

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Tehnoloogiainstituut

Martin Johanson

**Virtuaalne arvutiklass Windows Server 2016 Hyper-V  
virtualiseerimise platvormil**

Bakalaureusetöö (12 EAP)  
Arvutitehnika eriala

Juhendaja:

MSc Alo Peets

Tartu 2017

# Resümee/Abstract

## **Virtuaalne arvutiklass Windows Server 2016 Hyper-V hüperviisoril**

Käesolevas bakalaureusetöös seadistatakse Windows Server 2016 Hyper-V näitel keskselt hallatav virtuaalne arvutiklass. Valminud lahenduse eesmärk on pakkuda võimekaid eelseadistatud arvuteid tudengitele nende õppetöö lihtsustamiseks. Lõputöös antakse ülevaade virtualiseerimistehnoloogiatest ja võrreldakse virtualiseerimisplatvorme VMWare ja Hyper-V. Selgitatakse lahti virtualiseerimise kasud ja probleemid ning uuritakse Windows Serveri pakutavaid virtualiseerimislahendusi Remote Desktop Services näitel.

**CERCS: T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia**

**Märksõnad:server, virtualiseerimine, virtuaalmasin, Windows, Hyper-V**

## **Virtual computerclass based on Windows Server 2016 Hyper-V**

Current bachelor thesis focuses on creating Windows Server 2016 Hyper-V based centrally managed virtual computer classroom. Main purpose of such a virtual classroom is to provide capable virtual computers with preconfigured software to aid student with their studies. An overview is given about virtualization technologies and a comparison between VMWare and Hyper-V. An explanations are given about advantages and disadvantages of virtualization. Furthermore, Windows Server virtualization solutions are examined based on Remote Desktop Services.

**CERCS:T120 Systems engineering, computer technology**

**Keywords:server, virtualization, virtual machine, Windows, Hyper-V**

# Sisukord

<b>Resümee/Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Jooniste loetelu</b>	<b>4</b>
<b>Tabelite loetelu</b>	<b>5</b>
<b>Lühendid, konstandid, mõisted</b>	<b>6</b>
<b>1 Sissejuhatus</b>	<b>7</b>
1.1 Probleemi tutvustus . . . . .	7
1.2 Töö eesmärk ja ülevaade . . . . .	8
<b>2 Virtualiseerimine</b>	<b>9</b>
2.1 Virtualiseerimise kasud ja probleemid . . . . .	12
2.2 Virtualiseerimistarkvarade võrdlus . . . . .	13
2.2.1 Microsoft Hyper-V . . . . .	15
2.2.2 Riistvara nõuded . . . . .	15
2.2.3 Toetatud Windowsi ja Windows Serveri operatsioonisüsteemid . . . . .	16
2.2.4 Remote Desktop Services . . . . .	16
<b>3 Süsteemi ülesseadmine</b>	<b>17</b>
3.1 Struktuur . . . . .	17
3.1.1 Domeenikontroller . . . . .	18
3.1.2 Remote Desktop Connection Broker . . . . .	18
3.1.3 Remote Desktop Web Access . . . . .	19
3.1.4 Remote Desktop Virtualization Host . . . . .	19
3.2 Käesolevas lahenduses kasutatav riistvara . . . . .	19
3.3 Masinate seadistamine . . . . .	19
3.3.1 Masina nime ja võrgu seadistamine . . . . .	19
3.3.2 Active Directory paigaldamine ja domeeni loomine . . . . .	20
3.3.3 Remote Desktop Services paigaldamine . . . . .	21
3.3.4 Virtuaalmasina malli loomine . . . . .	23
3.3.5 Organizational Unit . . . . .	24
3.3.6 DHCP seadistamine . . . . .	24
3.3.7 Virtuaalmasina kollektsooni loomine . . . . .	25
3.3.8 RD Gateway seadistamine . . . . .	25
3.3.9 RD Web Access testimine . . . . .	26
<b>4 Kokkuvõte</b>	<b>28</b>
<b>Viited</b>	<b>29</b>

# Jooniste loetelu

2.1	Tarkvaralise virtuaalmasina arhitektuur. . . . .	9
2.2	Riistvaralise virtuaalmasina arhitektuur. . . . .	10
2.3	Konteineritega virtualiseerimise arhitektuur. . . . .	10
2.4	Hüperviisorite tüübid. . . . .	11
2.5	Type-2 ja Dockeri virtuliseerimisarhitektuuri võrdlus. . . . .	12
3.1	Süsteemi struktuuri skeem. . . . .	17
3.2	RdWebi sisselogimine. . . . .	27
3.3	RdWeb veebilehe näide koos virtuaalmasina kolleksiooniga. . . . .	27

# Tabelite loetelu

2.1	Hyper-V 2016 ja VMWare vSphere 6.5 hosti ja virtuaalmasina skaleeritavus. . . . .	14
2.3	Toetatud Windows Serveri ja Windowsi versioonid. . . . .	16
3.1	Infrastruktuuris olevate masinate nimed ja võrguaadressid. . . . .	17

# Lühendid, konstandid, mõisted

**DNS** - Domain Name Server

**DHCP** - Dynamic Host Configuration Protocol

**IP** - Internet Protocol

**VDI** - Virtual Desktop Infrastructure

**RDP** - Remote Desktop Protocol

**RDC** - Remote Desktop Connection

**RDS** - Remote Desktop Services

**VM** - Virtual Machine

**DC** - Domain Controller

**CB** - Connection Broker

**WA** - Web Access

**VH** - Virtualization Host

**OU** - Organizational Unit

**LAN** - Local Area Network

**WAN** - Wide Area Network

**ADDS** - Active Directory Domain Services

# 1 Sissejuhatus

Virtualiseerimine kujutab endast ühe füüsilise arvuti muutmist mitmeks virtuaalseks arvutiks või serveriks. Igas sellises virtuaalmasinas võib töötada oma operatsioonisüsteem ja rakendused, ilma et need satuks konflikti teiste masinate tööga. [1]

## 1.1 Probleemi tutvustus

Tänapäeval kasutatakse ülikoolides Windowsi ja Linuxi operatsioonisüsteeme erinevate kursuste läbiviimiseks. Enamasti on need eelseadistatud teatud tarkvarapakettidega, mida saab kasutada ainult arvutiklassides. Põhjus on selles, et need tarkvarapaketid on litsentseeritud ning maksavad enamasti suuri summasi. See aga tähendab, et tudengid, kes soovivad neid rakendusi kasutada näiteks kodutööde tegemiseks, peavad selleks alati ligipääsema koolis asuvalle arvutiklassile. Teatud litsentse saavad ka tudengid ise oma arvutites kasutada, kuid see eeldab, et kasutatav tarkvara oleks arvutis oleva operatsioonisüsteemiga ühilduv. Teatud juhtudel peavad tudengid väljuma mugavustsoonist ja vahetama operatsioonisüsteeme, et kasutada teatud programme oma koolitöös.

Ülikoolis kursuses, nagu "Arvutiriistvara praktikum", tehakse praktikumides tööd Windowsi ja Linuxi operatsioonisüsteemides. Praktikumides on arvutite arv piiratud ja iga tudeng omab ühte masinat terve praktikumi vältel. Praktikumi lõpus tuleb aga taastada praktikumi alguses olnud arvuti algseis, et järgmine tudeng saaks seal sama tööd korrata. See on suur ajakadu ja tülikas tegevus nii tudengitele, kes peavad algseisu taastama, kui ka õppejõududele, kes peavad veenduma selles, et kõikide arvutite algseis on taastatud järgmise praktikumi alguseks. Lisaks sellele on iga praktikum erinev, kus võib vaja minna teist operatsioonisüsteemi või rakendust. Iga arvuti eraldi ettevalmistamine praktikumiks on tüütu ja aeganõudev lisatöö juhendajatele. Kursustes "Süsteemihaldus" peavad tudengid terve kursuse vältel tegema tööd Linuxi keskkonnas. Linuxi operatsioonisüsteemi kasutavad tudengid saavad soovi korral kursuse tegevusi edukalt läbi viia isiklikes arvutites. Windowsi omanikud peavad selleks kasutama kooliarvuteid või endale alla laadima virtualiseerimisplatvormi. Vastasel korral peab tudeng isiklikku arvutisse paigaldama Windowsi kõrvale Linuxi süsteemi. See on aga lisakoormuseks kõvaketastele ja SSD seadmetele, kuna kettaruum on piiratud. Õppejõududele on raskendatud tudengite töö kontrollimine, kui see on kättesaadav ainult tudengi arvutist.

Selliseid kursuseid on veel, näiteks "Andmeturve" ja "Operatsioonisüsteemid, kus puututakse kokku ülal väljatoodud probleemidega õppetöö käigus. Hetkel ei ole Tartu Ülikoolis paigaldatud sellist lahendust, millega jagada virtuaalmasinaid. Sellise lahenduse väljaarendamine aitaks kaasa õppejõudude ja tudengite töö efektiivusele.

## 1.2 Töö eesmärk ja ülevaade

Käesoleva töö eesmärk on tutvustada ühte kontseptsiooni, kuidas ülikoolides saaks arvutitega seotud õppetöid teha tudengitele lihtsamini kättesaadavamaks. Idee on luua virtualiseeritud arvutitest koosnev taristu, kus virtualiseeritud arvutitele pääseb ligi väljaspoolt kooliruumi võrgu kaudu. Tudeng peab ainult looma ühenduse virtuaalmasinaga ja saab koheselt alustada tööga.

Kooli igapäevases õppetöös kasutatakse erinevaid spetsiifilisi programme. Osad neist vajavad litsentse, teised jälle kindlalt operatsioonisüsteemi, kolmandad aga keerulist konfigureerimist. Selliste probleemide lahenduseks on virtuaalmasinate kasutamine, kus piisab ainult ühe seadistamisest. Teisi saab juba ettevalmistatud malli järgi mitmeid kordi uuesti luua. See jätab ära vajaduse soetada ja paigaldada litsentseeritud programme isiklike arvutitesse. Lisaks annab see võimaluse teha tööd tarkvaradega, mis kasutaja arvutis operatsioonisüsteemi erinevuse tõttu ei pruugi töötada.

Selles töös proovitakse implementeerida ühte lahendust laborikeskkonnas, mis peaks andma ülevaate, kuidas ülikool saaks analoogseid meetodeid kasutades üles seada sellise süsteemi.

