

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Arvutitehnika instituut

Tanel Mängel 104338

**PILVANDMETÖÖTLUS EUROOPA LIIDUS
EESTI NÄITEL**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Vladimir Viies

dotsent

Tallinn 2015

Autorideklaratsioon

Olen koostanud antud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud. Käesolevat tööd ei ole varem esitatud kaitsmisele kusagil mujal.

Autor: Tanel Mängel

pp.kk.aa

Annotatsioon

Antud töö eesmärgiks on uurida pilvandmetöötlust Euroopa Liidus, täpsemalt Eesti näitel. Samuti vaadeldakse Euroopa Liidu strateegiat selles vallas ning Eestis saadaval olevaid pilveteenuseid ja nende tarnijaid. Vajadus uurida pilvandmetöötluse suundi ja pakutavaid teenuseid tuleneb selle valdkonna kiiresti kasvavast majanduslikust mõjust, kus turul on valida väga paljude teenusepakkujate ning teenuste vahel. Ettevõtted ei pruugi osata valida enda jaoks kõige sobivamat teenusepakkujat ning hinnata riske, mis sellega kaasnevad.

Analüüsi osas kirjeldatakse Euroopa Liidu pilvandmetöötlus strateegia üldine suund ning uuritakse eesmärgi ja meetmeid, kuidas neid kavatsetakse saavutada. Lisaks vaadeldakse Eesti strateegia ühilduvust EL-i omaga ning ka Eestis saadaval olevaid pilveteenuseid, uurides nende tugevaid ja nõrku külgi. Seejärel antakse hinnang Euroopa pilvandmetöötluse tulevikule, analüüsitakse, mida tuleks arvestada pilveteenuste valiku tegemisel ning viimasena antakse soovitusi ettevõtetele, kuidas paremini teenuse valiku otsust langetada.

Töö tulemusena peaks tekkima selge ülevaade Euroopa Liidu pilvandmetöötluse strateegiast ja turul pakutavatest teenustest ning tingimustest, mida tuleks jälgida, mis aitaks tulevastel klientidel sobivamat valikut teha.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 36 leheküljel, 24 peatükki ja 2 joonist.

Abstract

Estonian example of cloud computing in the European Union

In this century, especially in recent years, the term cloud computing has become very popular. The availability of different services has been made very simple and therefore data transfer to the cloud is happening very fast. Cloud services make administration much easier because everything is accessible, thanks to the Internet, regardless of the location and a large number of people want to take advantage of this technology. This, however, requires a very high level of quality and reliability from service providers.

In this work the European Union cloud computing situation is analyzed, highlighting the main concerns and provides examples of cloud services available in Estonia. The goal is to provide an overview of the EU 's strategy, to assess its future and make recommendations for businesses to help them make the appropriate service selection. The work is more generalized and will not go into depth on specific issues such as standards, contract terms, e-residency, and other similar areas.

This work is divided into three chapters. The first part gives an overview of cloud computing in general, explaining what are service models, deployment models and analyzes the main advantages and disadvantages. The next chapter provides an overview of the European Union's cloud computing strategy, examining closely some of its key points. Also Estonia's strategy is investigated and some of the available cloud services in Estonia are brought out with a short description. Finally, an assesment of Europe's cloud computing future is presented, a set of main criteria is brought out on how to choose a cloud service and also some recommendations for businesses on service selection.

The thesis is in Estonian and contains 36 pages of text, 24 chapters and 2 figures.

