

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Kätlin Nõgols 175257IDAR

Omavalitsuste ühinemisjärgse ühtse serverite taristu loomine Saue valla näitel

Diplomitöö

Juhendaja: Siim Vene
MSc

Tallinn 2021

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Kätlin Lisete Kärolin Nõgols

07.01.2021

Annotatsioon

Antud töös kirjutab autor ühtse serverite infrastruktuuri loomisest Saue vallavalitsusele ja hallatavatele asutustele. Autor töötab Saue Vallavalitsuses IT meeskonnas e-teenuste arendusjuhi ametikohal. Omavalitsuste ühinemise järgselt pakub Saue Vallavalitsuse IT meeskond kesket infotehnoloogia haldamise ja arendamise teenust vallavalitsusele ja 28-le hallatavale asutusele, mille hulka kuuluvad koolid, lasteaiad, kultuuriasutused ja raamatukogud. Kokku arvutitöökohti ligikaudu 800.

Saue Vallavalitsuses ning mitmes hallatavas asutuses on kasutuses erinevad serverid, mis on vananenud ja amortiseerunud. Lisaks soovitakse hallatavate asutuste eraldiseisvad teenused konsolideerida ja kaasajastada. Uute vajaduste tekkimisega ja keskse halduse lihtsustamiseks otsustati luua uus ühtne IT serverite taristu.

Töö põhiosas kirjeldatakse kasutuses olevaid servereid ning kaardistatakse toimiva süsteemi probleeme, kirjeldatakse tingimusi uuele süsteemile ning analüüsitakse erinevaid arhitektuurilisi lahendusi ja võimalusi. Töö käigus selgitatakse välja sobivaim lahendus ning töö lõpus kirjeldatakse uue lahenduse migratsiooni ja juurutamise plaani.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 21 leheküljel, 5 peatükki, 2 joonist, 8 tabelit.

Abstract

Consolidation of Local Municipalities Server Infrastructure on the Example of Saue Municipality

In this thesis, the author writes about the creation of server infrastructure for the Saue rural municipality government and managed institutions. The author works in the Saue Parish Government IT team as a e-service development manager.

As a result of the integration of local governments, the Saue Parish Government IT team will offer IT information management and development service to rural municipality government and 28 managed institutions, including schools, kindergartens, cultural institutions and libraries. Approximately, 800 computer slots.

Saue Parish Government and various managed institutions have different servers that are obsolete and depreciated. In addition, it is requested to consolidate and modernise the separate services of the managed institutions. A new unitary IT server infrastructure will be created due to the emergence of new needs and the simplification of central management.

The main body of this thesis describes existing server park system and its problems, new conditions and analyses various different architectural solutions and possibilities. During the course of the work, the most suitable solution is revealed and at the end of the paper the migration and implementation of the new solution is described.

The thesis is written in Estonian and contains 21 pages of text, 5 chapters, 2 figures, 8 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

AD	<i>Active Directory</i> , Microsofti domeenivõrkude kataloogiteenus
CPU	<i>Central processing unit</i> , protsessor
DDR3	<i>Double data rate type 3</i> , dünaamiline muutmälu
DNS	<i>Domain name system</i> , domeeninimede süsteem
HDD	<i>Hard disk drive</i> , kõvaketas
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i> , infrastruktuur kui teenus
iDRAC	<i>Integrated Dell Remote Access Controller</i> , Kontroller, mille kaudu on võimalik serveriga ühenduda isegi kui masin on välja lülitatud.
IT	Infotehnoloogia
NAS	<i>Network-attached storage</i> , võrgusalvestuspind
NIC	<i>Network interface controller</i> , võrguadapter või võrgukaart, mille kaudu ühendatakse seade arvutivõrku
RAM	<i>Random Access Memory</i> , operatiivmälu
SA	Sihtasutus
SAN	<i>Storage area Network</i> , kiire ja spetsiaalne võrk, mis ühendab omavahel erinevaid salvestusseadmeid, servereid ja võrguseadmeid
SAS	<i>Serial-attached SCSI</i> , protokoll, mille abil liigutatakse andmeid andmemassiivide vahel
SCCM	<i>System Center Configuration Manager</i> , Microsofti süsteemihaldustarkvara, mis võimaldab Windows arvutisüsteemide haldust.
SSD	<i>Solid State Drive</i> , pooljuhtketas
VSAN	<i>Virtual Storage Area Network</i> , tarkvarapõhine virtualiseerimiskeskond, mis koondab ühte seadmesse ja ühele platvormile salvestuslahenduse, virtualiseerimisplatvormi ja ka näiteks varundamise
WDS	<i>Windows Deployment Services</i> , Microsofti teenus, mis võimaldab teostada Windows operatsioonisüsteemide kaugpaigaldust arvutivõrgu vahendusel

Sisukord

1 Sissejuhatus	9
2 Olemasoleva olukorra analüüs.....	10
2.1 Ühinemise eelne olukord	10
2.2 Kasutuses olevate seadmete kaardistus	11
2.3 Olemasoleva lahenduse probleemid	12
2.4 Lähtetingimused	13
3 Võimalikud lahendused	14
3.1 Uue riistvara soetamine	14
3.2 Riistvara rent teenusepakkujalt.....	16
3.3 Pilve kasutamine.....	16
3.4 Sobiv lahendus.....	18
4 Uus loodav lahendus.....	19
4.1 Vertikaalselt ja horisontaalselt skaleeruv süsteemi arhitektuur.....	19
4.2 Uute masinate võimekus.....	21
4.3 Hanke koostamine ja tulemused	23
5 Uue lahenduse juurutamine	25
5.1 Uue lahenduse arhitektuur	25
5.2 Uue lahenduse juurutamise ja migratsiooni plaan	26
6 Kokkuvõtte	28
Kasutatud kirjandus	30
Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	33

Jooniste loetelu

Joonis 1. Kasutuses olev lahendus.....	11
Joonis 2. Uue lahenduse arhitektuuriline skeem.	26

Tabelite loetelu

Tabel 1. Virtuaalmasinate jaotus ja funktsioonid.	12
Tabel 2. SAN konfiguratsioon ja hinnad.	15
Tabel 3. vSAN konfiguratsioon ja hinnad.	16
Tabel 4. Kriteeriumite hinded.	18
Tabel 5. Virtualiseerimistarkvarade võrdlus.	20
Tabel 6. Lahenduste kulu.	21
Tabel 7. Virtuaalmasinate eeldatav konfiguratsioon.	22
Tabel 8. Hanke tehnilised tingimused.	23

1 Sissejuhatus

Saue vald on tekkinud 2017 aasta haldusreformi tulemusena, mille elanikkonna suuruseks on umbes 23 000 elanikku [1]. Saue valda teenindab Saue Vallavalitsus oma 28 hallatava asutusega, kus arvutitöökohti on kokku ligi 800. Saue Vallavalitsuse arendusosakonna struktuuri kuulub 4-liikmeline IT meeskond, kelle ülesandeks on vallavalitsuse ja hallatavate asutuste infotehnoloogia valdkonna uuendamine ja arendamine ning asutuste igapäevase töö toetamine läbi infotehnoloogia valdkonna. Töö autor töötab Saue vallavalitsuses E-teenuste arendusjuhti ametikohal. E-teenuste arendusjuhi tööülesanneteks on koordineerida Saue Vallavalitsuse ning hallatavate asutuste IT taristu ning IT tugisüsteemide asjakohast väljatöötamist ja funktsioneerimist. E-teenuste arendusjuht töötab välja sobiliku IT haldusmudeli ning vastutab valla IT-valdkonna strateegiliste arengueesmärkide, vajaduste kaardistamise ja tulemuste tagamise eest. E-teenuste arendusjuht lähtub riiklikest IT arengukavadest ja kehtivatest IT alalistest standarditest [2].