Töö esimene peatükk koosneb sissejuhatusest, töö eesmärgist ja ülevaatest. Antakse ülevaade hetkel püsivatest probleemidest, mis on seotud arvutiklassides kasutatavate tarkvaradega ja sellist, kui ebaeftiivne on manuaalne arvutite taastamine. Eesmärkide all tutvustatakse meetodit, mis võib olla sobilik virtualiseeritud lahendus nendele probleemidele. Bakalaureusetöö teine peatükk analüüsib virtualiseerimistehnoloogiaid ja võrdleb virtualiseerimisplatvorme Hyper-V ja VMWare. Selgitatakse lahti virtualiseerimise kasud ja probleemid. Uuritakse Windows Serveris pakutavaid virtualiseerimislahendusi Remote Desktop Services näitel. Kolmandas peatükis kirjeldatakse Windows Server 2016 Hyper-V näitel keskselt hallatava virtuaaltöölaudade taristu loomist.

## 2 Virtualiseerimine

Võib öelda, et virtualiseerimise mõiste tekkis 1960-te ja 70-te lõpus, kui IBM arendas süsteemi, kus ressursse saaks jagada suure hulga kasutajate vahel. Sellise lahenduse välja töötamine tõi endaga kaasa suure läbimurde, mis andis võimaluse organisatsioonidel ja isegi eraisikutel kasutada efektiivsemalt arvutusjõudlust oma otstarbeks. See tähendas, et arvutusvõimsuse pakkumine muutus märgatavalt odavamaks. Tänapäeval järgib virtualiseerimise mudel sama põhimõtet, pakkudes odavamalt rohkem efektiivset ressursi ja paindlikkust. Sellepärast on virtualiseerimine olnud kiirelt tõusev trend arvutitehnoloogias. [2]

Tänapäeval implementeeritakse virtuaalmasinaid erinevates vormides, kuid enim praktilist kasutust on leidnud tarkvaralised virtuaalmasinad (ik. *software virtual machines*), riistvaralised virtuaalmasinad (ik. *hardware virtual machines; bare-metal*) ja konteinerid (ik. *containers*). [3,4]

- Tarkvaralise virtualiseerimise puhul ei pruugi operatsioonisüsteem teada, et see töötab virtuaalmasinas ja riistvara ei pruugi teada, et selle peal mõni virtuaalmasin töötab. Otse füüsilise riistvara peal paikneb operatsioonisüsteem, millel omakord paikneb virtuaalmasinate haldur. [3,4]

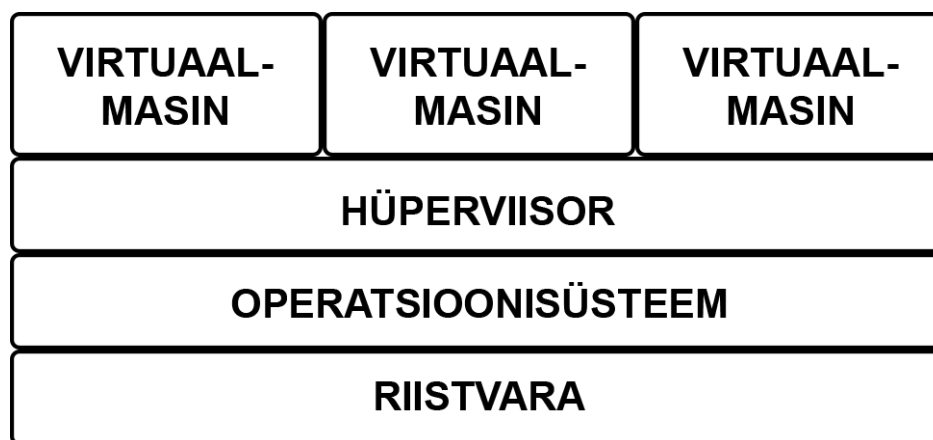


Figure 2.1: Tarkvaralise virtuaalmasina arhitektuur.

- Riistvaralise virtuaalmasina korral asetseb virtualiseerimistehnoloogia otse füüsilisel riistvaral, aidates kaasa kiiremale infovahetusele virtuaalmasina ja riistvara vahel. Osad virtualiseerimist assisteerivad funktsioonid ehk virtualiseerimistehnoloogiad on riistvarasse ehitatud. Sellise riistvara maksimaalseks ära kasutamiseks peab virtualiseeritav operatsioonisüsteem vastavaid funktsioone oskama kasutada. Riistvaralise virtualiseerimise juures teab nii virtuaalmasinas töötav operatsioonisüsteem füüsilisest riistvarast kui ka füüsiline riistvara virtuaalmasinast. [3,4]
- Konteineritega virtualiseeritakse operatsioonisüsteemi mitte riistvara. Virtuaalmasinaid haldab süsteemi kernel, kuid igale virtualiseeritud osale määratakse oma failisüsteem,

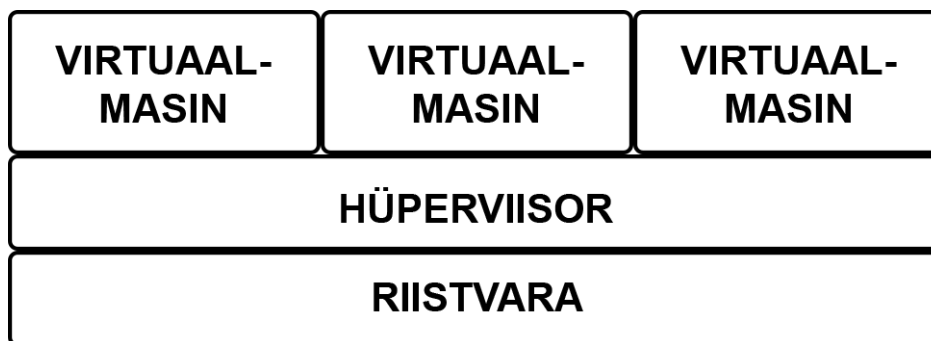


Figure 2.2: Riistvaralise virtuaalmasina arhitektuur.

protsessid, mälu ja seadmed. Varem leidsid konteinerid kasutust enamasti Linuxi süsteemides kuid nüüd on konteinerid saadaval ka operatsioonisüsteemides Windows 10 ja Windows Server 2016. Windowsi konteineri tehnoloogia hõlmab endas kahte erinevat tüüpi konteinerid: Windows Serveri konteinerid ja Hyper-V konteinerid. Windows Serveri konteinerid jagavad nii omavahel kui ka füüsilisel riistvaral oleva operatsioonisüsteemiga sama kernelit. Hyper-V konteinerid töötavad spetsiaalsetes virtuaalmasinates. See pakub kerneli tasandi isolatsiooni konteinerite ja konteinereid haldava operatsioonisüsteemi vahel. [3–5]

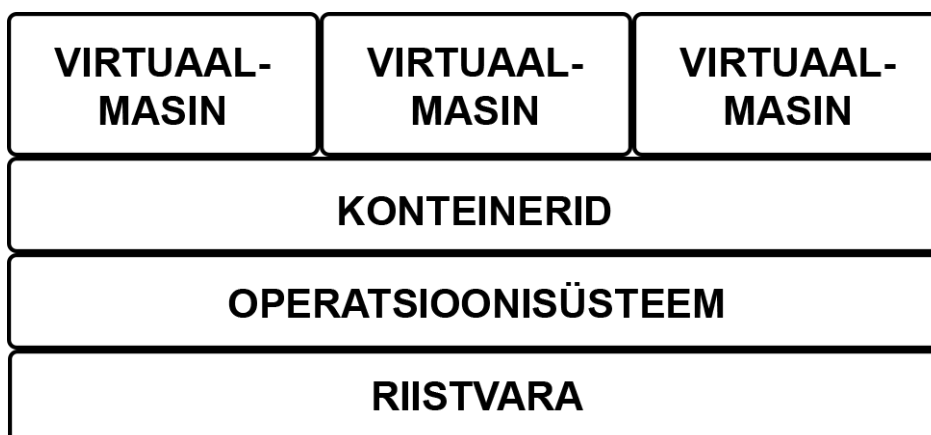


Figure 2.3: Konteineritega virtualiseerimise arhitektuur.

## Hüperviisor

Hüperviisoriks (ik. *hypervisor*) võib olla arvuti tarkvara, püsivara või riistvara, mis isoleerib operatsioonisüsteemid riistvarast, millel nad töötavad. See annab virtuaalmasinate eest vastutaval arvutil sõltumatult opereerida ühe või mitme virtuaalmasinaga, andes võimaluse efektiivselt kasutada süsteemi füüsilise arvuti arvutusjõudlust. [6]

Hüperviisoreid on kahte tüüpi: *type-1* ja *type-2*. Type-1 hüperviisorid haldavad operatsioonisüsteeme otse riistvaral. Sellisteks hüperviisoriteks on näiteks Oracle VM Server for x86, Microsoft Hyper-V ja VMware ESX/ESXi. Type-2 hüperviisorid töötavad operatsioonisüsteemidel nagu teised programmid. Virtualiseeritav operatsioonisüsteem jookseb haldaval operatsioonisüsteemil tavalise protsessina. Type-2 hüperviisoreid pakuvad näiteks VMware Workstation ja VirtualBox. [7]

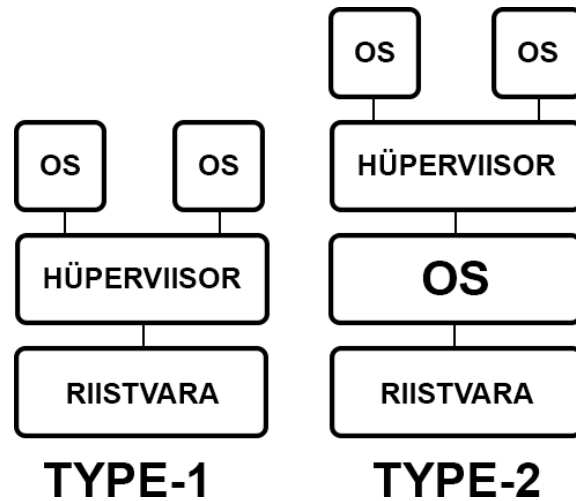


Figure 2.4: Hüperviisorite tüübid.