Lühendite ja mõistete sõnastik

IBM	Arvutite tehnoloogia ettevõte
VM	IBM virtuaalmasina operatsioonisüsteem
ARPANET	Arenenud Teaduslike Projektide Agentuuride Võrk
IT	Infotehnoloogia
SaaS	<i>Software as a service</i> – tarkvara kui teenus
PaaS	<i>Platform as a service</i> – platvorm kui teenus
IaaS	<i>Infrastructure as a service</i> – infrastruktuur kui teenus
KVM	<i>Kernel based virtual machine</i> – linuxi tuumal põhinev virtuaalmasin
.NET	Microsofti tarkvaraplatvorm
AppScale	Avatud lähtekoodiga pilvandmetöötlus platvorm
Google App Engine	PaaS pilvandmetöötluse platvorm
SQL	Andmebaasipäringu keel
FISMA	<i>Federal Information Security Management Act</i> – föderaal informatsiooni turvalisuse haldamise seadus
HIPAA	<i>Health Insurance Portability and Accountability Act</i> - Ravikindlustuse teisaldatavuse ja vastutuskohustuse seadus
SOX	<i>Sarbanes–Oxley Act</i> – Avalike ettevõtete raamatupidamisreform ja investorite kaitse seadus
ENISA	<i>European Union agency for network and information security</i> – Euroopa Liidu agentuur võrgu ja informatsiooni turvalisuseks
ETSI	<i>European telecommunications standards institute</i> – Euroopa telekommunikatsiooni standardite instituut
RIA	Riigi infosüsteemi amet
ECP	<i>European Cloud Partnership</i> – Euroopa pilvandmetöötluspartnerlus
AES	<i>Advanced Encryption Standard</i> – täiustatud krüpteerimis standard

SSL	<i>Secure sockets layer</i> – turvasoklite kiht
RAID	Sõltumatute ketaste liiasmassiiv
SLA	<i>Service-level agreement</i> – teenustaseme leping
SQL	Andmebaasi päringukeel
GB	Gigabait
RAM	<i>random access memory</i> – põhimälu
SSAE16	<i>Statement on Standards for Attestation Engagements</i> – Töövõtu nõuete standard
ISO27001	Informatsiooni turvalisuse standard

Jooniste nimekiri

Joonis 1. Teenusmodelite hallatavus	12
Joonis 2. Pilvandmetöötluse juurutusmudelid.....	17
Joonis 3. Kuidas teha otsus pilveteenuse valikul.....	42
Joonis 4. Kas valida või mitte valida pilvtöötlus.....	44

Sisukord

Sissejuhatus	9
1. Pilvandmetöötlus.....	10
1.1. Pilvandmetöötluse ajalugu.....	10
1.2. Pilvandmetöötluse teenusmodelid	12
1.2.1 Infrastruktuur teenusena	12
1.2.2 Platvorm teenusena.....	13
1.2.3 Tarkvara teenusena.....	15
1.3. Pilvandmetöötluse juurutusmodelid	16
1.4. Pilvandmetöötluse eelised.....	19
1.5. Pilvandmetöötluse puudused	21
2. Pilvandmetöötlus Euroopa Liidus	24
2.1. Euroopa pilvandmetöötlus strateegia.....	24
2.1.1 Euroopa ühtne pilvandmetöötluse standard.....	24
2.1.2 Kindlad ja õiglaselised lepingutingimused	26
2.1.3 Euroopa pilvandmetöötluspartnerlus.....	27
2.2. Eesti pilvandmetöötlus strateegia ja e-residentsus.....	30
2.3. Pilvandmetöötluse teenused Eestis	32
2.3.1 Salvestusmaht ja andmebaas kui teenus	32
2.3.2 Infrastruktuur kui teenus.....	35
2.3.3 Tarkvara kui teenus	36
2.3.4 Platvorm kui teenus	36
2.3.5 Turvalisus, haldamine ja testimine kui teenus.....	37
3. Hinnangu andmine pilvandmetöötlusele Euroopas.....	39
3.1. Pilvandmetöötluse tulevik Euroopas	39
3.2. Pilveteenuse valiku alused	40
3.3. Soovitused ettevõttele pilveteenuse valiku tegemisel.....	42
Kokkuvõte	45
Summary.....	46
Kasutatud kirjandus	47

Sissejuhatus

Sellel sajandil, eriti viimaste aastate jooksul, on pilvandmetöötluse termin saanud väga populaarseks. Erinevate teenuste kättesaadavus on tehtud äärmiselt lihtsaks ning seetõttu andmete üleviimine pilve toimub meeletul kiirusel. Pilveteenused muudavad asjaajamist palju lihtsamaks, kuna kõik on tänu internetile kättesaadav sõltumata asukohast ning suurel hulgal inimesi soovivad sellest tehnoloogiast kasu lõigata. See aga eeldab teenusepakkujatel väga kõrget kvaliteeti ja usaldatavust.

Antud töös käsitletakse pilvandmetöötluse olukorda Euroopa Liidus, tuues välja põhilised murekohad ning esitatakse näiteid Eestis pakutavatest pilveteenustest. Eesmärgiks on anda ülevaade EL-i strateegiast ja hinnata selle tulevikku ning anda soovitusi ettevõtetele sobiva teenuse valiku tegemisel. Töö on pigem üldistav ja ei lasku sügavuti spetsiifilistesse teemadesse nagu standardid, lepingutingimused, E-residentsus ning muud sarnased valdkonnad.

