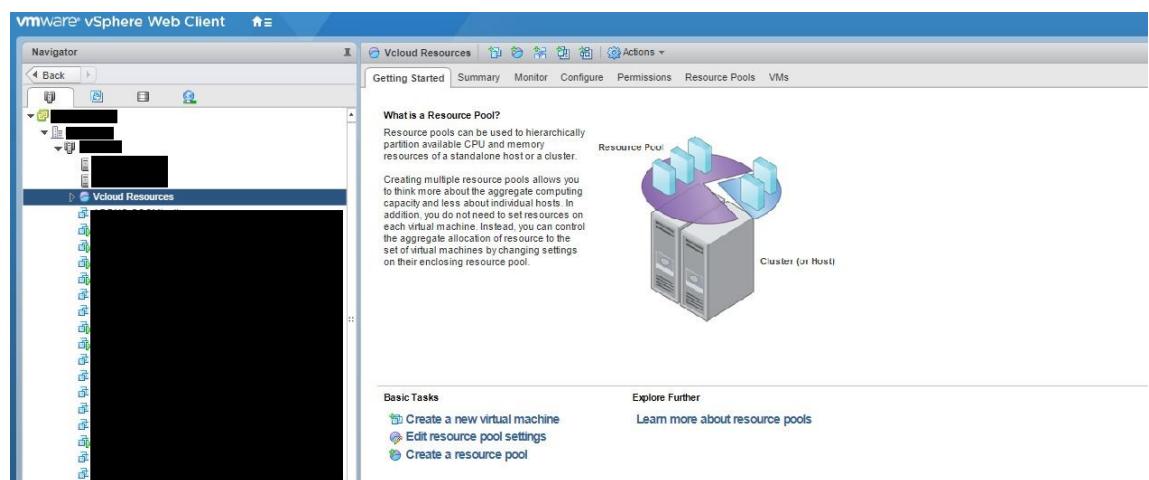
vSphere-ympäristö tulee konfiguroida vastaamaan vCenterin ja ESXi-hostien osalta vaatimuksia seuraavasti:

- Kaikki vCloudissa käytettävät vCenter verkot tulee olla saatavilla kaikissa ympäristön hosteissa
- Distributed Virtual Switch tulee olla käytössä hostien väliseen rajaamiseen ja verkkojen allokointiin



- vCenter -klusterille tulee konfiguroida automaattinen DRS ja tätä kautta klusterille tulee näyttää myös yhteisen verkkolevy jokaisen hostin käyttöön
- vCenterin tulee määrittää liitetyt ESXi-hostit luotettaviksi (trusted host)

Lisäksi se vaatii vSphere Enterprise plus VMware DRS- ja VMware Distributed Switch and dvFilter -lisenssit. Vcloud Directorin käyttöön tulee myös määrittellä vCenterin hallinnoimista vSphere-resursseista koostuva resurssipooli (kuva 12), johon vCloud Director liitetään ja jonka resursseja ympäristö tulee käyttämään.



Kuva 12 vCloudin käyttöön luotu resource pool

Yhteydet vCloud directorille ja siihen liitettyihin komponentteihin tulee tietoturvasuosituksen mukaisesti tehdä aina palomuurin kautta. Julkisesta verkosta yhteyksiä tulee rajata mahdollisimman paljon ja vCloud director tarvitseekin oletusarvoisesti vain portin 443 (HTTPS) auki julkisesta verkosta tulevia hallintayhteyksiä varten. Halutessaan ylläpitäjä voi myös avata portit 22 (SSH) ja 80 (http), mikäli yhteyksille on tarvetta.

vCloud hosteilta tuleva liikenne tulee aukaista seuraavan taulukon mukaisissa porteissa:

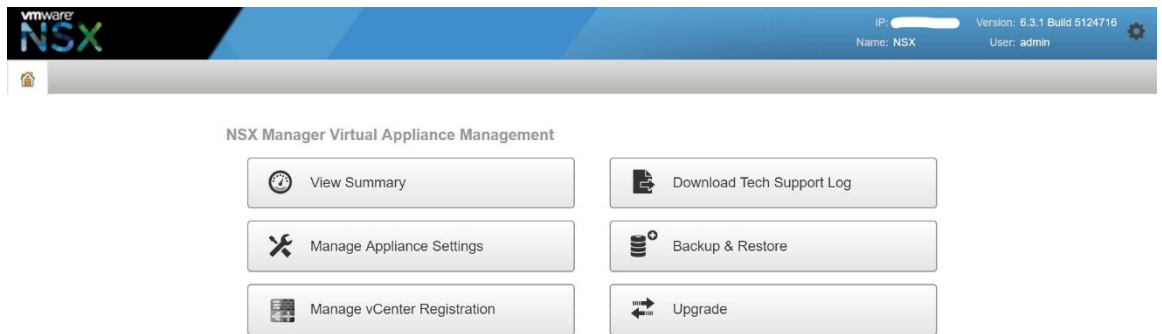
Port	Protocol	Comments
111	TCP, UDP	NFS portmapper used by transfer service
920	TCP, UDP	NFS rpc.statd used by transfer service
61611	TCP	ActiveMQ
61616	TCP	ActiveMQ

Ja puolestaan hosteilta ulospäin suunnattu liikenne tulee avata porteissa:

Port	Protocol	Comments
25	TCP, UDP	SMTP
53	TCP, UDP	DNS
111	TCP, UDP	NFS portmapper used by transfer service
123	TCP, UDP	NTP
389	TCP, UDP	LDAP
443	TCP	vCenter and ESX connections
514	UDP	Optional. Enables syslog use
902	TCP	vCenter and ESX connections
903	TCP	vCenter and ESX connections
920	TCP, UDP	NFS rpc.statd used by transfer service
1433	TCP	Default Microsoft SQL Server database port
1521	TCP	Default Oracle database port
5672	TCP, UDP	Optional. AMQP messages for task extensions
61611	TCP	ActiveMQ
61616	TCP	ActiveMQ