Ühinemise järgselt oli infotehnoloogia tase ning võimekus asutustes väga erinev ja kohati olematu. Laialdaselt kasutati aegunud ning suure turvariskiga riistvara ja lahendusi, mille keskselt haldamine ja korrashoid on ajamahukas ning kulukas. Asutuste töö ning teenuste pakkumise jätkusuutlikkuse tagamiseks tekkis vajadus uuendada ja ühtlustada infotehnoloogia infrastruktuuri ning taristut. IT meeskonna hallata ning kaasajastada on kogu kasutatav riistvara, sh tööjaamad, muud nutiseadmed, serverid ja võrguseadmed ning riistvara peal toimivad süsteemid ja lahendused.

Käesoleva töö teemaks on ühtse IT serverite taristu loomine teenuste majutamiseks, mis rahuldab vallavalitsuse ja hallatavate asutuste vajadusi. Uus serverite infrastruktuur peab toetama olemasolevaid rakendusi ja lahendusi ning uue lahenduse juurutamine ja migratsioon ei tohi oluliselt segada ning muuta kasutajate tööd. Uus lahendus peab olema töökindel ning regulaarselt uuendatud ja varundatud.

2 Olemasoleva olukorra analüüs

Antud peatükis analüüsitakse olemasolevat olukorda ning kirjeldatakse täpsemalt kasutuses olevat riistvara ja teenuseid. Lisaks kirjutatakse probleemidest olemasoleva lahendusega.

2.1 Ühinemise eelne olukord

Ühinemise eelselt oli tavaline praktika, et igas asutuses töötas oma IT spetsialist, kes peamiselt tegeles arvutite parandamise ning programmide arvutitesse installeerimisega. Muud teenused nagu näiteks meiliteenus, domeeniteenus, võrguteenus ja serverite haldamise teenus olid sisse ostetud teenusepakkujatelt. Mõnel juhul pakkus tehnilist tuge ühes asutuses mitu inimest, nii kohapealne IT spetsialist kui ka teenusepakkuja. Kohalikud IT spetsialistid olid erineva taustaga ja tihti ka puuduliku kompetentsiga. Selline olukord tekitas väga erinevad infotehnoloogilised lahendused ja võimalused sama teenust osutavates asutustes, näiteks sama piirkonna lasteaedades või koolides. Selline lähenemine tekitas ka kohalikule omavalitsusele suuremat kulu – maksta tuli nii kohalikele IT spetsialistidele kui ka teenusepakkujatele. Küll aga ei taganud selline olukord kvaliteetset ja jätkusuutlikku teenust. Kasutati laialdaselt vananenud riistvara nii tööjaamade, serverite kui ka võrguseadmete näol. Vananenud riistvara ei olnud töökindel ega turvaline ja tekitas tihti teenustes pikki katkestusi. Lisaks pikkadele katkestustele tuli tihti leppida ka andmete hävinemisega kuna regulaarselt andmeid ei varundatud. Puudus ühtne loogika ja süsteem infotehnoloogia haldamiseks.

Asutuste infotehnoloogia valdkonna ja teenuste ühtlustamiseks ning parema, töökindlama ja kaasaegsema teenuse pakkumiseks loodi vahetult enne valdade ühinemist keskne IT meeskond. Paari aasta jooksul on peamiselt tegeletud vana olukorra kaardistamise ning puuduste dokumenteerimisega, uute vajaduste kaardistamise ja analüüsiga. Vahetatud on ligi 600 arvutit, umbes 25 asutuses on ehitatud ning kaasajastatud võrke, loodud on ühtne võrguloogika. Mitmed vananenud serverid on tänaseks suletud ja teenused kolitud kasutuses olevatele serveritele. Küll aga on siiski veel kasutuses vananenud servereid ning puudub lahendus ja süsteem haldamaks kõikide asutuste töökohti, kasutajaid,

rakendusi ja teenuseid ühtselt. See muudab aga halduse keerukaks, ajamahukaks ja kulukaks.

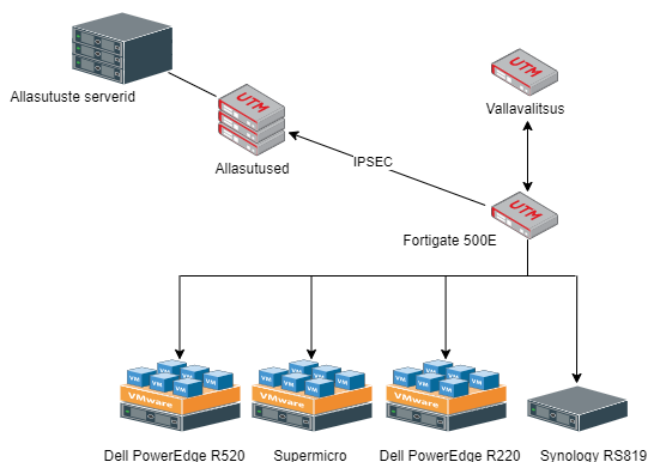
2.2 Kasutuses olevate seadmete kaardistus

Saue vallavalitsuse olemasolev serverite infrastruktuur koosneb kolmest serverist ja ühest võrgusalvestuspinnast ehk NAS'ist (ingl. *Network-attached storage*). Serverid on soetatud erinevatel aegadel ning kõige vanem seade umbes 7 aastat tagasi. Serverid on väga erineva konfiguratsiooniga. Protsessorid on vananenud ning vähese jõudlusega, muutmälu on kõikides masinates vanema põlvkonna DDR3 tüüpi, kõvakettad samuti vanema põlvkonna HDD tüüpi ja võrguliidesed toetavad kiiruseid kuni 1Gbit.

Kuuel allasutusel on kasutuses oma server, mida kasutatakse põhiliselt domeenikontrolleri ja failiserverina. Nendes masinates ei ole eraldi virtuaalmasinaid ning kõik masinad on soetatud ja konfigureeritud enne valdade liitumist erinevate inimeste poolt. Kõik allasutustes olevad serverid on samuti vananenud ning aeglased. Allasutuste serveritel puudub varundamissüsteem. Allasutustes olevad serverid on amortiseerunud ning lähevad uue lahenduse toimima saamisel sulgemisele.

NAS seadet kasutatakse vallavalitsuse taritustusse kuuluvate virtuaalmasinate varundamiseks. Varundamine toimub regulaarselt iga päev. Varundamiseks kasutatakse *Altaro backup* lahendust. NAS seade on ostetud 2019 aastal.

Joonis 1 kirjeldab kasutuses olevaid seadmeid ning lahendust.