Käesolev töö on jaotatud kolmeks peatükiks. Esimene osa annab ülevaate pilvandmetöötlusest üldiselt, selgitatakse, mis on teenusmudelid, juurutusmudelid ning analüüsitakse põhilisi eeliseid ja puuduseid. Järgmises peatükis esitatakse ülevaade Euroopa Liidu pilvandmetöötluse strateegiast, uurides lähemalt mõndasid põhipunkte, uuritakse Eesti strateegiat ning tuuakse välja mõningad Eestis saadaval olevad pilveteenused koos lühikese tutvustusega. Lõpetuseks hinnatakse Euroopa pilvandmetöötluse tulevikku, tuuakse välja peamised kriteeriumid, mille alusel pilveteenuseid valida ning antakse soovitusi ettevõttele teenuse valiku tegemisel.

1. Pilvandmetöötlus

Pilvandmetöötlus ehk pilveraalindus (inglise keeles *cloud computing*) on suuremahulise arvutusvõimsuse kasutamine üle võrgu sellisel kujul, et seda saab kiirelt ja mugavalt kasutusele võtta. Pilvandmetöötluses sõna „pilv” kasutatakse kui metafoori Interneti asemel, kuna erinevad teenused nagu salvestusmaht, rakendused ja andmebaasid edastatakse kliendi arvutitesse või seadmetesse üle Interneti[1].

1.1. Pilvandmetöötluse ajalugu

Mõiste "pilveandmetöötlus" pärineb 1950. aastatest, kus kõrgkoolidesse ja korporatsioonidesse tekkisid suurarvutid, millele oli võimalik ligi pääseda läbi väikeste terminaliarvutite, mida kasutati põhiliselt side pidamiseks, aga millel puudus sisemine protsessimisvõimalus. Et aga suurarvuteid tõhusamalt ära kasutada arendati välja võimalus mitmetel terminalarvutitel samaaegselt kasutada suurarvuti keskprotsessori võimsust. See vähendas suurarvuti tegevusettust ja suurendas investeringu kasumlikkust[2].

Pilvandmetöötluse areng jätkus seitsmekümnendatel, kui IBM tõi turule operatsioonisüsteemi nimega VM(*Virtual machine*) [2]. See võimaldas mitmetel eemal asuvatel arvutitel paikneda samas töötlemiskeskkonnas, ehk igal kasutajal oleks olemas oma virtuaalmasin mälude, protsessori ning muude riistvaraliste komponentidega, aga paljud ressursid oleksid jagatud teiste kasutajatega. Sellist viisi „grupp töötlemine” võimaldas ettevõtetel lisada uusi võrgulahendusi ilma riistvara infrastruktuuri suurendamata. Põhiidee oli jaotada olemasolevaid ressursse selliselt, et võrk ei oleks kunagi üleliia koormatud, mis tagaks klientidele paremad teenuse kasutamise võimalused.

Tähtsaim asi, mis teeb pilvandmetöötluse võimalikuks on kindlasti Internet. Tänapäevane moodne internet, aga arendati välja ARPANET-ist, mis oli maailma esimene pakette edastav arvutivõrk[2]. Seitsmekümnendatel tundus juba täiesti võimalik, et inimesed maailma eri paigus saavad juurdepääsu andmetele ja programmidele, mis asuvad erinevates kohtades. Näiteks 1971. aastal saadeti esimene email ning 1979. aastal demonstreerisid *CompuServe*