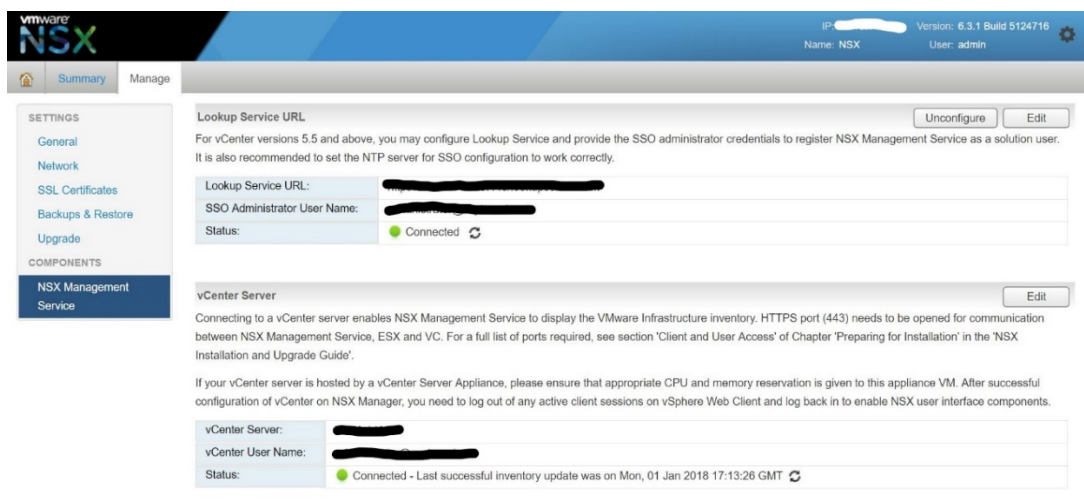
#### 8.4.2 NSX

Asennuksessa käytettiin valmista VMwaren NSX appliancea. Sen pystyttäminen tapahtuu luomalla virtuaalikone vSphere-ympäristöön OVA-templesta. OVA-templea asennettaessa ympäristöön tulee valita ekstra konfiguraatio-valinta, joka mahdollistaa mm. IP-osoitteiden ja lisenssiasetusten määrittämisen applianceen. Asennus määrittää VMwaren lisensointiasetukset, virtuaalikoneen resurssit, verkkoasetukset ja DNS-nimen. Kun appliance on luotu ja yhteyden ovat kunnossa, yhteyden palvelimeen saa verkkoselaimen kautta käyttämällä IP-osoitetta.



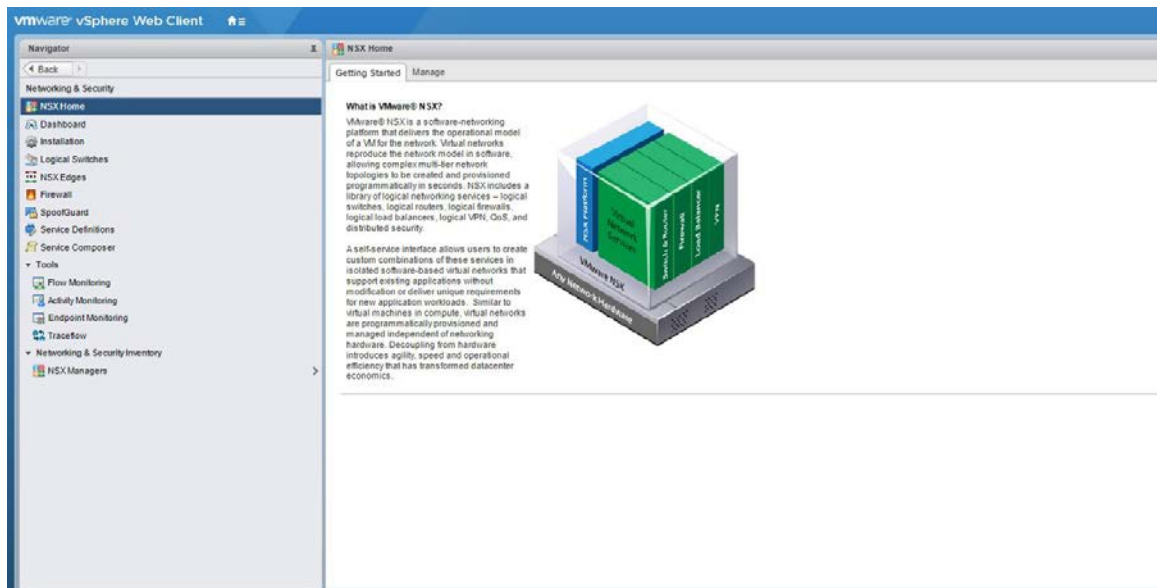
Kuva 13 NSX verkkokäyttöliittymä

Verkkokäyttöliittymässä asennus viehdään loppuun yhdistämällä NSX muuhun vSphere-ympäristöön. Kuvan 14 esimerkissä NSX-verkkohallinta on yhdistetty labra-verkon vCenteriin.



Kuva 14 vSphere-ympäristöön liitetty NSX

Tämän jälkeen NSX:n tarjoamat Networking and Security -ominaisuudet ovat käytettävissä Vcenterin kautta.