Joonis 1. Kasutuses olev lahendus.

Vallavalitsusele kuuluvates serverites toimivad kaheksa virtuaalmasinat. Nendel majutuvad vallavalitsuse 100-le töötajale vajalikud rakendused ja teenused. Lisaks migreeriti hiljuti vallavalitsuse serveri virtuaalmasinasse ka ühe allasutuse domeenikontroller kuna seade millel see toimis lakkas töötamast.

Virtualiseerimiseks on kasutusel VMware vSphere platvorm. Kõikidel masinatel on erinevad vSphere versioonid ning kõik versioonid on tänaseks aegunud.

Virtuaalmasinates on kasutusel Windows 2012 R2 operatsioonisüsteem.

Virtuaalmasinate jaotus ja funktsioonid:

Tabel 1. Virtuaalmasinate jaotus ja funktsioonid.

Server	Virtuaalmasin	Rollid, teenused
Dell PowerEdge R520		
	vm-01	Active Directory, DNS
	vm-02	FortiEMS, Print server
	vm-03	Allasutuse AD
	vm-04	Ruckuse kontroller
	vm-05	WDS-haldur
SuperMicro		
	vm-06	AD, DNS, failiserver
	vm-07	Fortianalyzer
Dell PowerEdge R220		
	vm-08	Raamatupidamisserver

Kõik kasutuses olevad masinad on majutatud teenusepakkuja andmekeskusesse kuna vallavalitsusel puudub nõuetele vastav ruum serverite majutamiseks. Teenusepakkuja andmekeskusest on Saue vallavalitsuse peahoonesse ehitatud eraldi 1Gb/s fiiberoptiline ühendus ning seetõttu andmeside kiiruse piiranguid pole.

2.3 Olemasoleva lahenduse probleemid

Kasutuses olevad serverid on vananenud, osaliselt katki ning aeglased. HDD kõvakettad on aeglased ning vigased, protsessorid ja operatiivmälu vananenud. Seadmetel puudub tootjapoolne tugi.

Olemasoleva lahenduse käideldavus ja skaleeruvus on madal. Serveri hooldustööde või riistvaralise tõrke käigus peatub masina ning sellel toimivate virtuaalmasinate töö.

Virtuaalmasinaid juurde luua ei saa, sest selleks puudub vaba serveriressurss. Puudub võimalus majutada ka allasutustele vajalikud teenused ja rakendused.

Probleemiks on ka haldamise keerukus. Puudub üks konkreetne haldusliides, kust oleks mugav servereid hallata. Serverites kasutatakse erinevaid VMware versioone ning kõik versioonid on tänaseks aegunud. Puudub ka korralik monitooringu lahendus, et tuvastada aegsasti serverite riistvaralisi või tarkvaralisi tõrkeid.

2.4 Lähtetingimused

Eelpool kirjeldatud probleemidest tingituna ja uute vajaduste tekkimisega otsustati, et on vaja uut ning jätkusuutlikumat lahendust. Olemasolevad serverid on amortiseerunud ja ei oma piisavat ressursi, et mahutada allasutustele vaja minevad teenused. Lisaks on kasutuses oleva lahenduse ning vanade serverite haldamine keerukas ja aeganõudev.

Vastavalt Saue vallavalitsuse IT strateegiale ja juhenditele peab uue lahenduse arhitektuur toetama Microsoft Active Directory ja Microsoft 365 teenuseid ning seetõttu kasutatakse ka uue lahenduse planeerimisel Microsofti tooteid ja lahendusi. Uus lahendus peab kestma vähemalt 5 aastat.

Lahenduse planeerimiseks selgitati välja minimaalne vajalik ressurss:

- Protsessor (*cores*): 16
- Muutmälu: 192GB
- Kõvaketas: 12TB

Eesmärk on saavutada suurem käideldavus ja skaleeruvus ning kaasaegne ja kiire süsteem. Suurema käideldavuse ja skaleeruvuse tagab klasterlahenduse ning virtualiseerimise kasutamine.

Teine eesmärk on muuta lihtsamaks serverite virtuaalmasinate haldus. Olemasoleval lahendusel puudub keskne virtualiseeritud serverite haldusplatvorm.

Kolmas eesmärk on muuta lihtsamaks kasutajate ja tööjaamade haldus. Kasutuses olev lahendus ei võimalda keskselt haldamist. Kasutuses oleva lahendusega on haldus keeruline ning aega nõudev.

3 Võimalikud lahendused

Kuna olemasolev riistvara on vananenud ning seda ei ole mõistlik uues lahenduses kasutada siis on uue arhitektuuri koostamisel võimalik kaaluda mitmeid laialdaselt kasutatavaid lahendusi.

Lahenduse valimisel lähtutakse vallavalitsuse ja allasutuste vajadustest ning haldusmugavusest ja IT meeskonna kompetentsist. Järgnevalt analüüsime kolme võimalikku lahendust:

1. Uue riistvara soetamine
2. Riistvara rent teenusepakkujalt
3. Pilveteenuste kasutamine

Kulude arvestamisel lähtutakse minimaalsest ressursi vajadusest. Riistvara rentimisel või pilveteenuse kasutamisel on täiendavate vajaduste lisandumisel võimalik ressursi juurde osta. Riistvara ostmisel tuleb arvestada võimalike uute vajaduste lisandumisega ning osta piisava reserviga riistvara.

3.1 Uue riistvara soetamine

Riistvara vananemisel on võimalik soetada uus riistvara ning luua oma taristule sobiv lahendus. Oma riistvara soetamisel on mitmeid eeliseid, kuid ka mitmeid miinuseid. Üks suurimaid eeliseid on täielik kontroll seadmete ning lahenduse üle. Üks suurimaid miinuseid on aga riistvara soetamise ning majutamise kaasnev kulu. Riistvara soetamine on kallis, sest korraga tekib suur kulu ning riistvara majutamiseks on vaja nõuetele vastavat ruumi. Riistvarale juurde on vaja soetada ka litsentse, näiteks virtualiseerimise ning operatsioonisüsteemi litsentse. Lisaks on oluline, et riistvara konfigureerimine ning haldamine oleks teostatud piisava kompetentsiga inimese poolt.

Kuna Saue vallavalitsusel puudub seadmete majutuseks nõuetele vastav ruum siis on olemasolevad seadmed majutatud teenusepakkuja juures ning ka tulevikus soetatavad seadmed tuleb majutada teenusepakkuja ruumidesse. Seadmete majutamine maksab

umbes 400 eurot kuus. Seega on viie aasta peale seadmete majutamise kulu umbes 24 000 eurot.

Antud teenusepakkuja andmekeskusest on ehitatud Saue vallavalitsuse peamajja 1Gb/s fiiberoptiline ühendus, mis on vallavalitsuse peamaja primaarne ühendus. Antud ühenduse kuutasu on umbes 200 eurot ning olenemata seadmete majutamise asukohast jääb püsivaks kuluks ühenduse tasu.

Riistvara soetamisel peab olema selge, mida soovitakse saavutada. Sellest lähtuvalt tuleb valida seadmed ja litsentsid. Võimalikke variante on mitmeid. Kuna soov on luua kõrgkäideldavam lahendus kui olemasolev süsteem siis tuleks kasutada klasterlahendust, virtualiseerimist ning näiteks ka salvestusmassiivi.