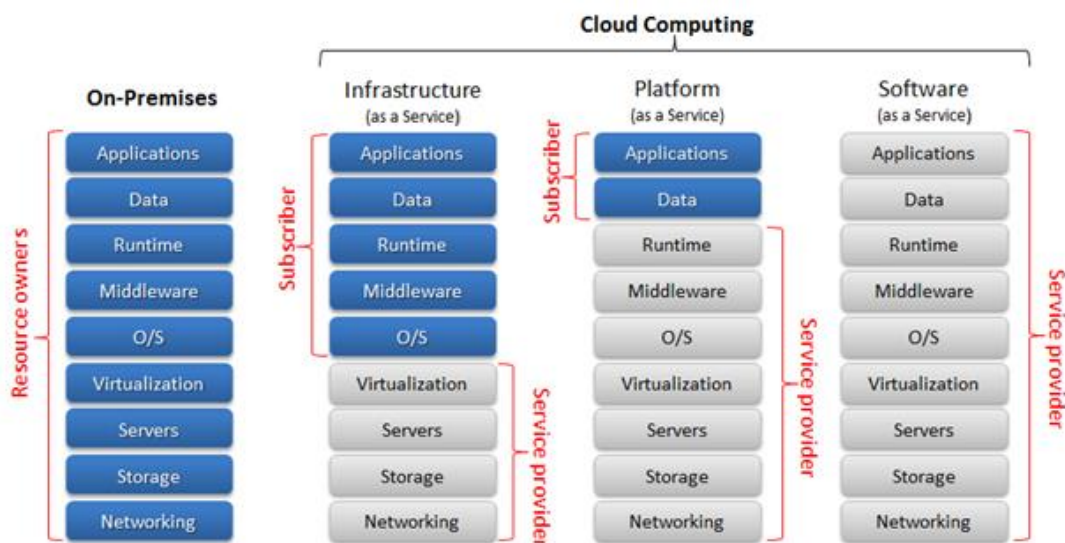
Information Services ja *The Source*, et ka juba laialdasemalt suudetakse Interneti teenuseid pakkuda, kuigi alles 1993. aastal, kui välja tuli esimene veebibrauser *Mosaic*, muutus Internet palju graafilisemaks, millega tavakasutjadki nüüd hakkama said[2].

Põhjus, miks 1979. ja 1993. aastatel nii suur vahe on sellepärast, et sel hetkel ei olnud arvutid veel piisavalt kompaktsed ja odavad, et inimesed neid omale koju suudaksid osta, või ettevõtted kõik oma töötajad arvutite peale üle viia. Kahekaskümnendatel oli suurim buum arvutite ajaloos, IBM tõi turule taskukohase hinnaga arvuteid ja Microsoft tootis massiliselt operatsioonisüsteeme. Üheksakümnendatel oli Internet lõpuks võimalik massidele kasutamiseks, kõik ettevõtted kes oma töötajad arvutitega varustasid said lõpuks nad kõik omavahel ühendada. Ilma kiire ribalaiuseta ja tarvara koostalitusvõimeta poleks selline ühendatud töötlus võimalik olnud[2].

Peale esmase Interneti mulli lõhkemist aastal 2000 hakkasid firmad otsima uusi viise, kuidas raha rohkem ringlusesse lasta Internetiga. Mitmed ettevõtted mõistsid, et nad suudaksid pakkuda klientidele kasutatavaid lahendusi ja ressursse. Salesforce.com oli esimene firma, kes pani alustala sellisele suunale, pakkudes ettevõtte klassi kuuluvaid rakendusi lihtsa veebilehe kaudu. Järgmisena läks selle trendiga kaasa Amazon, kes 2002. aastal avas Amazon Web Service'i, pakkudes andmesalvestusruumi, arvutamislahendusi ja muid rakendusi üle Interneti. 2006. aastal astus Amazon sammukese veel edasi tulles välja Elastic Compute Cloudiga (EC2), mis põhimõtteliselt laseb kasutajatel rentida välja virtuaalmasina, mille peal siis oma soovitud rakendusi kasutada. Aastaks 2009 olid kõik suuremad selle valdkonna mõjutajad nagu Google ja Microsoft ka asjaga liitunud, pakkudes rakendusi nii tavakasutajatele, kui ka ettevõtetele lihtsate ja kergelt kättesaadavate teenustena. Hakati mõistma, et IT teenuste pakkujate ja kasutajate vaheline suhe hakkab muutuma, mis tähendas, et ettevõtted hakkasid vahetama välja enda poolt omatud riistvara ning tarkvara ja asendama seda kasutuskorra põhise teenusmudeliga. Sellest järeldati suurt arengut osades IT valdkondades ja drastilisi kahanemisi teistes. Viimaste aastate jooksul on paljud maailma suurimad juhtivad IT firmad oma pilveteenustega välja tulnud nagu IBM (IBM SmartCloud) ja Oracle (OracleCloud) ning selliste teenuste pakkujate hulk tulevikus kindlasti kasvab[2].