## Virtualiseerimistüübid

Rakenduste virtualiseerimine (ik. *application virtualization*) puhul tekitatakse olukord, kus rakendustarkvara arvab, et kasutab üksinda selle all olevat operatsioonisüsteemi. Kui muidu on rakenduste käivitamiseks vajalikud failid süsteemis laiali paisatud, siis sellise virtualiseerimise korral käivitatakse rakendus ühe failina. See annab võimaluse korraga tööle panna mitu rakendust, mis muidu võivad omavahel konflikti sattuda. See tähendab ka seda, et on võimalik käitada teatud programme operatsioonisüsteemides, kus need muidu ei tööta. Näiteks saab kasutada Microsoft Windowsile loodud programme Linuxis. [8,9]

Võrgu virtualiseerimine (ik. *network virtualization*) annab võimaluse kombineerida mitu füüsilist võrku üheks virtuaalseks võrguks või vastupidi, teha ühest füüsilisest mitu virtuaalset võrku, mida saab kontrollida tarkvaraliselt. See toob endaga kaasa efektiivsema võrgu jaotuse, mida on lihtsam ja paindlikum hallata. [10]

Töölaua virtualiseerimisega (ik. *desktop virtualization*) saab luua täisväärtuslikud operatsioonisüsteemiga virtuaaltöölauad. On kahte tüüpi virtuaalmasinaid: personaalne virtuaalmasin ja juhuslik virtuaalmasin. Personaalse virtuaalmasina korral antakse igale kasutajale oma isiklik virtuaalmasin, milles tehtud muudatudes jäävad püsima ja igal uuel sisselogimisel saab kasutaja selle sama virtuaalmasina endale tagasi. Juhusliku virtuaalmasina korral valitakse kasutajale suvaline vaba virtuaalmasin eelseadistatud virtuaalmasinate nimistust. Vastavalt seadistusele saab virtuaalmasinast väljalogimisel selle algseisu automaatselt taastada. Teatud süsteemides, nagu *Microsoft Remote Desktop Services*, on võimalik luua kasutaja profiilid (ik. *User Profile Disks*), kuhu salvestatakse teatud failid ja seaded, mis uue virtuaalmasina käivitamisel taastatakse. [11]

Docker on vabavaraline (ik. *open source*) tarkvara, mis lubab operatsioonisüsteemi tasemel virtualiseerimist Windowsis ja Linuxis. Docker annab võimaluse käitada rakendustarkvarasi kergelt isoleeritud keskkonnas, mida nimetatakse konteineriks. Kergelt isoleeritud tähendab, et konteinerid jagavad süsteemi kernelit ja teke (ik. *libraries*) omavahel. Konteinerid on kasulikud näiteks tarkvaraarendajatele, kes saavad kirjutada ja testida programmikoodi ühes süsteemis ning seda hiljem ilma probleemideta käitada teises süsteemis. [12]

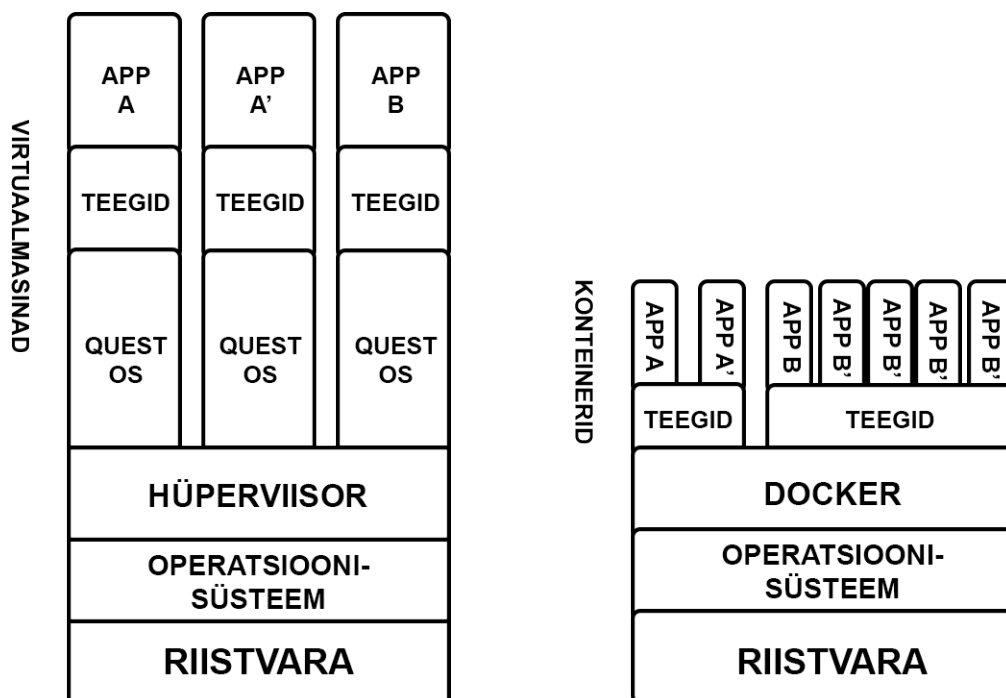


Figure 2.5: Type-2 ja Dockeri virtuliseerimisarhitektuuri võrdlus.

## 2.1 Virtualiseerimise kasud ja probleemid

### Energiasääst

Virtualiseerimisega saab kokku hoida füüsiliste serverite kogust, kuna üks füüsiline arvuti võib korraga töös hoida mitut virtuaalmasinat. Selle asemel, et hoida töös 5 serverit koos viie tööjaamaga, võib ühe serveriga hallata näiteks 20 tööjaama. See tähendab, et organisatsioonid ja teised asutused, kes saavad lõigata kasu virtualiseerimistehnoloogiatest, hoiavad kokku suurel hulgal raha. Mida vähem füüsilisi arvuteid, seda vähem elektrienergiat kulub nende ülalhoiuks. Tänu vähematele serverirakkidele, saab hoida raha kokku näiteks ruumi ja vajaliku võrgutehnika pealt, mis üldjuhul suurendab kulutusi. [13–15]

### Hooldus ja uuendus

Alati võib tekkida nõue rohkemate virtuaalmasinate järgi. Neid saab ettemääratud malli järgi kloonida vaid mõne minutiga ja on kohe kasutamiskvalifitseeritud, vajamata edasist seadistamist administraatori poolt. Selline võimalus annab ka lihtsa ja kiire mooduse uuendada virtuaalmasinaid, kas siis operatsioonisüsteemi tarkvara uuendustega (midagi paremat välja moelda) või lisada virtuaalmasinatesse uusi rakendusi, mida on kasutajal tööks vaja. [13–15]

### Riistvara

Kuna virtualiseerimise eesmärk on tarkvara riistvarast eraldada, kaob vajadus spetsiifilise riistvara järgi, kuid silmas tuleb pidada seda, et riistvara peab kindlasti toetama virtualiseerimist. Ühel serveri riistvaral tegutsevad virtuaalmasinad saab tööle panna ka muude näitajatega riistvaral. See tähendab, et riistvara valimisel või uuendamisel on kliendil suurem paindlikkus. [13–15]

## Töövõimeaeg

Tänapäeval olemasolevad virtualiseerimisplatvormid pakuvad tarkvaralisi tehnoloogiaid, mis aitavad kaasa süsteemi kestvale tööajale. Teenused, mida pakutakse on enamasti *Live Migration*, *Storage Migration*, *Fault Tolerance*, *Shadow Copy*. Need tagavad virtuaalmasinate kindla ja kestva töö võimalike probleemide korral nagu näiteks virtuaalmasina kokkujooksmine või andmekadu. [13–16]

- Live Migration - protsess, mille käigus liigutatakse füüsiliste arvutite vahel töötavat virtuaalmasinat või rakendust ilma kasutaja ühenduse katkemiseta.
- Storage Migration - protsess, mille käigus liigutatakse töötava virtuaalmasina failid ühest kohast teise.
- Fault Tolerance - olukord, kus kaks identset virtuaalmasinat käitavad kõrvuti erinevatel füüsilistel arvutitel nii, et kui üks peaks kokku kukkuma, võtab teine töö kohe üle.
- Shadow Copy - tehnoloogia, mis laseb teha hetktõmmiseid või koopiaid virtuaalmasina ketastest ja talletada neid teistes füüsilistes arvutites.
- Hyper-V Replica - tehnoloogia, mis asünkroonselt replikeerib virtuaalmasinaid ühest kohast teise.

## Riskiennetus

Tänu *Live Migration*ile, *Shadow Copy* tehnoloogiatele ja virtualiseerimisomadusele mitte sõltuda riistvarast, saab vajalikke andmeid efektiivselt liigutada ja säilitada süsteemides, mis ei pea olema sama võimekad kui igapäevased serveri arvutid. Administraatorid saavad talletada varukoopiaid kordades odavamatele füüsilistele arvutitele, vähendades sedasi kulutusi. [13–15]

## Esmane rahaline kulu

Virtualiseerimine hoiab kokku raha riistvara pealt pikas perspektiivis, kuid esmase riistvara soetamine koos virtualiseerimisplatvormi litsentsidega võib olla vägagi kulukas. [17]

## Virtualiseerimise keerukus

Serveri virtualiseerimine on kasulik, kuid mitte kerge. Esmalt tuleb aru saada kuidas töötavad virtuaalmasinad erinevalt füüsilistest arvutitest. Lisaks selle võtab aega ka virtualiseerimisplatvormi keskkonnaga harjumine aega. [17]

## 2.2 Virtualiseerimistarkvarade võrdlus

Tänapäeval on mitmeid erinevaid virtualiseerimisplatvorme. Õige platvormi leidmine oleneb sellest, milline keskkond on eelnevat olemas ja milliseid lisateenuseid on vaja soovitud süsteemi loomisel. Sõltuvalt vajadusest võib kasutada platvormi nagu VirtualBox, kus saab kiirelt luua ja hallata üksikuid virtuaalmasinaid. See on kasulik olukordades, kus on vaja teha tööd näiteks teises operatsioonisüsteemis või testida rakendusi, mis füüsilisele riistvarale paigaldatud operatsioonisüsteemil ei tööta.