Esimeseks variandiks oleks luua SAN ehk *Storage Area Network* lahendus. Selleks oleks vaja soetada minimaalselt kaks serverit, salvestusmassiiv ja vajalikud litsentsid [3]. Delli kodulehel on võimalik tutvuda seadmete ja võimalike lahendustega ning panna endale kokku sobiva konfiguratsiooniga server [4] ja salvestusmassiiv [5]. Seadmete soetamiseks võeti partnerilt hinnapakkumine. Tabel 2 kirjeldab küsitud seadmete näitajaid ning hinda.

Tabel 2. SAN konfiguratsioon ja hinnad.

	Dell PowerEdge R440 (2 tk)	Dell EMC ME4024 Storage Array
CPU	2 x Intel Xeon Silver 4215	-
RAM	8 x 32GB RDIMM	-
SSD	480 GB M.2	16 x 960GB SSD
NIC	10 GbE Dual Port	-
GARANTII	5 aastat	5 aastat
HIND	9 840 eurot	15 484 eurot
KOKKU	25 324 eurot	

Teiseks variandiks oleks luua vSAN ehk *Virtual Storage Area Network* lahendus. Selle jaoks oleks vaja soetada minimaalselt kolm serverit [6] ning VMware vSAN ja vSphere litsentsid [7]. VMware kodulehelt on võimalik leida soovituslikud masinad koos soovituslike konfiguratsioonidega vSAN lahenduse loomiseks [8]. Partnerilt võeti hinnapakkumine antud masinate soetamiseks. Seadmete konfiguratsioon ning hind on kirjeldatud Tabelis 3.

Tabel 3. vSAN konfiguratsioon ja hinnad.

	Dell PowerEdge R440 (3tk)
CPU	Intel Xeon Silver 4214
RAM	6 x 32GB RDIMM
SSD	6 x 960GB SAS SSD
NIC	10 GbE Dual Port
Garantii	5 aastat
Hind kokku	20 116 eurot

3.2 Riistvara rent teenusepakkujalt

Teine võimalik alternatiiv on rentida teenusepakkujalt virtuaalmasinaid. See tähendab, et füüsilised seadmed on teenusepakkuja omandis, asuvad teenusepakkuja ruumides ning seadmete haldamise ja hooldamise eest hoolitseb teenusepakkuja. Sellist lahendust pakuvad näiteks Telia, Levira, Wavecom aga ka paljud teised IT lahendusi pakuvad ettevõtted. Virtuaalmasinate rentimine on küllalt kallis ning lisaks kaasnevad sellega ka kõrvalkulud. Wavecom'i kodulehel on kalkulaator, mille abil on võimalik välja arvutada soovitud riistvara maksumus [9]. Sobiva riistvara rent vallavalitsuse jaoks maksaks umbes 558 eurot kuus. Eraldi tuleb sellele summale juurde maksta võrguühenduse eest valitud teenusepakkuja andmekeskuses. Enamik teenusepakkujad pakuvad oma andmekeskustes mitmete teenusepakkujate ühendusi. Näiteks maksab Telia 500/500 Mbit/s ühendus Wavecomi andmekeskuses 295 eurot kuus [10]. See tähendab, et aastas on teenusepakkuja juures virtuaalmasinaid rentides kulu umbes 6 696 eurot ja lisaks juurde umbes 3 540 eurot võrguühenduse tasu. Kuna uus loodav lahendus võiks suuremaid muudatusi tegemata kesta minimaalselt viis aastat siis oleks Wavecom'i lahendust kasutades kulu viie aasta peale vähemalt 51 180 eurot.

3.3 Pilve kasutamine

Üks võimalik lahendus oleks kasutada Riigipilve. „Riigipilv on riigi omandis olev privaatspilv, milles on võimalik kasutada avaliku pilve teenuseid. Lisaks valitsussektorile on Riigipilve kliendid kohalikud omavalitsused, elutähtsa teenuse osutajad (ETO), riigile IT teenuseid pakuvad eraettevõtted ja tervishoiuteenuse osutajad“ [11]. Riigipilve peab üleval Riigi Infokommunikatsiooni SA [11].

Üks pakutavatest teenustes on Riigipilv IaaS teenus [12]. „IaaS ehk infrastruktuur kui teenus võimaldab kasutada virtualiseeritud riistvara arvutusressursse – protsessorid (vCPU), mälu (RAM) ja salvestusmaht kõvakettal (HDD) teenusena“ [13].

Riigipilve reklaamitakse kui kuluefektiivset ning mugavat ja lihtsasti hallatavat süsteemi [14]. Vallavalitsuse IT meeskond käis tutvumas Riigipilvega ning sai võimaluse ka katsetada ja proovida, kuidas oleks Riigipilve lahendust kasutada. Paraku osutus see aga oodatust keerulisemaks ning üsna ebamugavaks. Virtuaalmasinate loomine ja haldamine Riigipilves eeldab siiski piisavat kompetentsi ning teadmisi infotehnoloogia valdkonnas, mis tähendab, et vastava pädevusega inimene peab asutuses endas siiski tööl olema. Riigipilv pakub ka spetsialisti teenuse sisse ostmist, mille tunnihind jääb 96-144 euro vahele [15].

Riigipilve IaaS teenuse hinnastamine on üsna paindlik. Riigipilve kodulehel on hinnakalkulaator, mille abil on võimalik välja selgitada eeldatav kulu [15]. Lisaks virtualiseeritud riistvarale tuleb maksta ka võrguteenus eest ning vajadusel Windows Server 2019 operatsioonisüsteemi litsentsitasu. Kui sisestada kalkulaatorisse minimaalne Saue vallavalitsuse jaoks vaja minev maht siis on Riigipilve IaaS teenuse kuutasu umbes 1 790 eurot ehk aastas umbes 21 480 eurot. Viie aasta peale kokku on see 107 400 eurot, millele lisandub võrguteenus ja vajadusel litsentsitasu.

Kuna vallavalitsus täna juba kasutab Microsoft 365 pilveteenuseid siis teine võimalik lahendus oleks kasutada Microsoft Azure pilveteenust. Microsoft Azure on pilveplatvorm kuhu on koondatud väga palju erinevaid teenuseid ja lahendusi [16]. Võimalik on kasutada juba olemasolevaid rakendusi või luua virtuaalservereid [16]. Microsoft Azure on kiirelt arenev ning laialdasi võimalusi pakkuv platvorm. Ka Microsofti hinnastamise poliitika on väga paindlik – maksad teenuse või ressursi eest mida kasutad. Küll aga on Microsofti hinnastamise poliitika küllalt keerukas. Microsofti kodulehel on võimalik samuti kasutada kalkulaatorit, et arvutada enda lahendusele kuluv summa [17]. Kui sisestada Saue vallavalitsuse jaoks vaja minevad teenused ning minimaalsed mahud siis tuleb kuutasuks umbes 1 271 eurot ehk aastas umbes 15 252 eurot. Viie aasta peale kokku umbes 76 260 eurot.