1.2. Pilvandmetöötuse teenusmodelid

Pilvandmetöötuse saab jagada kolmeks teenusmodeliks: tarkvara kui teenus (SaaS), platvorm kui teenus (PaaS) ja infrastruktuur kui teenus (IaaS). Neid teenusmudeleid võib vaadata kui kihte, kus infrastruktuur on kõige madalam kiht ja iga järgnev kiht põhineb eelmisel mudelil. Igas kihis on erinevad osad, mida klient saab hallata või siis nagu SaaS mudeli korral, haldab teenuse pakkuja kõike ise (Joonis 1)[3].



Joonis 1. Teenusmodelite hallatavus[50]

1.2.1 Infrastruktuur teenusena

Infrastruktuuri teenusmudeli puhul rendivad teenusepakkujad arvuteid välja füüsilisel kujul, kuid enamasti virtuaalmasinatena. Virtuaalmasinaid jooksutatakse kui erinevaid arvuteid samal masinal, milleks kasutatakse virtuaalmasina haldureid nagu Oracle VirtualBox, KVM, VMware ESX, Hyper-V jne[3]. Virtuaalmasinaid haldav pilve tugisüsteem võimaldab suurt skaleeruvust jooksutamiseks samaaegselt suurt hulka virtuaalmasinaid vastvalt kliendi vajadustele. Lisaks kuuluvad selle mudeli alla tõmmised mäludest, tule müüridest, koormuse tasakaalustajatest, IP-aadressidest, virtuaalsetest kohtvõrkudest ning tarkvarakomplektidest. IaaS teenuse tarnijad edastavad need ressursid vajadusepõhiselt oma suurtest andmekeskustest. Rakenduste juurutamiseks installeerivad kasutajad operatsioonisüsteemi tõmmised masinatele. Selle mudeli puhul vastutab teenuse tellija ise rakenduste, andmete,

kasutamisaja, vahepealse tarkvara ja operatsioonisüsteemi haldamise eest. Teenusepakkuja esitab tavaliselt arve lähtuvalt eraldatud ressurssidest ja nende tarbimisest sarnaselt näiteks elektriga. Näidetena võib tuua Amazon CloudFormation, Rackspace Cloud, Terremark, Windows Azure Virtual Machines, Windows Live Skydrive ja Google Compute Engine[3].

Tüüpiline IaaS mudel pakub mitmeid erinevaid iseärasusi ja kasulikkust:

- **Skaleeritavus:** Vahendid on saadaval kliendile just siis kui temal neid vaja on, seega vajadusel laienemine ei võta aega, ega ei lähe ka raisku mitte kasutusel olevad ressursid.
- **Ei ole vajadust riistvarasse investeerida:** Riistvara põhi, mis toetab IaaS teenust on rajatud ja hooldatud teenusepakkuja poolt, mis säästab kliendile nii aega kui ka raha.
- **Üldkasutatava teenuse hinnakujundus:** Klient saab kasutada vahendeid just siis kui temal vaja on ja makstakse ainult selle ressursi eest, mida nad kasutavad.
- **Asukoha sõltumatus:** Teenust saab kasutada igal pool, kui on olemas interneti ühendus ja kui pilve turvalisuse protokoll seda lubab.
- **Füüsiline turvalisus andmekeskuste asukohtades:** Teenused, mida kasutatakse läbi avaliku pilve või privaatpilve saavad kasu füüsilisest turvalisusest serveritel, mis asetsevad andmekeskustes.
- **Ühe ainsa rikke ohtlikuse puudumine:** Kui üks server või võrgujagaja peaks katki minema, siis see ei mõjutaks teenusekasutamist üldse, kuna kõik andmed asuvad mitmetes eri serverites. Isegi kui terve andmekeskus peaks rivist välja minema siis töötaks IaaS teenus endiselt edasi[4].

Kuigi IaaS mudel pakub väga kõrget skaleeritavust ja kiiret teenuse varustamist, tekivad mõnedes valdkondades ikkagi probleemid ja piirangud. Näiteks kui õigusnormidele vastavus muudab ümberkaigutamise või allhanke andmete salvestamise ja töötlemise raskeks. Või kui ettevõttel on vaja kõige kõrgema taseme tulemuslikkust, siis võib selle tagamine puuduva kohapealse infrastruktuuri tõttu olla võimatu [5].