Kui rääkida virtualiseerimisest ettevõtte tasemel siis on tegemist serveri virtualiseerimisega. Ettevõtetes on oluline, et saaks korraga kiirelt ülesseada mitmeid virtuaalmasinaid, mis oleksid

seadistatud vastavalt kasutaja spetsiifilistele nõuetele. Oluline on, et sellised virtualiseeritud arvutid oleks alati valmis kasutajat teenindama, kas siis lokaalsetes arvutides või üle võrgu. Hetkel on virtualiseerimisturul enimkasutatud serveri hüperviisoriteks VMWare ja Microsoft Hyper-V, mis on viimaste aastate jooksul teinud suuri edasiminekuid virtualiseerimistehnoloogia valdkonnas, tuues juurde erinevaid lisateenuseid ja funktsioone. [18] Mõlemad on edukad Windowsi operatsioonisüsteemide ja Linuxi distributsioonide virtualiseerimises. VMWare-il on serveri virtualiseerimiseks eraldi VMWare ESXi ja Hyper-V-l on selleks Windows Server. Loomulikult on võimalik Hyper-V-d kasutada ka Windows 10-s, kuid piiratud võimalustega võrreldes Windows Serveriga. [19–23]

Hyper-V või VMWarei vahel valides tuleks esmalt uurida ja võrrelda neid faktoritega nagu virtuaalmasinate jõudlus (ik. *performance*), skaleeritavus (ik. *scalability*) ja olemasoleva süsteemiga sidumise keerukus. Viimaste aastatega on Hyper-V jõudnud järgi VMWare-le pakutavate funktsioonidega. VMWare-il on mitu versiooni oma hüperviisorist - Free Hypervisor, Essentials Plus Enterprise Plus - millest viimane on kõige kallim ja vimekam. Võrreldakse omavahel Hyper-V-d ja Enterprise Plus versiooni, kuna teised VMWare-i platvormid on nõrgemad. Hyper-V 2016 ja VMWare vSphere Enterprise Plus skaleeritavuse kohta annab informatsiooni tabel 2.1. [24,25]

Table 2.1: Hyper-V 2016 ja VMWare vSphere 6.5 hosti ja virtuaalmasina skaleeritavus.

<b><i>Hyper-v 2016 Host server:</i></b>	<b>Väärtus</b>
Loogiline CPU	512
RAM	24TB
Töötavad VM-id	1024
vCPU	2048
Kettamaht	Sõltub operatsioonisüsteemist
<b><i>Hyper-v 2016 Virtuaalmasin:</i></b>	
vCPU	240 (Gen2); 64 (Gen1)
RAM	12TB (Gen2); 1TB (Gen1)
vHDD	64TB (VHDX); 2040GB (VHD)
<b><i>VMWare vSphere 6.5 Host server:</i></b>	
Loogiline CPU	576
RAM	12TB
Käitavad VM-id	1024
vCPU	4096
Kettamaht	64TB
<b><i>VMWare vSphere 6.5 Virtuaalmasin:</i></b>	
vCPU	128
RAM	6128
vHDD	62TB

Mõlemad platvormid on skaleeritavuse poolest enamvähem võrdsed. Lisafunktsioonid, nagu live migration ja live storage migration, on kummalgi hüperviisoril saadaval. Väikeskaalalise süsteemi ülesseadmine on esmase uurimise põhjal lihtsam. Haldustööristad on ilusti saadaval PowerShellis, mis hoiab ära hiirega nuppude tagaajamise. VMWare ja Hyper-V on hetkel virtualiseerimisturul juhtivad hüperviisorid. Mõlemad pakuvad sisuliselt samasuguseid vir-

tualiseerimislahendusi, kuid jõuavad sinna natuke erinevat teedpidi. Kuna Windows Serveris saab väga kergelt teha oma domeeni ning selle kasutajaliides on mõnevõrra tuttavam WMVare-i omast siis oleks lihtsuse mõttes *proof-of-concept*'i läbi viia tuttava platvormiga.

### 2.2.1 Microsoft Hyper-V

Hyper-V on Microsofti poolt arendatud riistvara virtualiseerimise toode. Sisult teeb Hyper-V täpselt seda mida iga teinegi virtualiseerimisplatvorm: loob tarkvaralise isoleeritud tööjaama, millel jookseb operatsioonisüsteem ja programmid. Windows Serveri funktsioonidega ja Hyper-V-ga on võimalik luua mitmeid erinevaid virtualiseerimislahendusi.

Hyper-V on hüperviisori põhine virtualiseerimistehnoloogia, mis vajab füüsilist protsessorit kindlate riistvaraliste nõuetega. Selline hüperviisori juhitud riistvara annab igale virtuaalmasinale oma isoleeritud keskkonna. Teatud konfiguratsioonides on võimalik virtuaalmasinale või operatsioonisüsteemile anda otsene ligipääs riistvarale nagu näiteks graafikakaart, võrguliidesed või kettamaht. [26,27]

### 2.2.2 Riistvara nõuded

Hyper-V ja selle teatud lisafunktsioonid nõuavad spetsiifilist riistvara. Meeles tuleb pidada, et Hyper-V poolt esitatud nõuded ületavad Windows Server 2016 miinimumnõuded, kuna virtualiseerimine vajab rohkem arvutusressurssi. Olenemata lisafunktsioonidest on Hyper-V-ga töötamiseks vaja:

- 64-bitine protsessor SLAT (ik. *second-level address translation*) toega.
  - Intelil Extended Page Table (EPT). AMD-l Rapid Virtualization Indexing (RVI). RVI-d võidakse kutsuda ka Nested Page Table (NPT) tehnoloogiaks.
- VM Monitor Mode laiendus.
- Soovitavalt 4GB muutmälu. Mida rohkem virtuaalmasinaid on korraga töötamas, seda suurem on nõudlus muutmälu järgi.
- BIOS-is või UEFI-s sisselülitatud virtualiseerimistoed:
  - Riistvaraline virtualiseerimistugi (ik. *hardware-assisted virtualization*). Inteli protsessorites on selleks tehnoloogiaks Intel Virtualization Technology (Intel VT) ja AMD protsessorites AMD Virtualization Technology (AMD-V).
  - Hardware-enforced Data Execution Prevention (DEP) peab olema saadaval ja süsteemis aktiveeritud. Inteli riistvaras on selleks XD bitt (ik. *execute disable bit*) ja AMD-l NX bitt (ik. *no execute bit*). [28]

Nende nõuete väljaselgitamiseks saab kasutada PowerShellis käsku *"Systeminfo.exe"*, mis tagastab detailse konfiguratsiooni informatsiooni arvuti ja operatsioonisüsteemi kohta. Kui eelnevalt on paigaldatud Hyper-V siis eelpool mainitud infot ei tagastata PowerShellis ja antakse hoopis teade hüperviisori olemasolust. [29]

EPT/RVI toe tuvastamiseks saab kasutada programmi *CoreInfo (v3.31)*. Lisaks EPT/RVI olemasolule näitab CoreInfo ka muud virtualiseerimistoega seotud informatsiooni. [30]

## 2.2.3 Toetatud Windowsi ja Windows Serveri operatsioonisüsteemid

Hyper-V toetab mitmeid erinevaid Windows Serveri, Windowsi operatsioonisüsteemi versioone ja Linuxi distributsioone. Teatud operatsioonisüsteemidesse on juba sisse ehitatud integratsioonidraiverid. Need on virtuaalmasinasse paigaldatud tarkvaralised teenused või draiverid, mille eesmärk on tõsta füüsilise arvuti ja virtuaalmasina vahelist integratsiooni. [31] Windows Serveri ja Windowsi versioonid, mida toetab Windows Server 2016 Hyper-V leiab tabelist 2.3. [31]

Table 2.3: Toetatud Windows Serveri ja Windowsi versioonid.

Operatsioonisüsteem	Maksimaalne virtuaalprotsessorite arv	Integratsiooniteenused
Windows Server 2016	240 (Gen 2); 64 (Gen 1)	Olemas
Windows Server 2012 R2	64	Olemas
Windows Server 2012	64	Olemas
Windows Server 2008 R2 + Service Pack 1 (SP1)	64	Nõutud kõikide kriitiliste tarkvara uuenduste paigaldamine.
Windows Server 2008 + Service Pack 2 (SP2)	4	Nõutud kõikide kriitiliste tarkvara uuenduste paigaldamine.
Windows Small Business Server 2011	Essentials edition 2; Standard edition 4	Nõutud kõikide kriitiliste tarkvara uuenduste paigaldamine.
Windows 10	32	Olemas
Windows 8.1	32	Olemas
Windows 7 + Service Pack 1 (SP1)	4	Integratsiooniteenuste uuendamine nõutud.
Windows Vista + Service Pack 2 (SP2)	2	Integratsiooniteenuste paigaldamine nõutud.

## 2.2.4 Remote Desktop Services

*Remote Desktop Services* (edaspidi RDS) on Microsoft Windowsi platvorm, mis pakub virtualiseerimislahendusi nagu individuaalsed virtuaalrakendused ja -töölauad, millele kasutaja pääseb ligi üle võrgu *Remote Desktop Protocoli* kasutades. Sõltuvalt nõuetest saab RDSi paigaldada kas sessioonibaasil töötavatest virtuaalmasinatest (ik. *session-based virtualization*) või luua täiesti iseseisva virtuaalse töölauataristu (ik. *virtual desktop infrastructure*, edaspidi VDI). Esimesel juhul võib mitu kasutaja sessiooni olla ühel virtuaalsel operatsioonisüsteemiga virtuaalmasinal. Teisel juhul määratakse igale kasutajale oma personaalne operatsioonisüsteemiga töölauad. Need töölauad võivad olla püsivad (ik. *persistent*) või mittepüsivad (ik. *non-persistent*) kasutaja suhtes.

Käesolevas töös kasutatakse VDI tüüpi lahendust, mis pakub igale lõppkasutajale privaatse töökeskkonna koos eelpaigaldatud ja -seadistatud rakendustega. Sellise lahenduse muudab veel paindlikumaks *RemoteApp* tugi (Application virtualization), mis lubab kasutajal üle võrgu ligi pääseda spetsiifilistele rakendustele virtuaalmasinasse sisse logimata. [32]

# 3 Süsteemi ülesseadmine

Käesolev peatükk annab ülevaate seadistatavatest tehnoloogiatest ja loodava süsteemi struktuurist.

## 3.1 Struktuur

Testitavas kontseptsioonilahenduses on kasutusele võetud neli füüsilist arvutit, milles on eelnevalt paigaldatud Windows Server 2016. Serverid seadistatakse nii, et lõpus on võimalik ühenduda virtuaalmasinatesse vähemalt sisevõrgu tasandil.

Serverite võrguaadressid tabelis 3.1 eeldavad, et ruuteri LAN IP oleks 10.10.10.254 ja võrgumask 255.255.255.0. Ruuteri seadistamine ei ole testitavas süsteemis vajalik. Seetõttu võib serverite võrguvärava jätta seadistamata. Süsteemi ülesseadmine toimub etapiti ja iga järgnev etapp eeldab, et eelmine sai edukalt tehtud.