Kuna Microsoft Azure lahendused on uued ning keerulisemad siis on kindlasti oluline suunata vallavalitsuse IT meeskonna töötajad ka koolitusele. Näiteks BCS Koolitus

pakub Microsoft Azure Administrator koolitust, mille hind ühele inimesele on 1 188 eurot [18]. Vallavalitsuse meeskonnast vajaks koolitust kindlasti kaks inimest, mis teeks koolituse kuluks 2 376 eurot.

Lisaks on ebaselge, kuidas riiklikul tasemel lubatakse kasutada välismaist pilveteenuse pakkujat. Kuna avaliku sektori asutus töötleb ning haldab S1 ja S2 tasemega teavet, siis on omavalitsus kohustatud järgima vastavaid nõudeid. S1 ja S2 tase tähendavad isiku ja terviseandmeid ning neid on lubatud hoida Euroopa Liidu majandusruumis, kuid nõutud on andmete krüpteerimine [19].

3.4 Sobiv lahendus

Analüüsi tulemusena selgus, et kõik lahendused võiksid vallavalitsusele sobida, kuid kõige mõistlikum on soetada sobiv riistvara. Riistvara ost ning seadmete majutamine andmekeskuses maksab viie aasta peale umbes 49 000 eurot. Teenusepakkujatel teenuse ostmise võimaldab küll kulu kuude ning aastate peale ära jagada, kuid tuleb kokkuvõttes siiski kallim. Ka ei kao teenuse sisse ostmisel tööjõu kulu kuna teenusepakkuja juures olevad virtuaalmasinad vajavad samuti haldamist.

Tabelis 4 on kirjeldatud kriteeriumid ning 5 palli skaalal on hinnatud lahenduste vastavust kriteeriumitele. Kõrgem hinnang näitab paremat sobivust.

Tabel 4. Kriteeriumite hinded.

Kriteeriumid	Riistvara ost	Riistvara rent	Pilveteenused
Hallatavus	5	3	3
Turvalisus	5	5	4
Riiklike nõuete vastavus	5	4	5
Skaleeruvus	4	5	5
Käideldavus	4	5	5
Juurutamine	3	3	3
Lahenduse maksumus	5	3	2
Personali koolituskulu	5	4	2
Kokku	36	32	29

4 Uus loodav lahendus

Antud peatükis kirjutatakse uuest loodavast lahendusest, mis hõlmab endas uue infrastruktuuri arhitektuuri koostamist ning serverite ja salvestusmassiivi hankimist. Uue lahenduse arhitektuuri koostamisel ning seadmete hankimisel määrati kolm suuremat kriteeriumit. Esiteks peab uus lahendus olema kõrgkäideldavam kui olemasolev lahendus. Teiseks peab uus lahendus toetama juba kasutuses olevaid teenuseid ja rakendusi. Kolmandaks peab uus riistvara olema piisava võimekusega, et majutada vallavalitsuse ja allasutuste jaoks vajalikud teenused ning rakendused.

4.1 Vertikaalselt ja horisontaalselt skaleeruv süsteemi arhitektuur

Esimeseks kriteeriumiks oli, et uus lahendus peab olema kõrgkäideldavam kui olemasolev lahendus. Erinevate valikute analüüsis selgus, et sobivam on soetada uus riistvara. Vastavalt riistvara valikule on võimalik kasutada näiteks SAN ehk *Storage Area Network* või vSAN ehk *Virtual Storage Area Network* lahendust.

SAN on kiire ja spetsiaalne võrk, mis ühendab omavahel erinevaid salvestusseadmeid, servereid ja võrguseadmeid [3]. Antud lahenduse loomiseks soovitakse kasutada kahte serverit ning ühte salvestusmassiivi, mis omavahel ühendatakse 12Gb mini-SAS HD kaableid kasutades [20]. Sellist lahendust pakuvad mitmed erinevad tootjad näiteks Fujitsu [21], Dell [22], HPE [23] ja Lenovo [24]. Saue vallavalitsuse IT meeskond otsustas kavandada oma lahenduse Dell seadmetele kuna neid on varasemalt kasutatud ning neid tuntakse kõige paremini. See aga ei välista, et riigihanke tulemusena võidakse saada teise tootja seadmed.

Alternatiiviks traditsioonilisele SAN lahendusele oleks võimalik kasutada ka näiteks VMware vSAN süsteemi. vSAN on tarkvarapõhine virtualiseerimiskeskond, mis koondab ühte seadmesse ja ühele platvormile salvestuslahenduse, virtualiseerimisplatvormi ja ka näiteks varundamise [25]. VMware vSAN lahenduse kasutamiseks peab riistvara vastama mitmetele nõuetele [26]. Teiseks oluliseks kriteeriumiks on, et virtualiseerimiseks tuleb kasutada VMware vSphere platvormi ning

kasutuses peab olema vähemalt 6.0 versioon [26]. Kuna vallavalitsusel on kasutuses vanemad litsentsid siis tuleks soetada uued litsentsid nii vSphere kui ka vSAN jaoks. Lisaks puudub vallavalitsuse IT meeskonnal piisav pädevus VMware lahenduste kasutamiseks ning see tähendab, et meeskond tuleb suunata koolitusele. BCS Koolitus on pakkunud varasemalt koolitust VMware vSAN: Deploy and Manage, mille maksumus ühele inimesele on 1 560 eurot [27]. See tähendaks, et kahe töötaja koolituskulu kokku on umbes 3 120 eurot.

SAN ja vSAN süsteemide oluliseks osaks on klasteri loomine. Klasterlahendus koosneb tavaliselt mitmetest serveritest (ingl. *nodes*) ja ka näiteks salvestusmassiivist, mis on omavahel ühendatud kaablite ning tarkvaraga. Serveri riistvaralise tõrke käigus kolitakse virtuaalmasinad automaatselt toimivatele serveritele. Sarnaselt on võimalik toimida ka riistvara hoolduse või uuendamise toiminguid tehes [28]. Kui luua SAN lahendus ning kasutada virtualiseerimiseks Hyper-V'd tuleks klasteri loomiseks kasutada Microsoft Failover Clustering teenust. Kui luua vSAN lahendus tuleks klasteri loomiseks kasutada VMware vSAN Cluster teenust [29].

Lisaks riistvarale on oluline leida ka sobiv virtualiseerimise tarkvara, mis peaks vastama järgmistele tingimustele:

1. Virtualiseerimise tarkvara ei pea olema tasuta, kuid võimalusel tuleks kasutada olemasolevat litsentsi või vabavara.
2. Tarkvara peab võimaldama külalissüsteemis kasutada Windows Server 2019 ja Linux operatsioonisüsteeme.

Populaarsemad tasulised lahendused virtualiseerimisel on näiteks VMware vSphere [30] ja Microsoft Hyper-V [28]. Populaarne vabavaraline virtualiseerimise lahendus on näiteks Red Hat KVM [31]. Tabelis 5 on virtualiseerimisplatvormide lühike võrdlus. Sügavamat võrdlust ei tehtud kuna kasutusvajadused on lihtsad ja universaalsed.