1.2.2 Platvorm teenusena

Platvormi teenusmudeli puhul pakub teenusepakkuja platvormi, mis tavaliselt sisaldab juba operatsioonisüsteemi, programmeerimiskeele käitamiskeskonda, andmebaasi ja veebiserverit. Arendajad saavad arendada ja lahendusi pilves testida ilma, et peaksid ostma kallist ning keerukat riist- ja tarkvara[6]. On olemas teenuseid, mis on automaatselt nõudlusele vastavalt skaleeruvad. Nii ei pea kasutaja muretsema vajalike ressursside eraldamise pärast. Näidetena PaaS teenustest võib tuua Amazon Elastic Beanstalk, Cloud Foundry, Heroku, Force.com, EngineYard, Mendix, Google App Engine, Windows Azure Compute ning OrangeScape. Nagu ka enamik pilveteenuse pakkumisi makstakse PaaS teenuste eest tellimuse alusel, seega klient maksab ainult selle eest, mida ta kasutab.

Suurimaks eeliseks PaaS mudeli puhul on, et see võimaldab kõrgtaseme programmeerimist oluliselt vähendatud keerukusega. See tähendab, et isegi tavakasutajad suudavad kergesti hakkama saada, näiteks Wordpressi kasutamisega luua omale veebilehte. Samuti ka üleüldine rakenduse arendamine on tõhusam tänu sisseehitatud infrastruktuurile. Rakenduste hooldamine ja parendamine on lihtsam, kuna kõik on muudetav. Ning suureks eeliseks on ka, kui mitu arendajat töötavad ühe projekti kallal, kuid asetsevad erinevates asukohtades, saavad nad igapäevaselt sama projekti kallal töötada[6].

Peamiste puudustena tuleb ära märkida võimalus lukustada ennast kindlasse platvormi, kuigi enamuse PaaS teenuseid on üldiselt sisselukustus vabad. Samuti ka ei toeta paljud teenused .NET tuge ning paljude IT valdkonnas töötajate jaoks on jäänud arusaamatuks PaaS-i mõte ja väärtus[6].

On olemas mitu erinevat PaaS-i: avalik, privaat ja hübriid. PaaS oli algselt mõeldud rakendusepõhise lahendusena avalikku pilve, seejärel laienes haarates ka privaat- ja hübriidpilve võimalusi. Privaat PaaS-i saab tavaliselt allalaadida ja installeerida, kas siis ettevõtte kohapeal asuvasse infrastruktuuri või siis avalikku pilve. Kui tarkvara on installeeritud ühe või mitme masina peale siis privaat PaaS korrastab rakenduse ja andmebaasi komponendid ühtseks veebimajutus platvormiks. On olemas ka mobile PaaS, mis pakub nutirakenduste disaineritele ja arendajatele arendamis võimalusi. Lisaks on ka veel Open PaaS, mis ei sisalda veebimajutust vaid annab avatud lähtekoodiga tarkvara, mis võimaldab PaaS pakkujal käivitada rakendusi avatud lähtekoodiga keskkonnas. Näiteks AppScale võimaldab kasutajal kasutada mõndasid rakendusi, mis on kirjutatud Google App

Enginei jaoks, oma enda serveri peal, pakkudes andmetele juurdepääsu tavalisest SQL andmebaasist. Mõned avatud platvormid lasevad arendajatel kasutada ükskõik millist programmeerimiskeelt, andmebaasi, operatsioonisüsteemi või serverit, et oma rakendust juurutada[6].

1.2.3 Tarkvara teenusena

Tarkvara teenusmudeli puhul asub tarkvara pilves ning kasutajatel on ligipääs tarkvarale kliendi kaudu veebibrauseris. Kasutajad ei osale ei infrastruktuuri ega ka platvormi haldamises. See võimaldab rakendusi jookсутada ilma neid kasutaja masinasse installeerimata, mis omakorda parandab rakenduste hallatavust ja lihtsustab tugiteenuste osutamist[7]. Pilvel põhinevad rakendused on elastsed, kuna ülesanded jagatakse jooksvalt mitme erineva virtuaalmasina vahel vastavalt nõudlusele, samas kui kasutaja näeb ainult ühte pääsupunkti. Teenindamiseks suurt arvu kasutajaid võib iga masin samaaegselt teenindada rohkem kui ühte kasutajat. Maksustamine toimub selle mudeli puhul sõltuvalt teenuse pakkujast. Rakendus litsenseeritakse, kas teenusena, tellimusena, pay-as-you-go mudelina või isegi tasuta, kui tulu saadakse muudest allikatest nagu näiteks reklaamist. Näidetena võib välja tuua Google Apps, InnkeyPOS, Quickbooks Online, Successfactors Bizx, Limelight Video Platform, Salesforce.com ja Microsoft Office 365.