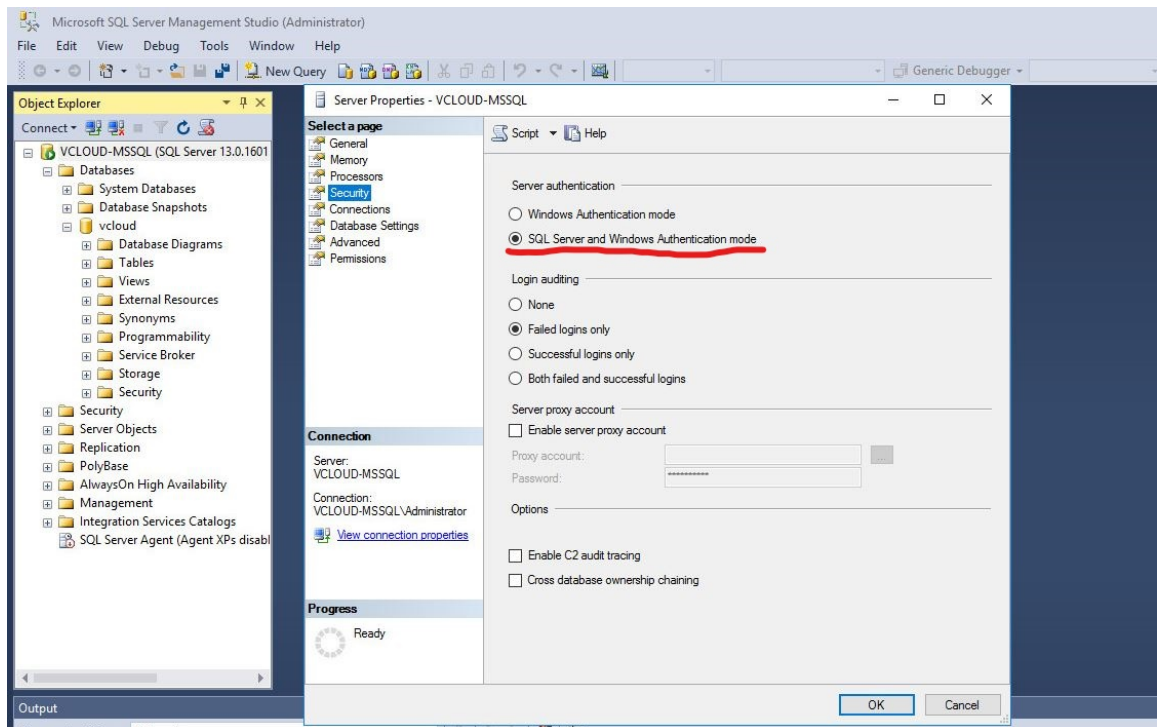


Kuva 15 NSX:n tarjoamat Network & Security -ominaisuudet

### 8.4.3 Tietokanta

Kahdesta tuetusta tietokannasta asennuksessa päätettiin käyttää Microsoftin SQL Serveriä, joka tulee todennäköisemmin olemaan myös tietokantavalinta tuotantoympäristössä. Asennus alkaa luomalla tietokantaserveri. Suositusten mukaisesti testiympäristöön asetettiin erillinen Windows Server 2012 R2 virtuaalipalvelin, jolle annettiin resursseja: 2vcpu, 16GB RAM ja 100GB levyä ja jonka päälle Microsoft SQL Server asennettiin.

SQL Serveriä asennettaessa tulee valita Mixed mode authentication -autentikointimalli, sillä Windows autentikointi ei ole tuettu vCloud directorissa (kuva 16).



Kuva 16 Tietokannan autentikointi

Seuraavaksi ajetaan skripti, joka luo tietokantainstanssin ja lokitiedostot:

```
USE [master]
GO
CREATE DATABASE [vcloud] ON PRIMARY
(NAME = N'vcloud', FILENAME = N'C:\vcloud.mdf', SIZE = 100MB, FI-
LEGROWTH = 10% )
LOG ON
(NAME = N'vcdb_log', FILENAME = N'C:\vcloud.ldf', SIZE = 1MB, FILEGROWTH
= 10%)
COLLATE Latin1_General_CS_AS
GO
```

Seuraava skripti puolestaan asettaa eristys tason READ\_COMMITTED\_SNAPSHOT -ta-  
solle

```
USE [vcloud]
GO
ALTER DATABASE [vcloud] SET SINGLE_USER WITH ROLLBACK IMMEDI-
ATE;
```

```
ALTER DATABASE [vcloud] SET ALLOW_SNAPSHOT_ISOLATION ON;
ALTER DATABASE [vcloud] SET READ_COMMITTED_SNAPSHOT ON WITH
NO_WAIT;
ALTER DATABASE [vcloud] SET MULTI_USER;
GO
```

Seuraavaksi luodaan tietokantakäyttäjä, jota tullaan käyttämään tietokannan liittämiseksi. Tämä toteutetaan esimerkiksi seuraavanlaisella skriptillä:

```
USE [vcloud]
GO
CREATE LOGIN [vcloud] WITH PASSWORD = 'vcloudpass', DEFAULT_DATABASE = [vcloud], DEFAULT_LANGUAGE = [us_english], CHECK_POLICY=OFF
GO
CREATE USER [vcloud] for LOGIN [vcloud]
GO
```

Kun käyttäjä on luotu, annetaan sille oikeudet tietokantaan:

```
USE [vcloud]
GO
sp_addrolemember [db_owner], [vcloud]
GO
```

Tämän jälkeen tietokanta on yksinkertaisimmillaan valmis liitettäväksi vCloud directorin käyttöön.

#### 8.4.4 VCloud director

VCloud director asennettiin tässä ympäristötoteutuksessa CentOS 7 virtuaalipalvelimen päälle. Palvelin toimii vSphere ympäristössä ja sillä on suorat yhteydet aiemmin asennettuihin komponentteihin sekä vSphereen. Laitteistovaatimusten mukaisesti virtuaalikooneelle annettiin 1vCPU, 6GB muistia ja 20GB kiintolevy. vCloud Director asennus vaatii kaksi IP-osoitetta, yhden http-palvelulle ja yhden konsoliproxy-palvelulle, jotka tulee määrittää palvelimelle.

vCloud Director serverin asennusprosessi alkaa tuomalla palvelimelle vmwaren julkiset avaimet. Tämä tapahtuu hakemalla paketit vmwarelta selaimen kautta tai vaihtoehtoisesti suoraan liittämällä polun rpm-komentoihin:

```
rpm -import http://packages.vmware.com/keys/VMWARE-PACKAGING-GPG-
DSA-KEY.pub
rpm -import http://packages.vmware.com/keys/VMWARE-PACKAGING-GPG-
RSA-KEY.pub
```