NB! Kõik PowerShell'i käsud peale masinate domeeni lisamist võib teha domeenikontrolleri arvutist.

Table 3.1: Infrastruktuuris olevate masinate nimed ja võrguaadressid.

Nimi	IP	Võrgumask	Võrguvärav	DNS
SUN-DC	10.10.10.1	255.255.255.0	10.10.10.254	127.0.0.1
SUN-CB	10.10.10.2	255.255.255.0	10.10.10.254	10.10.10.1
SUN-WA	10.10.10.3	255.255.255.0	10.10.10.254	10.10.10.1
SUN-VH	10.10.10.4	255.255.255.0	10.10.10.254	10.10.10.1

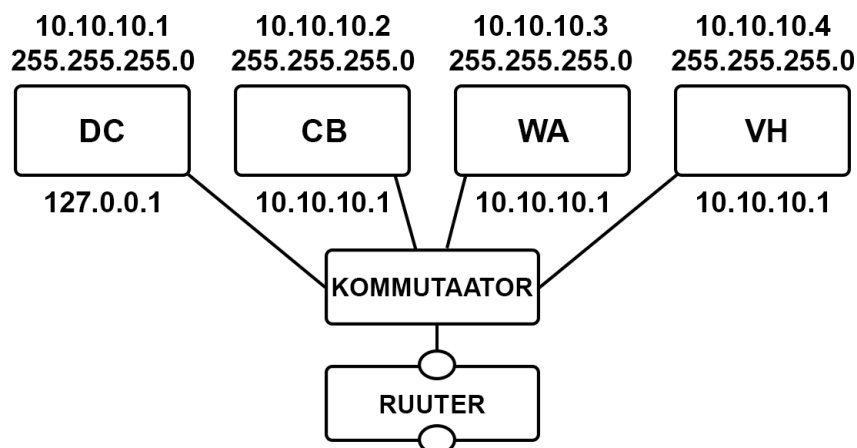


Figure 3.1: Süsteemi struktuuri skeem.

Serverite seadistamise etapid:

1. Arvuti nimede ja võrguaadresside muutmine
2. Domeenikontrolleri paigaldamine ja domeeni loomine
3. Remote Desktop Services rollide paigaldamine
4. Virtuaalmasina *MasterVM* malli loomine või eksisteeriva virtuaalkõvaketta faili kasutamine malli loomisel.
5. DHCP serveri paigaldamine
6. Virtuaalmasina kollektsiooni loomine eelseadistatud virtuaalmasina alusel
7. RD Gateway paigaldamine (testsüsteemi loomisel ei ole oluline)
8. RD Web Accessi testimine ja virtuaalmasinasse ühendumine

### 3.1.1 Domeenikontroller

Serverit, millel töötab *Active Directory Domain Services* (AD DS), kutsutakse domeenikontrolleriks. See autendib ja volitab kõikide kasutajate ning arvutite õiguseid üle domeeni. Algselt vastutas AD ainult domeeni haldamise eest, kuid alates Windows Server 2008-st sai sellest nimi, mis hõlmab endas mitmeid kataloogiteenuseid objektide haldamiseks. Domeeni defineeritakse kui loogilist võrguobjektide gruppi (arvutid, kasutajad, seadmed), mis jagavad ühist *Active Directory* andmebaasi. *Active Directory* on eriti kasulik suuremõõtmeliste võrkude haldamiseks, kuna ühe sisselogimisega saab autoriseeritud võrgukasutaja kasutada mitmeid ühes domeenis olevaid teenuseid. [33, 34]

*Remote Desktop Services* ülesseadmisel on oluline pöörata tähelepanu hierarhiale domeenis, mis aitab lihtsustada domeeni haldamist ja võib anda ettekujutuse organisatsiooni hallatavast struktuurist. Organisatsioonid üksused (ik. *Organizational Units*, edaspidi OU) aitavad grupeerida domeenis olevaid objekte. OU on soovituslik tasand, millel saab kasutada grupisätteid (ik. *group policies*), mis on *Active Directory* objektid (ik. *Group Policy Objects*, GPOs). OU lubab luua üksuse, kuhu saab lisada nii arvuteid kui kasutajad. OU tasandil saab tervele üksusele määrata kindlad õigused, mida objektid selles OUs saavad domeeni piires kasutada. Kuna VDI loomisel on lubatud lisada ainult üks OU, saab ühe OU sisse tekitada lisa üksuseid, millele kõikidele saab anda eraldi õigused, luues tõhusama ja keerulisema grupisüsteemi. [34]

### 3.1.2 Remote Desktop Connection Broker

*Remote Desktop Connection Broker* (RD Connection Broker) ülesandeks on kasutajatele virtuaalmasinate suunamine ja nendega ühenduse hoidmine. Võrguühenduse katkemisel suunatakse kasutaja oma viimati kasutatud virtuaalmasina juurde tagasi. Näiteks *RD Session Host-is* lahti ühendatud kasutaja suunatakse oma masina juurde tagasi, et mitte luua uut sessiooni, hoides sedasi kokku kasutatavat ressursi. Sõltuvalt RDSi seadistusest, *Connection Broker* tegeleb ka koormuse balansseerimisega, mis aitab jaotada virtuaalmasinate koorumust ühtlaselt üle kõigi seadistatud serverite. [35]

### 3.1.3 Remote Desktop Web Access

*RD Web Access* laseb kasutajatel ligi pääseda virtualiseeritud rakendustele ja virtuaalmasinate läbi veebibrauseri. Logides sisse *Web Accessi* lehel seadistatud keskkonda, saab kasutaja ühenduda virtualiseeritud keskkonda läbi *Remote Desktop Protocol* (RDP) failide. Iga fail on omaette rakendus (RemoteApp) või virtualiseeritud virtuaalmasinate nimistu, milles kasutajale ühendumise ajalt määratakse *RD Connection Broker-i* abil virtuaalmasin. [36]

### 3.1.4 Remote Desktop Virtualization Host

*RD Virtualization Host* on RDSi teenus, mis kooskõlas Hyper-V-ga tagab virtuaalrakenduste ja virtuaalmasinate loomise ning nendesse ühendumise. *RD Virtualization Host-i* võib seadistada vastavalt nii, et igale kasutajale domeenis antakse unikaalne virtuaalmasin või kasutajad suunatakse jagatud virtuaalmasinate nimistusse, kus virtuaalmasin määratakse dünaamiliselt. [37] *RD Virtualization Host* töötab koos *RD Connection Broker-ga*, tagades kasutajale ligipääsu virtuaalsesse keskkonda. Juhul kui kasutaja soovib ühenduda personaalsesse virtuaalmasinasse siis *RD Connection Broker* määrab kasutajale sellise masina. On võimalik, et kasutajale antud masin on väljalülitatud olekus, seljuhul *RD Virtualization Host* lülitab selle masina tööle ja seejärel laseb kasutajal ühenduda. [37]

## 3.2 Käesolevas lahenduses kasutatav riistvara

Käesolevas kontseptsioonis on kasutusele võetud 4 füüsilist arvutit. Igale masinale on ette nähtud oma *Remote Desktop Services* roll ning need kõik seadistatakse PowerShell'i käsuri kasutades. Domeenikontroller, *RD Connection Broker* ja *RD Web Access* on paigaldatud SunFire X2200 serveritesse.

- SunFire X2200
- Muutmälu 16GB
- 2-tuumaline AMD Opteron

*RD Virtualization Host* on paigaldatud HP EliteBook 840 G1 sülearvutisse, millel on 4 tuumaline Intel Core i5-4200 protsessor, mis toetab teise generatsiooni virtuaalmasinate virtualiseerimist.

Võrguseadmetest on kasutusel Extreme Networks Summit 400-48t kommutaator ja TP-Link TEW-632BRP ruuter.

## 3.3 Masinate seadistamine

Algav peatükk keskendub VDI lahenduse seadistamisele PowerShell'i käsuri kasutades.

### 3.3.1 Masina nime ja võrgu seadistamine

Esiteks tuleb muuta iga serveri nimi ja võrguaadressid. Serveri nimede muutmine ei ole kohustuslik, kuid on hea tava nimetada kasutatavad serverid sedasi, et neid oleks hiljem lihtsam mõista. [38]



```
PS C:\> Install-ADDSForest -DomainName "sunhive.ut"
```

Soovi korral võib domeeni paigaldamise läbi viia põhjalikumate seadistustega. [42–45]

```
PS C:\> Install-ADDSForest `
-CreateDnsDelegation:$false `
-DatabasePath "C:\Windows\NTDS" `
-DomainMode "Win2012R2" `
-DomainName "sunhive.ut" `
-DomainNetbiosName "SUNHIVE" `
-ForestMode "Win2012R2" `
-InstallDns:$true `
-LogPath "C:\Windows\NTDS" `
-NoRebootOnCompletion:$false `
-SysvolPath "C:\Windows\SYSVOL" `
-Force:$true
```

### 3.3.3 Remote Desktop Services paigaldamine

Enne RDSi paigaldamist tuleb lisada kõik serverid domeeni. [46]

```
PS C:\> Add-Computer -DomainName "sunhive.ut" -Restart
```

Selleks, et hallata ja saada ülevaade serverite tööst ühest masinast, tuleb need lisada serveri nimistusse. Üksikute serveri puhul PowerShell'i kasutamine on ebapraktiline, kuid suure serverite arvu korral aitab see automatiseerida nimekirja uuendamisprotsessi *ServerList.xml* faili täiendades. [47,48]

Server Manageri sulgemine enne *ServerList.xml* uuendamist.

```
PS C:\> Get-Process ServerManager | Stop-Process -force
```

*ServerList.xml* faili asukoha salvestamine muutujasse.

```
PS C:\> $file = get-item "$env:USERPROFILE\AppData\Roaming\
Microsoft\Windows\ServerManager\ServerList.xml"
```

Algsest *ServerList.xml* failist varukoopia tegemine.

```
PS C:\> copy-item -path $file -destination `
$file-backup -force
```

*ServerList.xml* faili sisu salvestamine muutujasse XML formaadis.

```
PS C:\> $xml = [xml] (get-content $file)
```

Eksisteeriva XML faili kloonimine uueks XML elemendiks.

```
PS C:\> $newserver = @($xml.ServerList.ServerInfo)[0].clone()
```