Tabel 5. Virtualiseerimistarkvarade võrdlus.

	vSphere'i	Hyper-V	KVM
Tootja	VMware	Microsoft	Red Hat
Versioon	7.0	9.0	-
Windows Server 2019	Jah	Jah	Jah
Linux	Jah	Jah	Jah

Litsentsi maksumus	2967,4€	811,75€	Tasuta
Host			
Max loogiline CPU	786	512	288
Max vCPU	4096	2048	
Max muutmälu	16 TB	24 TB	12 TB
Guest			
Max vCPU	768	64(gen1)/250(gen2)	240
Max muutmälu	24 TB	1(gen1)/12TB(gen2)	6 TB

[32], [33], [34]

Tabeli järgi võiks vallavalitsusele sobida kõik kolm virtualiseerimise platvormi. Kuna peamise operatsioonisüsteemina tuleb kasutusse Windows Server 2019 ning vaja on soetada litsentsid siis oleks mõistlik kasutada Hyper-V platvormi, mis sisaldub Windows Server 2019 litsentsi hinnas. Ostes juurde vSphere litsentsid läheb kulu suuremaks.

Analüüsi tulemusena selgus, et mõlema lahendusega oleks võimalik saavutada soovitud tulemus. Nii SAN kui vSAN tagaks teenuste ja rakenduste kõrgema käideldavuse. Küll aga läheks vSAN lahendus vallavalitsusele kallimaks, sest antud lahenduse jaoks on oluline kasutada just VMware tooteid ja litsentse. See tähendab lisakulu nii kallite litsentside kui ka töötajate koolitamise näol. Töötajad vajaksid nii vSphere kui ka vSAN koolitusi. Tabel 6 kirjeldab SAN ja vSAN lahenduste kulu analüüsi.

Tabel 6. Lahenduste kulu.

	SAN	vSAN
Riistvara ost	25 324	20 116
Virtualiseerimistarkvara litsents	-	2 967,4
Windows Server 2019 litsents	811,75	811,74
Koolituskulud	-	3 120
	26 135,75 eurot	27 015,14 eurot

4.2 Uute masinate võimekus

Kolmandaks kriteeriumiks on, et uus lahendus peab mahutama kõik vallavalitsusele ja allasutustele vaja minevad teenused ja rakendused. Kõik seni kasutuses olevad vanad serverid ka allasutustes sulgetakse.

Tabelis 7 on kirjeldatud teenused ning nendeks vaja minev eeldatav ressurss. Selle abil selgitatakse välja uue riistvara vajalik ressurss ning lisatakse varu ootamatusteks ning tulevikus lisanduvateks vajadusteks.

Gov virtuaalmasinad hakkavad teenust pakkuma umbes 130 kasutajale ning seadmele. Edu virtuaalmasinad hakkavad teenust pakkuma umbes 2000 kasutajale ning umbes 700-le seadmele.

Tabel 7. Virtuaalmasinate eeldatav konfiguratsioon.

Virtuaalmasin	Teenus	Vajalik ressurss
govDC01	Vallavalitsuse AD, DNS	vCPU: 1
		RAM: 6 GB
		SSD: 120 GB
govDC02	Vallavalitsuse AD, DNS, failiserver	vCPU: 4
		RAM: 10 GB
		SSD: 8 TB
govAPP01	FortiClient EMS, Admin Center	vCPU: 4
		RAM: 16 GB
		SSD: 100 GB
govAPP02	Print Management	vCPU: 4
		RAM: 8 GB
		SSD: 100GB
govFAZ01	FortiAnalyzer	vCPU: 2
		RAM: 4 GB
		SSD: 1 TB
govVSZ01	Ruckus Virtual SmartZone	vCPU: 8
		RAM: 18 GB
		SSD: 150 GB
govMON01	Nagios XI	vCPU: 2
		RAM: 2 GB
		SSD: 100 GB

govSC01	System Center Configuration Manager	vCPU: 16
		RAM: 24 GB
		SSD: 500 GB
govPMEN01	Raamatupidamistarkvara	vCPU: 2
		RAM: 8 GB
		SSD: 400 GB
eduDC01	Allasutuste AD, DNS	vCPU: 2
		RAM: 8GB
		SSD: 150GB
eduDC02	Allasutuste AD, DNS	vCPU: 2
		RAM: 8GB
		SSD: 150GB
eduAPP01	Allasutuste Print Management	vCPU: 4
		RAM: 8 GB
		SSD: 100 GB

4.3 Hanke koostamine ja tulemused

Serverite ostmiseks loodi hankemeeskond, mille liikmeteks olid E-teenuste arendusjuht, arendusosakonnajuhataja, süsteemiadministraator ja hanke jurist. Hankemeeskonna ülesanne oli analüüsida eelnevalt koostatud memo, milles kirjeldati uut loodavalt lahendust ning vaja mineva riistvara parameetreid. E-teenuste arendusjuht koostas tehniliste tingimuste dokumendi ning korraldas väikehanke. Väikehange sai korraldatud eeldusel, et hanke maht ei ületa 30 000 eurot. Hange avaldati valla kodulehel. Hankesse kirjutati kindla tootja seadmed ning parameetrid, kuid pakkuma võib tulla ka teise tootja seadmeid, mis on samaväärsed. Hanke võidab soodsaim pakkumine.

Tabel 8 kirjeldab lühidalt hanke tehnilisi tingimusi.

Tabel 8. Hanke tehnilised tingimused.

2 x Dell PowerEdge R440 või samaväärne	
Protsessor	2 x Intel Xeon Silver 4215 2.5G
Muutmälu	8 x 32GB RDIMM 2666MT/s Dual Rank
SSD	480GB M.2

SAS	12Gbps HBA
NIC	10 GbE SFP+
iDRAC	iDRAC 9 Enterprise
GARANTII	5 aastat
Dell EMC ME4024 Storage Array või samaväärne	
SSD	16 x 960GB SSD SAS 12Gbps
SAS	12Gb SAS 8 Port Dual Controller
GARANTII	5 aastat, <i>Next Business Day</i>
Operatsioonisüsteemi litsentsid	
Windows Server 2019 GOV OLP	4 tk

Hankele tuli 4 pakkumist. Kaks pakkujat pakkusid tehnilises tingimuses olevaid seadmeid, kolmas pakkuja pakkus HPE seadmeid ning neljas pakkuja pakkus Fujitsu seadmeid. Hanke võttis ettevõtte, kes tegi parima pakkumise summale 28 989 eurot. Hanke võitja pakkus Dell seadmeid.

Hankija kirjutas pakkumise Dell seadmetele kuna hankemeeskonnal oli varasemalt parim kokkupuude just Dell serveritega. Hankemeeskond oli valmis, et hanke võitja võib pakkuda ka teise tootja seadmeid.