Seuraavaksi luodaan epäluotettava sertifikaatti http-palveluja varten keytool-komennolla, joka pyytää tarvittavat osoitetiedot, kuten DNS-nimen ja IP-osoitteen palvelun käyttöön ja luo sertifikaatin annettuun polkuun. Esimerkiksi:

```
keytool -keystore certificates.ks -storetype JCEKS -storepass passwd -genkey -
keyalg RSA -alias http
```

Ja vastaavasti myös konsoliproxy-palveluille samaan tiedostoon:

```
keytool -keystore certificates.ks -storetype JCEKS -storepass passwd -genkey -
keyalg RSA -alias consoleproxy
```

Kun sertifikaatit on varmistettu, voidaan aloittaa vCloud Director server-ohjelmiston asennus. VMwarelta haettu vCloud Director -asennusmedia kannattaa tarkastaa, jotta se vastaa asennussivustolla olevaa mediaa. Tämä tapahtuu vertailemalla checksum-arvoa komennolla (korvaa "installation-file" asennustiedostolla):

```
md5sum -c checksum-value installation-file
```

Kun arvot vastaavat toisiaan, kannattaa varmistaa, että asennusmedia voidaan ajaa läpi. Käyttäjälle annetaan siis oikeus ajaa media lisäämällä oikeuksia komennolla:

```
chmod u+x installation-file
```

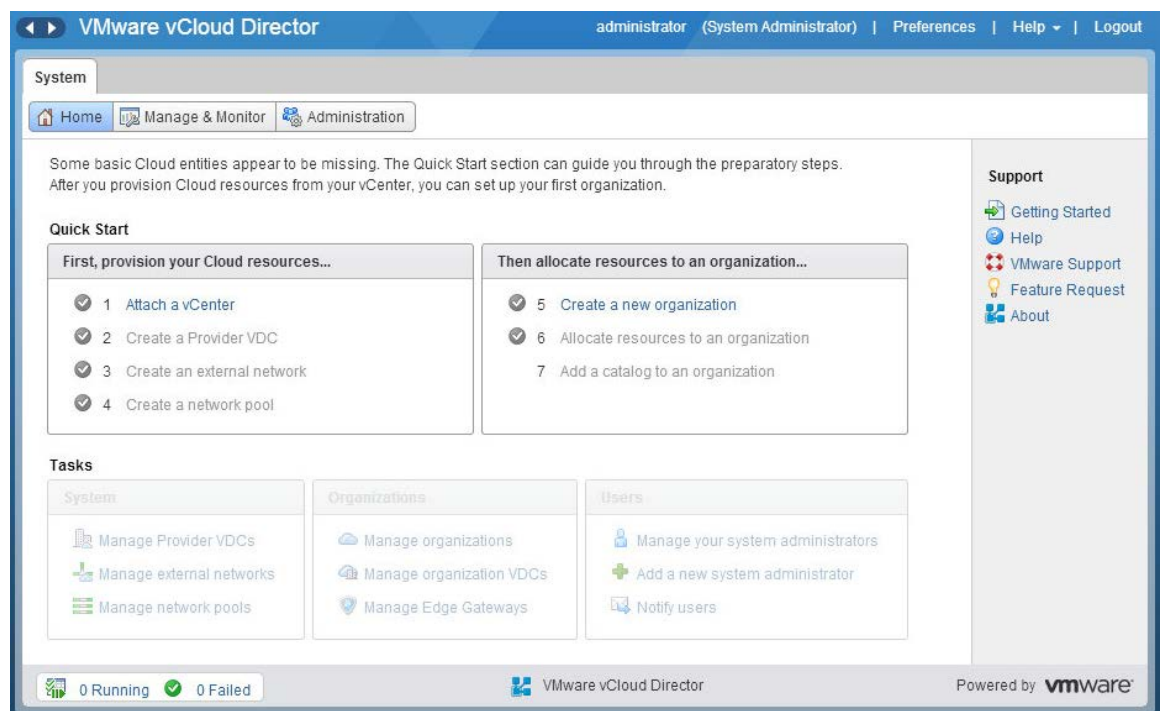
Kun asennustiedosto on ajettavissa, voidaan se käynnistää yksinkertaisesti komennolla:

```
./installation-file
```

Asennus käy läpi hostin resursseja koskevat vaatimukset, varmistaa asennuksen allekirjoituksen, luo vCloud käyttäjän ja ryhmän, purkaa RPM-paketin ja asentaa ohjelmiston.

Kun asennus on valmis se pyytää ajamaan konfigurointiskriptin, joka kysyy tarvittavat tiedot sertifikaattien käyttöön, komponenttien liittämiseen ja yhteyksien luomiseen ensimmäistä käyttökertaa varten.

Kun asennus ja konfigurointi ovat valmiita, sekä palvelu käynnistetty. Yhteyden hostiin saa tuetuilla verkkoselaimilla yhdistämällä IP-osoitteeseen (kuva 17). Ensimmäisen session yhteydessä asennus vieään loppuun asettamalla lisenssit, luomalla Administrator-tunnukset, määrittämällä järjestelmän perusasetukset kuten nimi ja ID, jonka jälkeen vCloud Director on valmis käyttöä varten.