Kloonitud faili uuendamine uue serveri informatsiooniga.

```
PS C:\> $newserver.name = "sun-cb.sunhive.ut"
PS C:\> $newserver.lastUpdateTime = "0001-01-01T00:00:00"
PS C:\> $newserver.status = "2"

PS C:\> $newserver.name = "sun-wa.sunhive.ut"
PS C:\> $newserver.lastUpdateTime = "0001-01-01T00:00:00"
PS C:\> $newserver.status = "2"

PS C:\> $newserver.name = "sun-vh.sunhive.ut"
PS C:\> $newserver.lastUpdateTime = "0001-01-01T00:00:00"
PS C:\> $newserver.status = "2"
```

Kloonitud elemendi laiendamine ServerList.xml failis.

```
PS C:\> $xml.ServerList.AppendChild($newserver)
```

Uuendatud XML elementide salvestamine ServerList.xml faili.

```
PS C:\> $xml.Save($file.FullName)
```

Server Manageri käivitamine.

```
PS C:\> Start-Process -filepath $env:SystemRoot\System32\
ServerManager.exe -WindowStyle Maximized
```

Esimene samm *Virtual Desktop Infrastructure* loomisel on oluliste rollide paigaldamine ja konfigureerimine. Üks PowerShell'i käsk nii paigaldab kui seadistab *RD Connection Brokeri*, *RD Web Accessi RD* ja *Virtualization Hosti* teenused. Vajadusel saab korraga määrata mitu *Virtualization Host* masinat. [49]

Esmalt tuleb importida RemoteDesktopi PowerShell'i moodul.

```
PS C:\> Import-Module RemoteDesktop
```

```
PS C:\> New-RDVirtualDesktopDeployment `
-ConnectionBroker "sun-cb.sunhive.ut" `
-WebAccessServer "sun-wa.sunhive.ut" `
-VirtualizationHost "sun-vh.sunhive.ut" `
-CreateVirtualSwitch
```

### 3.3.4 Virtuaalmasina malli loomine

Virtuaalse kommutaatori (ik. *virtual switch*) loomine on vajalik ainult siis, kui RDSi paigaldamise käigus jäi see tegemata. [50]

```
PS C:\> New-VMSwitch `
-Name "RDSVirtual" `
-SwitchType External `
-NetAdapterName Ethernet `
-AllowManagementOS $true$
```

Uue virtuaalmasina loomine ja seadistamine. [51]

```
PS C:\> New-VM `
-Name "MasterVM" `
-Path "C:\Hyper-V" `
-MemoryStartupBytes 1GB `
-SwitchName "RDSVirtual" `
-NewVHDPATH "C:\Hyper-V\MasterVM.vhdx" `
-NewVHDSIZEBYTES 25GB `
-Generation 2
```

Uue virtuaalmasina loomine olemasoleva virtuaalse kõvakettaga. [51]

```
PS C:\> New-VM `
-Name "MasterVM" `
-Path "C:\Hyper-V" `
-MemoryStartupBytes 1GB `
-SwitchName "RDSVirtual" `
-VHDPATH "C:\ExistingVHDpath" `
-Generation 2
```

Virtuaalmasinale operatsioonisüsteemi ja muude vajalike ISO failide külge haakimine. [52]

```
PS C:\> Add-VMdvdDrive `
-VMName "VM Nimi" `
-Path "C:\..."
```

## System Preparation Tool

*System Preparation Tool* (Sysprep) on tehnoloogia, mida saab kasutada Microsoft Windowsi operatsioonisüsteemide paigaldamiseks minimaalse vahele sekkumiseta. Seda kasutatakse enamasti suureskaalaliste väljalasete ajal, kus operatsioonisüsteemide ükshaaval käsitsi paigaldamine individuaalsetele arvutitele oleks liiga aeganõudev ja kulukas. [53]

Esmalt luuakse niiõelda kuldne installatsioon - installatsioon, kus on operatsioonisüsteem, rakendused ja konfiguratsiooni sätted, mida soovitakse paigaldada ka sihtarvutisse. Sysprep valmistab ette kuldse installatsiooni, et sellest saaks teha kettakuvandi, mis sisult on identne koopia. Tühjas arvutis sellise kuvandi käivitamisel hakkab jooksva Windowsi lühendatud paigaldusprogramm, mis configureerib ainult kasutaja- ja arvutispetsiifilised andmed nagu arvuti nimi,

domeen, regioonivalikud ja draiverid vastavalt installeeritavale riistvarale. [53]

Windowsis on võimalik käivitada Sysprep käsurea kaudu. [54]

```
C:\> C:\Windows\System32\Sysprep\sysprep.exe /oobe
/generalize /shutdown /quiet
```

### 3.3.5 Organizational Unit

Enne virtuaalmasinate kollektiooni loomist RDS-is tuleb luua *Organizational Unit*, kui on vajadus selle järgi. [55]

```
C:\> New-ADOrganizationalUnit -Name "VDILab"
```

Kasutajate lisamine OU nimekirja. [56]

```
C:\> New-ADUser `
-Name "Martin Johanson" `
-GivenName Martin `
-Surname Johanson `
-SamAccountName martinj `
-UserPrincipalName martinj@sunhive.ut `
-AccountPassword (Read-Host -AsSecureString "Parool") `
-Path 'OU="VDILab",DC=sunhive,DC=ut' `
-PassThru | Enable-ADAccount
```

Varem loodud kasutaja liigutamine üksusesse. [57]

```
Get-ADUser martinj | Move-ADObject `
-TargetPath 'OU="VDILab",DC=sunhive,DC=ut'
```

### 3.3.6 DHCP seadistamine

DHCP on protokoll, mis tegeleb arvutitele IP-de ja teiste võrguaadresside jagamisega. VDI lahenduses on DHCP vajalik virtuaalmasinatele IP jaotamises. *Set-ItemProperty* eemaldab *ServerManager*ist DHCP konfigureerimishoiatuse. [58]

```
PS C:\> Install-WindowsFeature -Name 'DHCP' IncludeManagementTools

PS C:\> cmd.exe /c "netsh dhcp add securitygroups"

PS C:\> Restart-Service DHCPService

PS C:\> Add-DhcpServerInDC -DnsName $Env:COMPUTERNAME

PS C:\> Set-ItemProperty `
-Path registry::HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\Microsoft\ `
ServerManager\Roles\12 `
-Name ConfigurationState -Value 2
```

```

PS C:\> Add-DhcpServerV4Scope -Name "VDILabScape" `
-StartRange 10.10.10.10 -EndRange 10.10.10.25 `
-SubnetMask 255.255.255.0

PS C:\> Set-DhcpServerV4OptionValue -DnsDomain sun-dc.sunhive.ut `
-DnsServer 10.10.10.1 -Router 193.40.35.124 `

PS C:\> Set-DhcpServerV4Scope `
-ScopeId 10.10.10.1 -LeaseDuration 1.00:00:00

```

### 3.3.7 Virtuaalmasina kollektiooni loomine

Virtuaalmasinate kollektiooni loomisel tuleb arvestada sellega, et kasutaja profiili ketaste jaoks tuleb luua folder, mis on vabalt jagatud üle domeeni võrgu. OU lisamisel kollektiooni on anda *Connection Brokerile* ligipääs selle üksusega toimetamiseks. [59,60]

```

PS C:\> Grant-RDOUAccess `
-ConnectionBroker "sun-cb.sunhive.ut" `
-OU "VDILab"

```

```

PS C:\> New-RDVirtualDesktopCollection `
-CollectionName "VDILabCollection" `
-PooledManaged `
-VirtualDesktopTemplateName "MasterVM" `
-VirtualDesktopTemplateHostServer "sun-vh.sunhive.ut" `
-VirtualDesktopAllocation @{ "sun-vh.sunhive.ut"=2} `
-StorageType LocalStorage `
-Description "PowerShelliga loodud virtuaalmasinate nimistu" `
-UserGroups "sunhive\domain users" `
-OU "VDILab" `
-ConnectionBroker "sun-cb.sunhive.ut" `
-VirtualDesktopNamePrefix "Win10-" `
-UserProfileDiskPath "\\SUN-VH\UserProfileDisks" `
-MaxUserProfileDiskSizeGB 1

```

Virtuaalmasinate lisamine kollektiooni. [61]

```

PS C:\> Add-RDVirtualDesktopToCollection `
-ConnectionBroker "sun-cb.sunhive.ut" `
-CollectionName "VDILabCollection" `
-VirtualDesktopAllocation @{ "sun-vh.sunhive.ut"=1} `

```

### 3.3.8 RD Gateway seadistamine

Selleks, et virtuaalmasinatesse pääseks ligi ka väljaspoolt võrku, on vaja seadistada *RD Gateway*. *RD Gateway* annab loa autoriseeritud kasutajatel ühenduda organisatsiooni sisevõrku või privaativõrku ükskõik millisest võrku ühendatud seadmest, mis toetab *Remote Desktop Connection* klienti. Kuna virtuaalmasinatesse ühendumine toimub enamjaolt välisvõrgust, siis tuleb ruuteri tulemüüris avada port 443, mis vastutab avatud võrgu ligipääsu eest. Testsüsteemis on

lihtsaim lisada *Web Access* ja *RD Gateway* samasse serverisse, kuna mõlemad vajavad ligipääsu välisvõrgust. [62]

*RD Gateway* installeerimine. [63]

```
PS C:\> Add-RDServer `
-Server "sun-wa.sunhive.ut" `
-Role "RDS-GATEWAY" `
-ConnectionBroker "sun-cb.sunhive.ut" `
-GatewayExternalFqdn "sun-wa.sunhive.ut"
```

*RD Gateway* konfigureerimine. [64]

```
PS C:\> Set-RDDeploymentGatewayConfiguration `
-GatewayMode Custom `
-GatewayExternalFQDN "sun-wa.sunhive.ut" `
-LogonMethod AllowUserToSelectDuringConnection `
-UseCachedCredentials $True `
-BypassLocal $True `
-ConnectionBroker "sun-cb.sunhive.ut"
```

Sertifikaadi loomine *RD Gateway* serverile. [65]

```
PS C:\> $Password = ConvertTo-SecureString `
-String "Admin123" `
-AsPlainText `
-Force

PS C:\> New-RDCertificate `
-Role RDGateway `
-DnsName "sun-wa.sunhive.ut" `
-Password $Password `
-ExportPath "C:\Cert\SUNWAcert.pfx" `
-ConnectionBroker "sun-cb.sunhive.ut"
```

RDS kasutab sertifikaate kahe arvuti vahelise suhtluse kindlustamiseks. Ühenduse loomisel arvutite vahel sertifikaadi genereerinud üksus lubab, et tegemist on ehtsa serveriga. Niikaua kuni klient usaldab serverit, nendevaheline andmevahetus on turvaline. Sertifikaat on oluline, kui toimub ühendumine virtuaalmasinasse läbi RDC kliendi. [66]

### 3.3.9 RD Web Access testimine

Virtuaalmasina kollektsoonidele ja virtualiseeritud rakendustele pääseb ligi *RD Web Accessi* poolt loodud *RdWeb* lehel. Sisevõrgus saab sellele leheküljele ligi aadressiga

<https://sun-wa.sunhive.ut/RdWeb>

Sisselogides saab kasutaja endale allalaadida avalikustatud kollektsoonide ja rakenduste RDP faili.