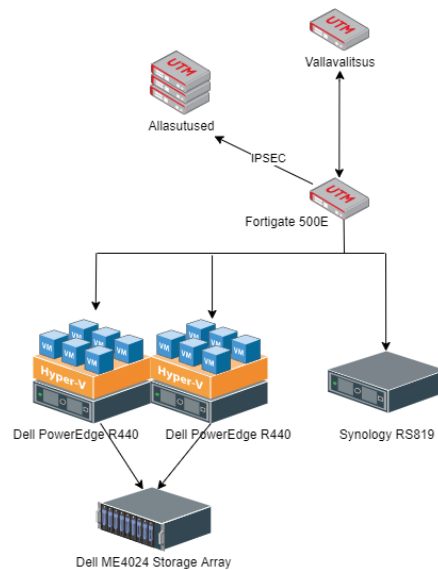
5 Uue lahenduse juurutamine

Antud peatükis kirjeldatakse uue lahenduse juurutamise ja migratsiooni plaani. Uue lahenduse juurutamise ja migratsiooni teostus on osaliselt tehtud ning antud lõputöös kirjeldatud plaani kohaselt tehakse juurutamine ja migratsioon lõplikult 2021 aasta kevadeks.

5.1 Uue lahenduse arhitektuur

Uue lahenduse arhitektuuriline skeem on toodud Joonisel 2. Teenusepakkuja juurde majutatakse serverid, salvestusmassiiv ja varunduse masin. Lisaks on teenusepakkuja juures ka Ruckuse 24-pordine kommutaator ning Fortigate 500E tulemüür. Teenusepakkuja andmekeskusest tuleb ka vallavalitsuse peamajja primaarne ühendus. Allasutuste ligipääsu süsteemile tagab IPSEC tunnel andmekeskuses oleva tulemüüri ja allasutuses oleva tulemüüri vahel. Vallavalitsuse peamajal on lisaks sekundaarne ühendus, mis hakkab toimima juhul kui primaarne ühendus peaks katkema.

Serverid ja salvestusmassiiv on ühendatud omavahel 12Gb mini-SAS HD kaableid kasutades. Serverid toimivad *active-active* klastris. See tähendab, et mõlemal serveril toimivad virtuaalmasinad ning juhul kui ühel serveril on rike võtab toimiv server töö üle. Virtuaalmasinad kolivad automaatselt üle toimivale serverile. Klaster on loodud Microsoft Failover Cluster teenust kasutades. Serverite virtualiseerimiseks kasutatakse Hyper-V tarkvara. Virtuaalmasinaid tuleb esialgu 12. Virtuaalmasinate jaotust kirjeldab Tabel 7.



Joonis 2. Uue lahenduse arhitektuuriline skeem.

5.2 Uue lahenduse juurutamise ja migratsiooni plaan

Uue lahenduse juurutamine ning migratsioon jaguneb mitmeteks etappideks. Esimeses etapis toimub riistvara paigaldus ja konfiguratsioon ning virtualiseerimisplatvormi ja klasteri seadistamine. Ühtegi virtuaalmasinat ei migreerita, migreeritakse teenused. Esimeses etapis seadistatakse ka uued teenused nagu Print Management, System Center Configuration Manager ja Nagios XI. Kui vajalikud teenused kolitud ja uued teenused seadistatud siis testitakse nende toimimist.

Esimese etapi täpsemad sammud:

- Riistvara paigaldus ja konfiguratsioon
- Virtualiseerimisplatvormi ja klasteri seadistamine
- FortiAnalyzer ja Ruckus Virtual Smartzone migratsioon
- Uute rakenduste Print Management, SCCM ja Nagios XI seadistamine

Teises etapis migreeritakse kasutajakontod ning kopeeritakse failid. Kontode migreerimiseks kasutatakse *Microsoft Active Directory Migration Tool* tööriista. Kui kontod migreeritud hakatakse testima uut domeeni ning valmistatakse ümberlülitumiseks uuele süsteemile. Kui testid edukalt läbitud ning tegevusplaan paigas lülitatakse ümber uutele serveritele ja vanad serverid sulgetakse.

Teise etapi täpsemad sammud:

- Vallavalitsuse Active Directory *forest*'i loomine
- Kasutajakontode migreerimine
- Uue domeeni testimine
- Failide kopeerimine
- FortiClient EMS migratsioon
- Ümberlülitumine uuele süsteemile
- Vallavalitsuse vanade serverite sulgemine

Kolmandas etapis keskendutakse allasutuste kasutajakontode migreerimisele ning failide kopeerimisele.

Kolmanda etapi täpsemad sammud

- Allasutuste Active Directory forest'i loomine
- Kasutajakontode migratsioon/kasutajakontode loomine
- Print Management seadistamine
- Testimine
- Asutuste kaupa uuele süsteemile ümber lülitumine
- Vanade serverite sulgemine

6 Kokkuvõte

Käesoleva diplomitöö teemaks oli leida Saue vallavalitsusele ja hallatavatele asutustele uus ühtne IT serverite taristu teenuste majutamiseks ja konsolideerimiseks. Omavalitsuste ühinemise järgselt jäi asutustesse kasutusse palju servereid, mis olid aeglased ja vananenud. Seadmetel puudus piisav ressurss, et majutada nii vallavalitsusele kui ka hallatavatele asutustele vajalikud teenused. Lisaks puudus seadmetel tootjapoolne tugi. Ka osutus keeruliseks serverite keskselt haldamine. Uutest vajadustest ja tekkinud probleemidest tingituna otsustati luua uus ühtne IT serverite taristu, mis oleks kõrgkäideldavam, jätkusuutlikum, keskselt hallatav ning toetaks olemasolevaid rakendusi. Uue lahenduse loomisel tuli lisaks arvestada vallavalitsuse IT strateegia ja juhendite nõudeid, millest lähtudes tuleb kasutada Microsofti tooteid.

Lahenduse leidmiseks analüüsiti kolme erinevat arhitektuurilist lahendust, millest esimene oli uute serverite soetamine ning SAN või VMware vSAN lahenduse loomine. Teisena analüüsiti virtuaalmasinate rentimist teenusepakkujalt ning kolmandana analüüsiti Riigipilve ja Microsoft Azure lahenduste kasutamist. Analüüsis selgitati välja erinevate variantide eelised ja puudused ning lahenduste maksumused. Maksumust arvestati viie aastase perioodi peale. Kuna teenusepakkujalt virtuaalmasinate rentimine ning pilveteenuste kasutamine osutusid oluliselt kallimateks otsustati soetada uus riistvara ning kasutada SAN või vSAN lahendust.

Riistvara ostmiseks selgitati välja vajalik ressurss ning analüüsiti SAN ja VMware vSAN lahendusi. Hinnati riistvara ja litsentside maksumust ning IT meeskonna kompetentsi antud lahenduste kasutamiseks. Kuna VMware vSAN lahendus nõuab kallimaid litsentse ning IT meeskond oleks vajanud täiendavaid koolitusi otsustati kasutada SAN lahendust.

Töö autor viis seadmete ostmiseks läbi riigihanke ning koostas plaani uute serverite juurutamiseks ja migratsiooniks. Juurutamine ja migratsioon viiakse läbi mitmetes etappides, millest vallavalitsust puudutav osa on tehtud ning allasutuste osa tehakse lõplikult 2021 aasta kevadeks.

Projekti edukust on võimalik hinnata kevadel kui juurutamine ja migratsioon on lõplikult valmis. Hetkel on saavutatud soovitud tulemus vallavalitsuse teenuste osas, mis toimivad kiiremini ning on stabiilsemad. Varasemalt tuli IT meeskonnal tegeleda vähemalt korra nädalas serverite riketega, mis segasid oluliselt kasutajate tööd. Oluliselt on lihtsustunud serverite ja virtuaalmasinate haldus.