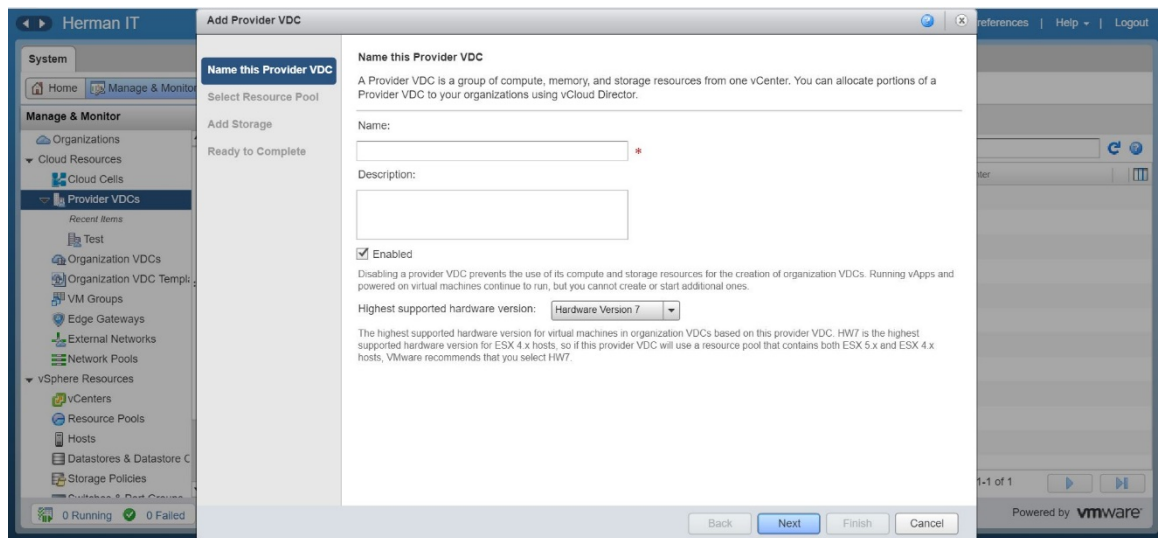
Kuva 17 vCloud Director -verkkokäyttöliittymä

## 8.5 Konfigurointi ja käyttö

Saatettuaan asennuksen loppuun ja yhteydet luotuaan, järjestelmä pyytää luomaan muun muassa palveluntarjoajan virtuaalidatakeskus eli Provider VDC:n (kuten kuvassa 18) ja virtuaalisen datakeskuksen, sekä määrittelemään käytettävät verkot tuomalla ne vSphere:n puolelta ja/tai luomalla uusia vCloud-ympäristön sisäisiä verkkoja. Kun edellä mainitut peruskonfiguraatiot on saatu määritettyä, Provider VDC on valmis käyttöä varten



ja luomaan muun muassa asiakasympäristöjä. Provider VDC pystyy näin jakamaan resurssejaan vCloudin resurssipoolista ja levykapasiteetista edelleen muille organisaatioille ja niiden datakeskuksille.



Kuva 18 Provider VDC:n luonti

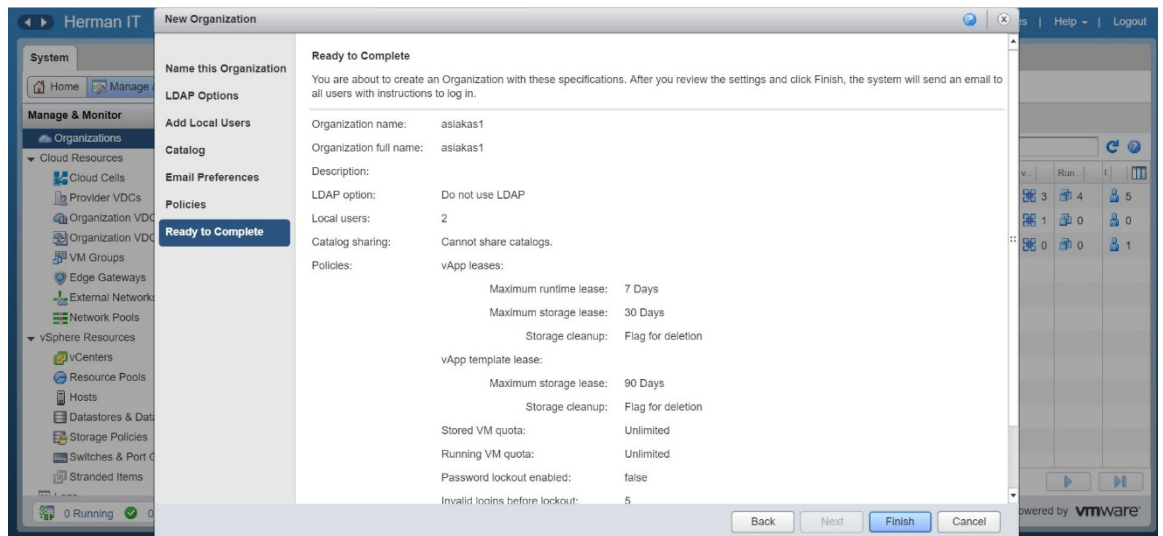
### 8.5.1 Tarjottavat ominaisuudet

Seuraavaksi käsitellään ympäristön käyttöä ja konfigurointia asiakkaan tarpeiden mukaisesti, sekä käydään läpi vCloud Directorin perusominaisuuksia, joita projektin alkuvaiheessa asiakas on ilmoittanut vaativansa.

Kertauksena, asiakas on vaatinut perushallintaominaisuudet, joihin heidän ylläpitäjillään täytyy olla oikeus.