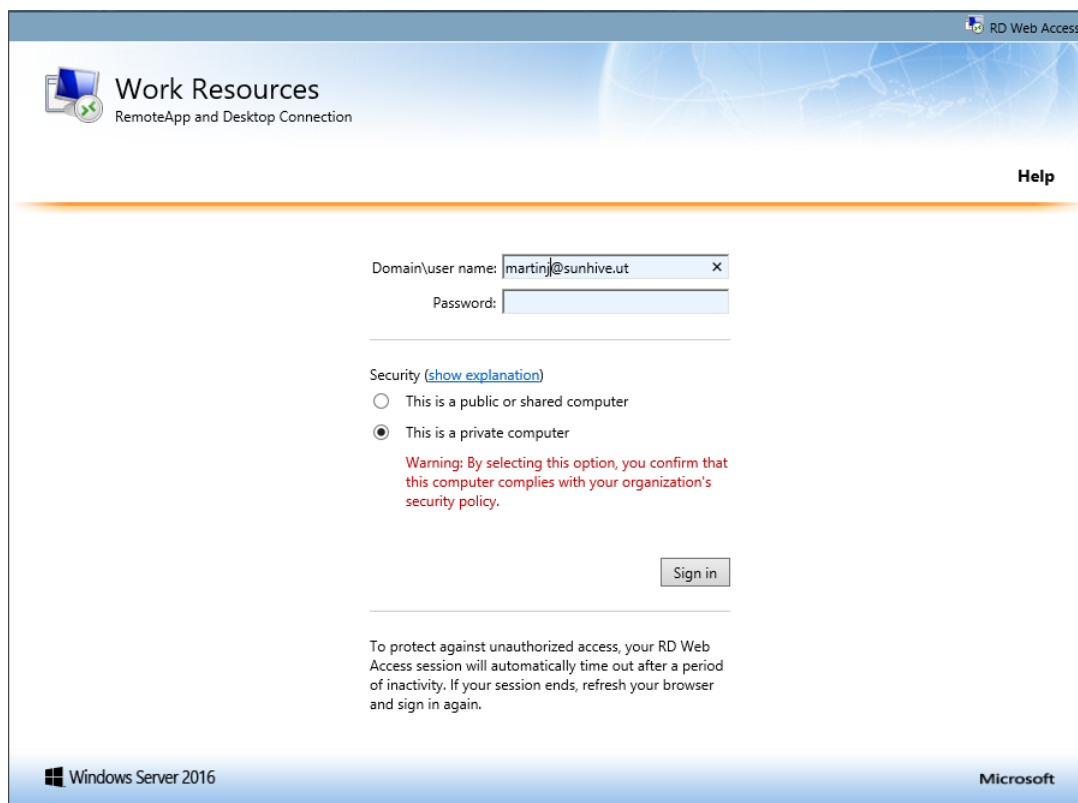


Figure 3.2: RdWebi sisselogimine.

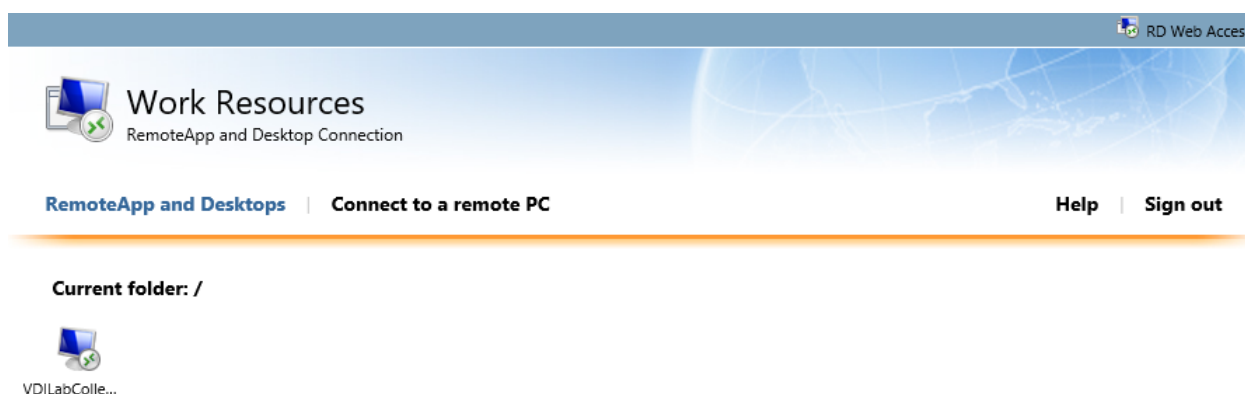


Figure 3.3: RdWeb veebilehe näide koos virtuaalmasina kollektsiooniga.

Hetkel seadistatud olukorras peab näha olema ainult "VDILabCollection". Õnnestunud ühendumisel kollektsioonis olevasse virtuaalmasinasse on kõik eelnevad etapid edukalt seadistatud. RdWeb pakub mugavat kohta, kuhu saab avalikustada virtuaalmasinate kollektsioone ja virtualiseeritud rakendusi. Uute kollektsioonide loomisel täiendub RdWebi leht ja need on alati kättesaadavad kasutajatele. OU-ga saab piirata kasutajate õiguseid, lubades ligipääsu ainult teatud kollektsioonidele ja RemoteApp rakendustele. Sedasi saab hallata kasutajaid, kes RdWebis käivad ja mis valikud neile seal avalikult nähtavad on.

## 4 Kokkuvõte

Virtualiseerimine on kiirelt tõusev trend arvutitehnoloogias ja see on suund, millele tasub mõelda, kui probleemiks osutub arvutite haldus ja ressursi jagamine. Töö alguses käsitletud probleemidele on võimalik leida lahendus keskselt hallatud virtuaalmasinatega. Töös näidati, et algajal on kasulik kasutada Windows Server 2016 Hyper-V tehnoloogiat, mis on kõige sarnasem Windowsi keskkonnaga harjunud kasutajale. Valikut mõjutasid süsteemi konfigureerija varasem kogemus Windows Serveriga ja fakt, et see sobib ülikooli olemasolevasse infrastruktuuri hästi.

Praktilise töö tulemusena valmis Windows Server 2016 Hyper-V platvormil ülikoolile mõeldud süsteemist üks osa. See keskselt hallatavate virtuaalmasinatest koosnev süsteem on võimeline lahendama probleeme nagu virtuaalmasinate taastamine peale kasutamist ja toetab tarkvarapakettidega eelseadistatud virtuaalmasinaid õppetöös. Loodud virtuaalmasinad on virtuaaltöölaudade infrastruktuuri osa, mille haldamine lihtne. Lõputöös seadistatud lahenduse näitel saab valmistada sama virtuaalmasina malli järgi ka teisi lahendusi, nagu personaalsed virtuaalmasinad igale tudengile. Selliste lahenduste korral piisab ainult malli muutmisest, et uuendada korraga kõik virtuaalmasinad süsteemis.

Praktilise osa läbiviimisel oli probleeme algselt riistvara soetamisega. Kuna osa kasutatud riistvarast ei ole midagi märkimisväärset ja on vaevu toetatud uusimate tarkvarade poolt, venis praktilise töö sooritamine. Riistvaraliste piirangute tõttu ei ole võimalik käesolevas töös kirjeldatud riistvara peal käitada korraga mitmeid virtuaalmasinaid.

# Viited

- [1] Laurie McCabe. What is virtualization, and why should you care? <http://www.smallbusinesscomputing.com/testdrive/article.php/3819231/What-is-Virtualization-and-Why-Should-You-Care.htm>, 2009. [Vaadatud 17.05.2017].
- [2] Oracle. Brief history of virtualization. [https://docs.oracle.com/cd/E26996\\_01/E18549/html/VMUSG1010.html](https://docs.oracle.com/cd/E26996_01/E18549/html/VMUSG1010.html), 2012. [Vaadatud 17.05.2017].
- [3] Jeff Daniels. Server virtualization architecture and implementation. <http://documents.mx/documents/p8-daniels.html>, 2009. [Vaadatud 17.05.2017].
- [4] Joe Brockmeier. Containers vs. hypervisors: Choosing the best virtualization technology. <https://www.linux.com/news/\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}containers-vs-hypervisors-choosing-\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{virtualization-technology>, 2010. [Vaadatud 17.05.2017].
- [5] Myles Keating. Hyper-v containers. <https://docs.microsoft.com/en-us/virtualization/windowscontainers/manage-containers/hyperv-container>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [6] Stephen J. Bigelow. hypervisor. <http://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/hypervisor>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [7] Wikipedia. Hypervisor classification — wikipedia, the free encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Hypervisor#Classification>, 2015. [Vaadatud 17.05.2017].
- [8] Wikipedia. Application virtualization — wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Application\\_virtualization#Description](https://en.wikipedia.org/wiki/Application_virtualization#Description), 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [9] Steven Saslow. What is application virtualization, and why do you need it? <https://www.itgct.com/what-is-application-virtualization-and-why-do-you-need-it/>, 2015. [Vaadatud 17.05.2017].
- [10] Cisco. Network virtualization solutions. <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/network-virtualization-solutions/index.html>. [Vaadatud 17.05.2017].
- [11] Jack Madden. Desktop virtualization. <http://searchvirtualdesktop.techtarget.com/definition/desktop-virtualization>, 2011. [Vaadatud 17.05.2017].