Kasutatud kirjandus

- [1] Saue Vallavalitsus, „Saue valla koduleht,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sauevald.ee>. [Kasutatud 22 Oktoober 2020].
- [2] Saue Vallavalitsus, „Ametnike kontaktid,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://sauevald.ee/ametnike-kontaktid#Arendusosakond>. [Kasutatud 22 Oktoober 2020].
- [3] „What is a SAN? Ultimate storage area network guide,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://searchstorage.techtarget.com/definition/storage-area-network-SAN>. [Kasutatud 29 Oktoober 2020].
- [4] Dell, „PowerEdge R440 Rack Server,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.dell.com/en-us/work/shop/productdetailstxn/poweredge-r440>. [Kasutatud 29 Oktoober 2020].
- [5] Dell, „PowerVault ME4 Series,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.dell.com/en-us/work/shop/servers-storage-and-networking/powervault-me4024-storage-array/spd/powervault-me4-series>. [Kasutatud 29 Oktoober 2020].
- [6] VMWare, „Cluster Requirements for Virtual SAN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/6.5/com.vmware.vsphere.virtualsan.doc/GUID-24F074B0-E04C-440E-A1DD-8047E8615485.html>. [Kasutatud 29 Oktoober 2019].
- [7] VMWare, „VMware vSAN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/products/vsan/vmware-vsan-datasheet.pdf>. [Kasutatud 29 Oktoober 2020].
- [8] VMWare, „vSAN Compatibility Guide,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.vmware.com/resources/compatibility/pdf/vi_vsan_rn_guide.pdf. [Kasutatud 29 Oktoober 2020].
- [9] AS WaveCom, „Hinnakalkulaator,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://clients.wavecom.ee/cart/dedicated/>. [Kasutatud 2 November 2020].
- [10] Telia Eesti AS, „Äriklendi internet,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.telia.ee/ari/kontor/kontori-internet/arikliendi-internet/>. [Kasutatud 7 November 2020].
- [11] Riigi Infokommunikatsiooni SA, „Riigipilv,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigipilv.ee/riigipilvest>. [Kasutatud 2 November 2020].
- [12] Riigi Infokommunikatsiooni SA, „Riigipilve teenused,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigipilv.ee/teenused>. [Kasutatud 2 November 2020].
- [13] Riigi Infokommunikatsiooni SA, „Riigipilve IaaS,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigipilv.ee/teenused/taristu-kui-teenus/riigipilve-iaas>. [Kasutatud 2 November 2020].
- [14] Riigi Infokommunikatsiooni SA, „Mis on Riigipilv?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigipilv.ee/et>. [Kasutatud 2 November 2020].

- [15] Riigi Infokommunikatsiooni SA, „Hinnakiri,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigipilv.ee/hinnakiri>. [Kasutatud 3 November 2020].
- [16] Microsoft, „What is Azure?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-azure/>. [Kasutatud 4 November 2020].
- [17] Microsoft, „Pricing calculator,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator/>. [Kasutatud 4 November 2020].
- [18] BCS Koolitus AS, „Microsoft Azure Administrator,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bcskoolitus.ee/koolitus/uus-microsoft-azure-administrator-az-104t00-3/>. [Kasutatud 17 Detsember 2020].
- [19] Andmekaitse Inspektsioon, „Avalike pilveteenuste kasutamises andmetöötluses,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.aki.ee/sites/default/files/ringkirjad/andmetootlusest_avalikes_pilveteenustes_0.pdf. [Kasutatud 17 November 2020].
- [20] Dell, „Cabling considerations,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.dell.com/support/manuals/en-us/powervault-me4024/me4_series_dg_pub/cabling-considerations?guid=guid-b51a2a66-a0b3-449b-8ff5-c86797c14ab7&lang=en-us. [Kasutatud 19 November 2020].
- [21] Fujitsu, „Fujitsu ETERNUS QuickSTART & SAN Architecture Service,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://marketing.us.fujitsu.com/rs/407-MTR-501/images/ETERNUS%20QuickSTART%20SAN%20Architecture%20Service_FINAL.pdf. [Kasutatud 19 November 2020].
- [22] Dell, „DELL EMC Powervault ME4 Series,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.delltechnologies.com/resources/en-us/asset/data-sheets/h17383-powervault-me4-series-ds.pdf>. [Kasutatud 19 November 2020].
- [23] HPE, „HPE MSA 2050 SAN Storage,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=a00008276enw&>. [Kasutatud 19 November 2020].
- [24] Lenovo, „ThinkSystem DM Series,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lenovo.com/us/en/data-center/storage/unified-storage/thinksystem-dm-series/ThinkSystem-DM-Series-All-Flash-Array/p/WMD00000375>. [Kasutatud 19 November 2020].
- [25] VMWare, „VMware vSAN Documentation,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSAN/index.html>. [Kasutatud 19 November 2020].
- [26] VMWare, „Software Requirements for Virtual SAN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/6.0/com.vmware.vsphere.virtualsan.doc/GUID-DD163F6B-2284-4D5B-A99F-33BBAD85AE5A.html>. [Kasutatud 29 November 2020].
- [27] BCS Koolitus AS, „VMware vSAN: Deploy and Manage,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bcskoolitus.ee/koolitus/vmware-vsant-deploy-manage-v6-7/>. [Kasutatud 21 November 2020].
- [28] Microsoft, „Failover Clustering in Windows Server,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/failover-clustering/failover-clustering-overview>. [Kasutatud 21 November 2020].

- [29] VMWare, „Characteristics of a vSAN Cluster,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/7.0/com.vmware.vsphere.vsan-planning.doc/GUID-C0818534-7B96-43E4-93BB-7955449852DE.html>. [Kasutatud 21 November 2020].
- [30] VMWare, „vSphere Hypervisor,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor.html>. [Kasutatud 21 November 2020].
- [31] Red Hat, „What is KVM?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.redhat.com/en/topics/virtualization/what-is-KVM>. [Kasutatud 21 November 2020].
- [32] VMWare, „vSphere 7.0 Configuration Limits,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://configmax.vmware.com/guest?vmwareproduct=vSphere&release=vSphere%207.0&categories=1-0>. [Kasutatud 3 Detsember 2020].
- [33] Microsoft, „Plan for Hyper-V scalability in Windows Server 2016 and Windows Server 2019,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/plan/plan-hyper-v-scalability-in-windows-server>. [Kasutatud 3 Detsember 2020].
- [34] Red Hat, „Supported Limits for Red Hat Virtualization,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://access.redhat.com/articles/906543>. [Kasutatud 3 Detsember 2020].
- [35] VMWare, „Hardware Requirements for vSAN,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/7.0/com.vmware.vsphere.vsan-planning.doc/GUID-4B738A10-4506-4D70-8339-28D8C8331A15.html>. [Kasutatud 21 November 2020].

Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Kätlin Lisete Kärolin Nõgols

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Omavalitsuste ühinemisjärgse ühtse serverite taristu loomine Saue valla näitel, mille juhendaja on Siim Vene
 - 1.1. reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

07.01.2021

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.