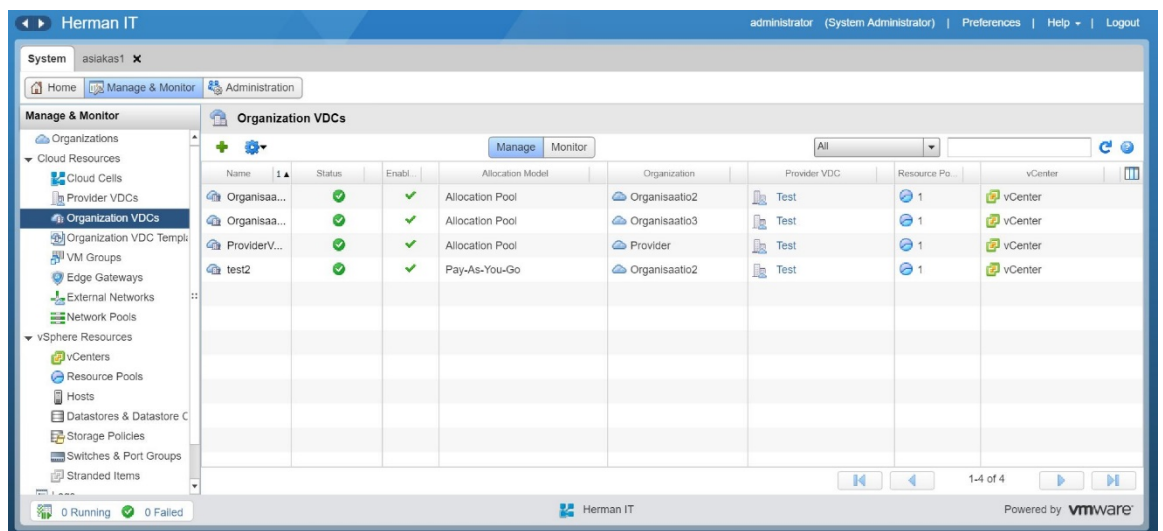
- Virtuaalikoneen luominen ja poistaminen
- Vcpu, muistin ja levytilamäärän lisääminen ja vähentäminen virtuaalikoneissa
- Virtuaalikoneiden verkkojen vaihtaminen
- Snapshottien otto ja palautus
- Hallintakonsolilyhteys virtuaalikoneisiin ja mahdollisuus asentaa itse käyttöjärjestelmät

Asiakasympäristön rakentaminen lähtee käyntiin organisaation määrittämisestä. Ensimmäisenä asiakasorganisaatiolle tulee luoda organisaatio vCloud:iin yksinkertaisesti organisaatiot välilehdeltä, jossa organisaatiolle määritellään muun muassa nimi, LDAP asetukset, käyttäjät, mahdolliset SMTP-asetukset ja käyttörajoitukset (kuva 19).



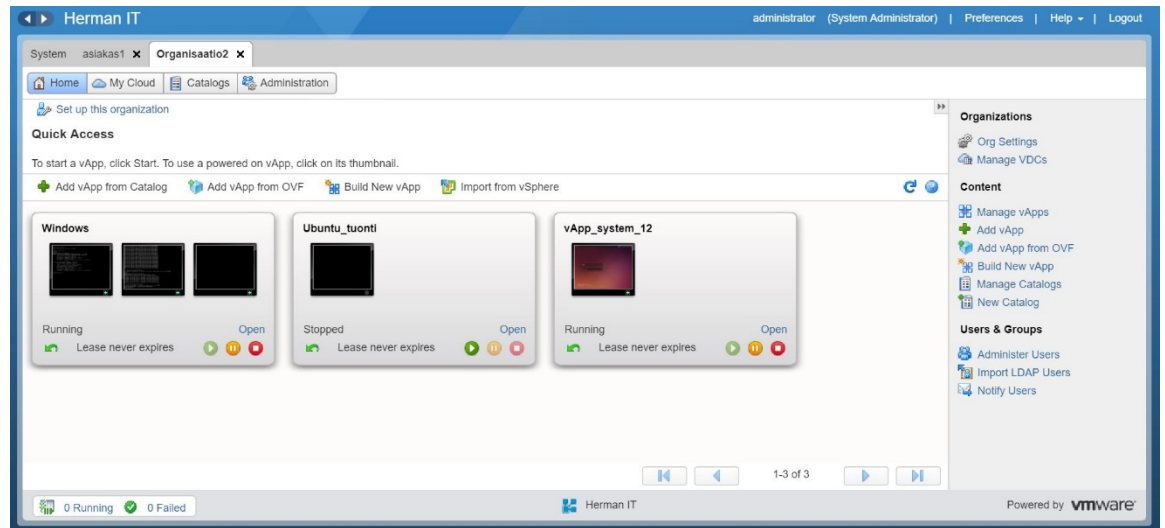
Kuva 19 Organisaation luonti

Virtuaaliresurssien käyttöä ja esimerkiksi virtuaalikoneiden luomista varten organisaatiolle luodaan virtuaalinen datakeskus Organization VDCs –välilehdeltä (kuva 20). Datakeskukseen lohkaistaan Provider VDC:n kautta vCloudille näytetystä resurssipoolista haluttu määrä resursseja organisaation käyttöön.

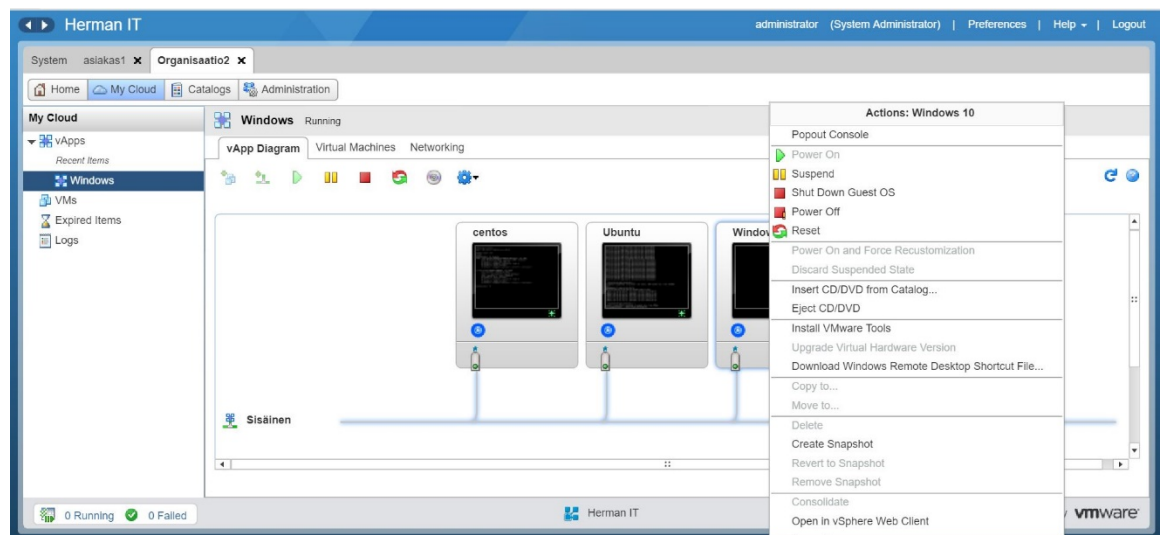


Kuva 20 Organization VDS -välilehti

Valmiiseen datakeskukseen on resursseista mahdollista luoda virtuaaliapplikaatioita ja niiden sisälle virtuaalikoneita. Valtuutetulla käyttäjällä on mahdollista hallita organisaation näkymästä (kuva 21) virtuaaliapplikaatioita ja virtuaalikoneita asiakkaan vaatimusten mukaisesti, muokata resursseja, määrittää käytettävää verkkoa ja hallita snapshotteja vSphere ympäristön tapaan (kuva 22).