- [12] Katherine Noyes. Docker: A 'shipping container' for linux code. <https://www.linux.com/news/docker-shipping-container-linux-code>, 2013. [Vaadatud 17.05.2017].
- [13] David Marshall. Top 10 benefits of server virtualization. <http://www.infoworld.com/article/2621446/server-virtualization/server-virtualization-top-10-benefits-of-server-virtualization.html>, 2011. [Vaadatud 17.05.2017].
- [14] Sara Angeles. The pros and cons of virtualization. <http://www.businessnewsdaily.com/6014-pros-cons-virtualization.html>, 2014. [Vaadatud 17.05.2017].
- [15] David Ward. The pros and cons of virtualizing a control system. <https://innovativecontrols.com/blog/pros-and-cons-virtualizing-control-system>, 2015. [Vaadatud 17.05.2017].
- [16] TechNet. Hyper-v replica. [https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj134172\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj134172(v=ws.11).aspx), 2015. [Vaadatud 17.05.2017].
- [17] Angela Karl. Pros and cons of server virtualization. <http://techgenix.com/pros-cons-server-virtualization/>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [18] G2Crowd. Best server virtualization software. <https://www.g2crowd.com/categories/server-virtualization>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [19] Greg Shields. How to correctly explain the architectural differences between hyper-v and esx. <http://web.archive.org/web/20090418212623/http://www.realtime-windowsserver.com/virtualization/2009/04/how-to-correctly-explain-the-a-1.htm>, 2009. [Vaadatud 17.05.2017].
- [20] Ramesh Natarajan. Vmware virtualization fundamentals vmware server and vmware esxi. <http://www.thegeekstuff.com/2010/06/vmware-server-and-vmware-esxi-introduction/>, 2010. [Vaadatud 17.05.2017].
- [21] Doug Dineley. Virtualization showdown: Microsoft hyper-v 2012 vs. vmware vsphere 5.1. <http://www.infoworld.com/article/2614229/virtualization/virtualization-showdown--microsoft-hyper-v-2012-vs--vmware-vsphere-5-1.html>, 2013. [Vaadatud 17.05.2017].
- [22] Eric Siebert. Choosing vsphere vs. hyper-v vs. xenserver. <http://searchitchannel.techtarget.com/feature/Choosing-vSphere-vs-Hyper-V-vs-XenServer>. [Vaadatud 17.05.2017].
- [23] Tom Collins. Hyper-v vs. vmware: Which is best? <https://www.atlantech.net/blog/hyper-v-vs.-vmware-which-is-best>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [24] blabla. Configuration maximums - esxi host maximus. <https://www.vmware.com/pdf/vsphere6/r65/vsphere-65-configuration-maximums.pdf>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].

- [25] Kathy Davies. Plan for hyper-v scalability in windows server 2016. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/plan/plan-for-hyper-v-scalability-in-windows-server-2016>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [26] Kathy Davies. Hyper-v technology overview. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/Hyper-V-Technology-Overview>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [27] Christopher GLEMOT. Hyper-v 2016 overview and architecture. <http://original-network.com/hyper-v-2016-overview-and-architecture/>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [28] Kathy Davies. System requirements for hyper-v on windows server 2016. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/System-requirements-for-Hyper-V-on-Windows>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [29] TechNet. Systeminfo. <https://technet.microsoft.com/en-us/library/bb491007.aspx>. [Vaadatud 17.05.2017].
- [30] Mark Russinovich. Coreinfo v3.31. <https://technet.microsoft.com/en-us/sysinternals/cc835722.aspx>, 2014. [Vaadatud 17.05.2017].
- [31] Kathy Davies. Supported windows guest operating systems for hyper-v on windows server 2016. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/Supported-Windows-guest-operating-systems-for-Hyper-V-on-Windows>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [32] Christian Montoya. Welcome to remote desktop services. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/remote/remote-desktop-services/welcome-to-rds>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [33] TechNet. Active directory domain services overview. [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc731053\(ws.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc731053(ws.10).aspx), 2007. [Vaadatud 17.05.2017].
- [34] Wikipedia. Organizational units — wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Active\\_Directory#Forests.2C\\_trees.2C\\_and\\_domains](https://en.wikipedia.org/wiki/Active_Directory#Forests.2C_trees.2C_and_domains). [Vaadatud 17.05.2017].
- [35] TechNet. Overview of remote desktop connection broker (rd connection broker). [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc772245\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc772245(v=ws.11).aspx), 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [36] TechNet. Overview of remote desktop web access (rd web access). [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc772452\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc772452(v=ws.11).aspx), 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [37] TechNet. Overview of rd virtualization host). [https://technet.microsoft.com/en-us/library/dd759170\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/dd759170(v=ws.11).aspx), 2017. [Vaadatud 17.05.2017].

- [38] Derek Schauland. How to rename a domain computer with windows powershell. <http://www.techrepublic.com/blog/data-center/how-to-rename-a-domain-computer-with-windows-powershell/>, 2013. [Vaadatud 17.05.2017].
- [39] Shay Levy. Powershell: Running a command as administrator. <http://stackoverflow.com/questions/7690994/powershell-running-a-command-as-administrator>, 2011. [Vaadatud 17.05.2017].
- [40] RaakeshKapoor. How to change ip address using powershell-windows server 2012 r2. <http://www.itingredients.com/how-to-change-ip-address-using-powershell-windows-server-2012-r2/>, 2015. [Vaadatud 17.05.2017].
- [41] TechNet. Get-netadapter. [https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj130867\(v=wnps.630\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj130867(v=wnps.630).aspx). [Vaadatud 17.05.2017].
- [42] Bill Mathers. Install active directory domain services (level 100). [https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/identity/ad-ds/Deploy/install-active-directory-domain-services--level-100-#BKMK\\_PS](https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/identity/ad-ds/Deploy/install-active-directory-domain-services--level-100-#BKMK_PS), 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [43] Satheesh Kumar. How to install windows active directory from powershell command line. <http://www.thegeekstuff.com/2014/12/install-windows-ad/>, 2014. [Vaadatud 17.05.2017].
- [44] TechNet. Install-addsforest. [https://technet.microsoft.com/en-us/library/hh974720\(v=wnps.630\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/hh974720(v=wnps.630).aspx), 2013. [Vaadatud 17.05.2017].
- [45] ethernuno. Install adds on windows server 2012 r2 with powershell. <https://ethernuno.wordpress.com/2014/04/20/install-adds-on-windows-server-2012-r2-with-powershell/>, 2014. [Vaadatud 17.05.2017].
- [46] JuanPablo Jofre. Add-computer. <https://msdn.microsoft.com/en-us/powershell/reference/5.1/microsoft.powershell.management/add-computer>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [47] Keith. Use powershell to add managed servers in windows server 2012 server manager. <https://community.spiceworks.com/how-to/45993-use-powershell-to-add-managed-servers-in-windows-server-2012-server-manager>, 2013. [Vaadatud 17.05.2017].
- [48] Keith Mayer. Step-by-step: Using powershell to add servers to server manager in windows server 2012. <https://blogs.technet.microsoft.com/keithmayer/2013/08/06/step-by-step-using-powershell-to-add-servers-to-server-manager-in-windows-server-2012/>, 2013. [Vaadatud 17.05.2017].
- [49] TechNet. New-rdvirtualdesktopdeployment. <https://technet.microsoft.com/itpro/powershell/windows/remotedesktop/new-rdvirtualdesktopdeployment>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [50] TechNet. Add-vmnetworkadapter. <https://technet.microsoft.com/en-us/itpro/powershell/windows/hyper-v/add-vmnetworkadapter>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].

- [51] TechNet. **New-vm.** <https://technet.microsoft.com/en-us/itpro/powershell/windows/hyper-v/new-vm>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [52] TechNet. **Add-vmdvddrive.** <https://technet.microsoft.com/en-us/itpro/powershell/windows/hyper-v/add-vmdvddrive>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [53] TechNet. **What is sysprep?** [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc783215\(v=ws.10\).aspx#w2k3tr\\_sys\\_what\\_sslk](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc783215(v=ws.10).aspx#w2k3tr_sys_what_sslk), 2003. [Vaadatud 17.05.2017].
- [54] TechNet. **Sysprep command-line syntax.** [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc721973\(v=ws.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc721973(v=ws.10).aspx). [Vaadatud 17.05.2017].
- [55] Jeff Hicks. **Creating active directory ous with powershell.** <https://www.petri.com/creating-active-directory-ous-powershell>, 2016. [Vaadatud 17.05.2017].
- [56] TechNet. **New-aduser.** <https://technet.microsoft.com/en-us/library/ee617253.aspx>. [Vaadatud 17.05.2017].
- [57] TechNet. **Get-aduser.** <https://technet.microsoft.com/en-us/library/ee617241.aspx>. [Vaadatud 17.05.2017].
- [58] **Configure DHCP with Powershell.** **Configure dhcp with powershell.** <https://xenappblog.com/2015/configure-dhcp-with-powershell/>. [Vaadatud 17.05.2017].
- [59] TechNet. **New-rdvirtualdesktopcollectionr.** <https://technet.microsoft.com/itpro/powershell/windows/remotedesktop/new-rdvirtualdesktopcollection>. [Vaadatud 17.05.2017].
- [60] TechNet. **Grant-rdpermissions.** [https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj215460\(v=wps.630\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj215460(v=wps.630).aspx). [Vaadatud 17.05.2017].
- [61] TechNet. **Add-rdvirtualdesktocollection.** [https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj215481\(v=wps.630\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj215481(v=wps.630).aspx). [Vaadatud 17.05.2017].
- [62] TechNet. **Overview of remote desktop gateway.** [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc731150\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc731150(v=ws.11).aspx). [Vaadatud 17.05.2017].
- [63] TechNet. **Add-rdserver.** [https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj215514\(v=wps.630\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj215514(v=wps.630).aspx). [Vaadatud 17.05.2017].
- [64] TechNet. **Set-rddeploymentgatewayconfiguration.** <https://technet.microsoft.com/itpro/powershell/windows/remotedesktop/set-rddeploymentgatewayconfiguration>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].
- [65] TechNet. **New-rdcertificate.** <https://technet.microsoft.com/itpro/powershell/windows/remotedesktop/new-rdcertificate>, 2017. [Vaadatud 17.05.2017].

[66] TechNet. Hyper-v containers. [https://technet.microsoft.com/en-us/library/dn781533\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/dn781533(v=ws.11).aspx). [Vaadatud 17.05.2017].

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Martin Johanson,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

### **Virtuaalne arvutiklass Windows Server 2016 Hyper-V virtualiseermise platvormil,**

mille juhendaja on Alo Peets,

- (a) reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - (b) üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
  3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartu, **17.05.2017**