SaaS teenusmudelil on väga mitmeid häid külgi. Esiteks pole algset ülesseadmis tasu, kui tellimus on esitatud saab klient kohe oma soovitud teenust kasutada. Pole vaja lisaks riistvara juurde osta, kuna protsessimis võimsus on tagatud pilves teenusepakkuja poolt. Maksma peab ainult selle eest, kui palju kasutate, kui rakendust läheb vaja ainult lühikeseks perioodiks siis saab alati tellimuse ära lõpetada. Kasutamine on skaleeritav, näiteks kui kasutajal läheb vaja rohkem andmemahu või lisa teenuseid siis on need vajadusepõhiselt kättesaadavad. Uuendused on automatiseeritud, teenusepakkuja rakendab need automaatselt ilma lisaraha nõudmata. Erinevate seadmetega ühilduvus, kui klient kasutab näiteks nutiseadmeid või erinevaid arvuteid, on ikka teenused kasutatavad. Teenuse kasutamine ei sõltu asukohast, kuna rakendus ei asu ühel kindlal arvutil, saab teenust kasutada ükskõik kus kui on olemas

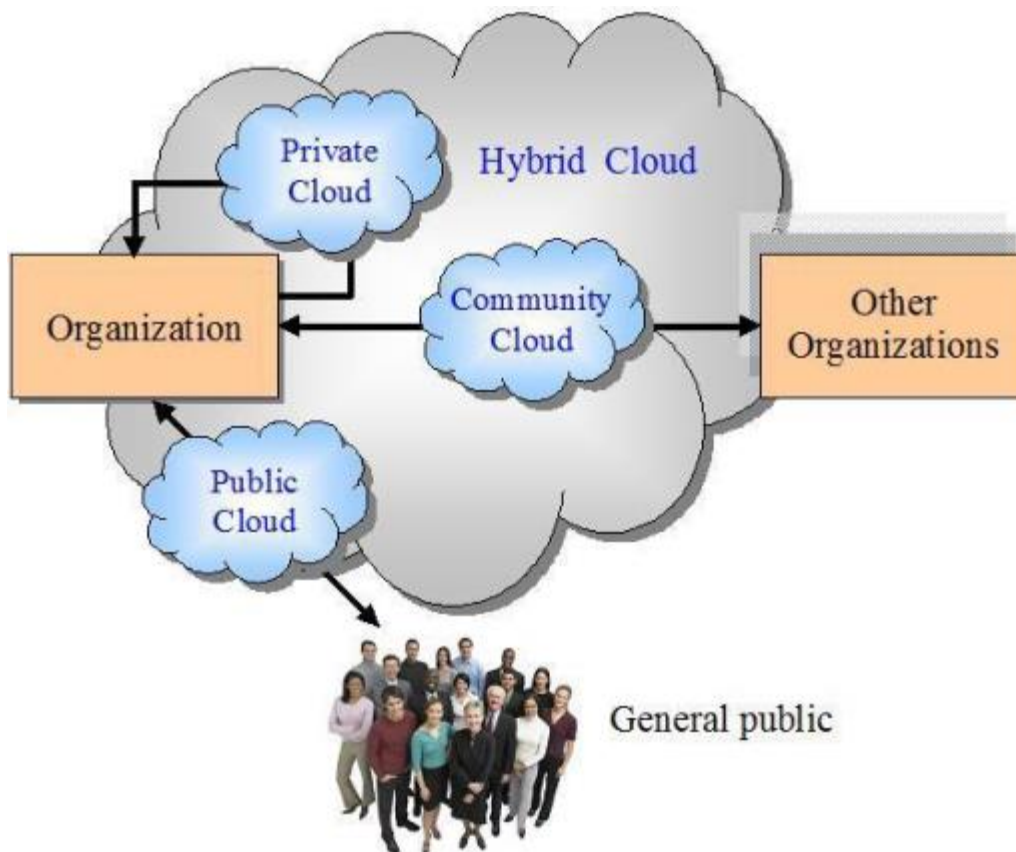
interneti ühendus. Ning paljusid rakendusi on ka võimalik endale sobilikuks kergelt muuta oma vajaduste põhised[7].