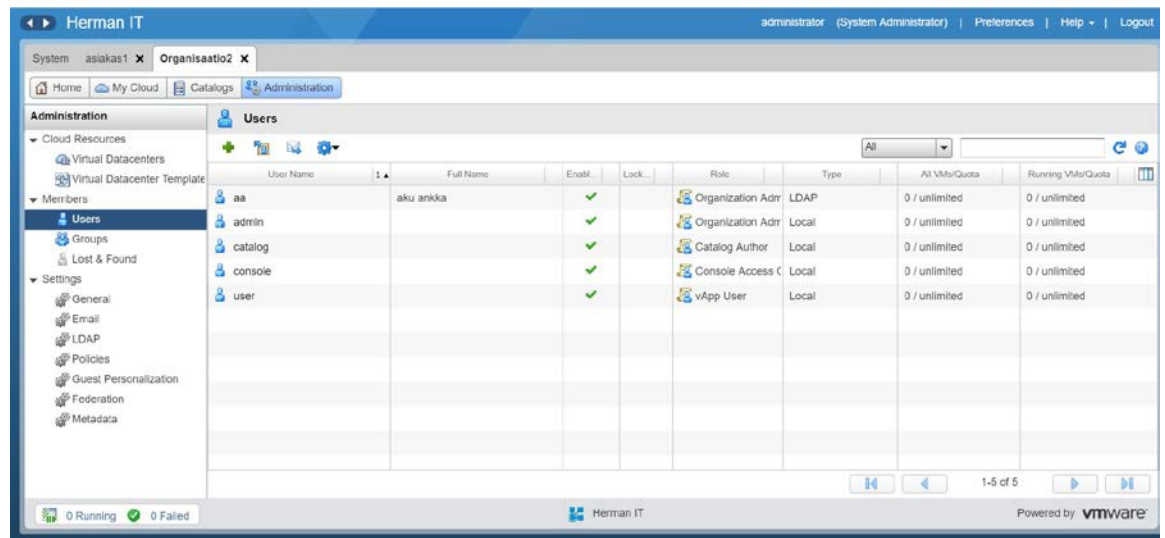


Kuva 21 Luodun asiakasorganisaation vCloud hallintanäkymä, jonne on luotu jo useampi vApp ja joiden sisällä toimii virtuaalikoneita



Kuva 22 Virtuaalikoneen hallinta

Käyttäjioikeuksia on mahdollista muokata käyttäjänhallintäkymästä (kuva 23) vastamaan asiakkaan tarpeita esimerkiksi rajaamalla käyttäjän oikeudet virtuaalikoneiden hallintaan tai vaikka organisaation ylläpitäjien oikeudet organisaatiotasolle.



Kuva 23 Käyttäjänhallinta

## 8.6 Lopputulos

Asennuksen lopputuloksena saatiin toimivan testiympäristön ja kokemusta ympäristön pystyttämisestä. Testiympäristöä voidaan käyttää ominaisuuksien testaamiseen ja demonstroitiin. Ympäristö vastaa asiakkaan esittämiin tarpeisiin ja nyt luotuun infrastruktuuriin on mahdollista rakentaa halutun laisia ympäristöjä ja testata niiden toimintaa ennen asiakkaan toimintaympäristöön siirtymistä.

## 8.7 Haasteet

Suurimmat haasteet projektin etenemisen kannalta tulivat käytännön toteutuksessa. Suunniteltu aikataulu ei pitänyt kattavien infrastruktuurimuutosten takia ja tuotantoympäristöasennusta ei pystytty toteuttamaan osana tätä työtä. Tästä johtuen työssä ei myöskään päästy käsittelemään tuotantoympäristössä huomioitavia seikkoja vaan se keskittyi testiympäristön pystyttämiseen ja käyttöönottoprosessi oli näin suppeampi. Tätä työtä tullaan käyttämään jatkokehityksessä ja tuotantoympäristön mahdollisessa käyttöönotossa tulevaisuudessa.

## 8.8 Jatkokehitys

Testiympäristön pystyttämisesssä hankittua kokemusta ja tutkimustyössä opittua tullaan käyttämään projektin loppuunsaattamisessa ja tuotantoympäristön rakentamisessa. Työ tulee jatkumaan vSphere –ympäristön ja migraation loppuun saattamisella, jonka jälkeen vCloud Director –laajennusta voidaan taas suunnitella osaksi ympäristöä asiakkaan esittämien tarpeiden mukaisesti.

Tuotantoympäristössä tullaan kiinnittämään erityistä huomiota tietoturvaan ja verkotukset tullaan käymään läpi yhdessä asiakkaan, sekä toimeksiantoyrityksen verkkoasiantuntijoiden kanssa. Sertifikaatit tullaan toteuttamaan tuotantoympäristölle kuuluvalla tavalla allekirjoitettuna toisin kuin testiympäristössä, jossa tyydyttiin itsekirjoitettuihin epäluotettaviin sertifikaatteihin.

## 9 Yhteenveto

Virtualisointi ja pilvipalvelut ovat arkipäiväistyneet IT-tuotantoympäristöissä ja tuovat ylläpidon kannalta tärkeitä ominaisuuksia ylläpitäjille ja asiakkaille. Mukautuvat infrastruktuuriratkaisut mahdollistavat tarpeiden mukaisten ympäristöratkaisujen räätälöinnin ja mahdollisuuden monipuolisten alustapalvelujen toteuttamiselle.

VMware on vahva toimia alalla ja tämänkin työn osalta eniten esille tullut ohjelmistotarjoaja. Se tarjoaa monipuolisia infrastruktuuriratkaisuja esimerkiksi vSphere-virtualisointialustaa, joka on yksi yleisimmin käytössä oleva virtualisointiratkaisu. vCloud Director on hyvä työkalu vSphere resurssien tarjoamiseen pilvipalveluna. Se soveltuu parhaiten työssä esiintyneisiin asiakkaan tarpeisiin ja on ylläpidon kannalta luontevin alustavalinta ympäristön toteuttamiselle. VCloud tarjoaa käyttöliittymän asiakkaan VMware -virtuaaliresurssien hallintaan halutulla tasolla ja mahdollistaa ympäristön ylläpidon vaatimusten mukaisesti.

Työ toteutettiin osana tilattua VMware-transitioprojektia, ja työn alkuperäisenä tavoitteena oli tarjota asiakkaalle vaatimuksia vastaava virtuaalialusta pilvipalveluna hallinnoimaan tarjottuja vSphere-resursseja tuotantoympäristössä. Kuitenkin transitioprojektin venyessä ja infrastruktuuritöiden mennessä prioriteeteissa edelle, vCloud toteutettiin testiympäristöön.

Alkuperäisen suunnitelman kariutumisesta ja aikataulumuutoksista huolimatta opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin suurimmalta osin. Kokemus VMware vCloud director -ympäristöstä on kasvanut ja yleinen käsitys infrastruktuurin rakenteesta ja toiminnasta parantunut. Kokemusta ja opittua aineistoa käytetään alkuperäisen suunnitelman toteuttamiseen ja tuotantoympäristön pystyttämisen tulevaisuudessa.

Lähteet:

Davis David 2013. The Top 5 Enterprise Type 1 Hypervisors You Must Know

<http://www.virtualizationsoftware.com/top-5-enterprise-type-1-hypervisors> Viitattu  
7.10.2017

Dell 2012. VMware vSphere 5

<http://en.community.dell.com/techcenter/virtualization/w/wiki/3031.vmware-vsphere-5>

Herman IT. 2018.

<http://www.hermanit.fi/>. Luettu 31.12.2018

IBM 2017. What is cloud computing?

<https://www.ibm.com/cloud-computing/learn-more/what-is-cloud-computing/> Viitattu  
8.10.2017

KPO 2018.

<http://www.kpo.fi/>. Viitattu 31.1.2018

Microsoft 2017 a. Azure stack

<https://azure.microsoft.com/en-us/overview/azure-stack/> Viitattu 28.10.2017

Microsoft 2017 b. Key features and concepts in Azure Stack

<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-stack/azure-stack-key-features>

Viitattu 29.10.2017

Opensource 2017. What is virtualization?

<https://opensource.com/resources/virtualization> Viitattu 7.10.2017

Red Hat 2017. Red Hat Cloudforms

<https://www.redhat.com/en/technologies/management/cloudforms> Viitattu 28.10.2017

Red Hat 2017. Red Hat CloudForms 4.5 Release Notes

[https://access.redhat.com/documentation/en-us/red\\_hat\\_cloudforms/4.5/html/release\\_notes/](https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_cloudforms/4.5/html/release_notes/) Viitattu 29.10.2017

Remde Kevin 2011. SaaS, PaaS, and IaaS.. Oh my!

<https://blogs.technet.microsoft.com/kevinremde/2011/04/03/saas-paas-and-iaas-oh-my-cloudy-april-part-3> Viitattu 7.10.2017

Schabell Eric 2017. 3 Steps to Cloud Operations Happiness with CloudForms

<http://www.schabell.org/2017/01/3-steps-to-cloud-operations-happiness-with-cloud-forms.html> Viitattu 21.10.2017

Scholman Mark 2017. AZURE STACK TP2 NOVEMBER UPDATE RELEASED

<https://azurestack.blog/2016/11/azure-stack-tp2-november-update-released/> Viitattu 21.10.2017

VMware 2009. Introduction to VMware vSphere

[https://www.vmware.com/pdf/vsphere4/r40/vsp\\_40\\_intro\\_vs.pdf](https://www.vmware.com/pdf/vsphere4/r40/vsp_40_intro_vs.pdf) Viitattu 6.10.2017

VMware 2015. VMware vRealize Orchestrator Plug-In for vCloud Director 8.0 Release Notes.

<https://www.vmware.com/support/orchestrator/doc/vcd-plugin-80-release-notes.html> Viitattu 4.10.2017

VMware 2017a. VMware vCloud Director Fundamentals.

[https://mylearn.vmware.com/mgrreg/courses.cfm?ui=www\\_edu&a=one&id\\_subject=75246](https://mylearn.vmware.com/mgrreg/courses.cfm?ui=www_edu&a=one&id_subject=75246) Viitattu 1.10.2017

VMware 2017b. vCloud Director Installation and Upgrade Guide vCloud Director 8.20.

[http://pubs.vmware.com/vcd-820/topic/com.vmware.ICbase/PDF/vcd\\_820\\_install.pdf](http://pubs.vmware.com/vcd-820/topic/com.vmware.ICbase/PDF/vcd_820_install.pdf) Viitattu 20.9.2017

VMware 2017c. MANAGEMENT PACK FOR V CLOUD DIRECTOR.



<https://marketplace.vmware.com/vsx/solutions/management-pack-for-vcloud-director> Viitattu 4.10.2017

VMware 2017d. Usage Meter

<https://www.vmware.com/products/vcloud-usage-meter.html> Viitattu 4.10.2017

VMware 2017e. About Us

<https://www.vmware.com/company.html> Viitattu 6.10.2017

Webtechmag 2017. Free Virtualization Software & Hypervisors

<http://webtechmag.com/free-virtualization-software-hypervisors/>