Negatiivse poole pealt, kuna SaaS rakendused asuvad pilves, kaugel kasutajatest, võivad tekkida viited teenuse kasutamisel, kui näiteks vajatakse raktsiooniaegu millisekundutes. Mitme üürniku arhidektuurides, mis tagavad madala maksumuse SaaS teenuse pakkujatel, tekivad piirangud rakenduste kohandamisel suurtele klientidele. Kuna andmeid hoitakse müüja serverites siis andmete turvalisus muutub probleemiks. Lisaks veel mõned ettevõtte rakendused vajavad juurdepääsu klientide andmetele ja kui nende andmete hulk on väga suur või on need andmed tundlikud, võivad tekkida kokkupõrked valitsuste määrustikega ning see võib osutada väga riskantseks ja kulukaks, kui neid andmeid on vaja integreerida kaugelt hallatava tarkvaraga[7].

Kontori tarkvara on parim näide SaaS mudeli kasutusest ettevõtete poolt. Tööülesanded, mis on seotud raamatupidamise, arvete, müügi ja planeerimisega, on kõik võimalik teostada SaaS-ga. Ettevõtte võib kasutada ühte rakendust, mis kõik need ülesanded ära täidab või siis eraldi mitut rakendust. Vajaliku tarkvara saab tellida interneti teel ja samamoodi saab seda kasutada läbi interneti ükskõik millises kontori arvutis oma kasutajatunnuse ja parooliga. Kui on vaja midagi muuta siis ettevõtte saab kiirelt välja vahetada tarkvaraga, mis tagaks kõik vajalikud nõudmised.

1.3. Pilvandmetöötluse juurutusmodelid

Pilvandmetöötluse juurutusmodelid iseloomustavad kindlat tüüpi pilve keskkonda, mida eristatakse põhiliselt omandi, suuruse ja juurdepääsu poolest. Hetkel eristatakse nelja põhilist juurutusmodelit: avalik-, privaat-, hübriid- ja kommuunpilv (Joonis 2).



Joonis 2. Pilvandmetötluse juurutusmudelid[51].

Pilve nimetatakse avalikuks siis, kui teenuseid pakutakse üle võrgu, mis on avatud kõigile kasutamiseks. Avaliku pilve teenused on kas tasuta või maksustatakse kasutuspõhiselt. Avalik pilv on kõige tulusam pilvemudel, kuid omab ka seetõttu mitmeid negatiivseid omadusi. Tehniliselt ei pruugi avaliku ja privaatpilve arhitektuuri vahel üldse erinevusi olla, kuid turvakaalutlused võivad olla oluliselt erinevad teenuste puhul kui teenusepakkuja on need teinud saadavaks avalikkusele üle mitte turvalise võrgu. Näidetena võib tuua avaliku pilve kasutamisest SaaS mudeli puhul andmemahu teenuse ja kontoritarkvara kasutamine, IaaS mudeli puhul veebimajutus teenuse ning PaaS mudeli puhul arenduskeskkonnad. Muidugi saab neid rakendada ka privaatpilve puhul. Üldiselt avaliku pilve teenusepakkujad nagu Amazon AWS, Microsoft ja Google, omavad ja haldavad infrastruktuuri enda andmekeskustes ja juurdepääs on tagatud tavaliselt üle interneti. Amazon AWS ja Microsoft pakuvad ka otseühendus teenuseid (AWS Direct Connect ja Azure ExpressRoute). Selliste ühenduste puhul on klientidel tarvis osta või rentida privaatühendus partnerpunkti, mida pakub pilve osutaja[3], [8].

Privaatpilv on üheainsa organisatsiooni tarbeks tegutsev infrastruktuur, mida haldab kas sama organisatsioon või teenusepakkuja[3]. See võib asuda nii tarbija pinnal kui ka mujal. Ettevõtte ise täpsustab ja juhib andmetöötlus ressursi, mis on neile teenusepakkuja poolt standardiseeritud teenustega eraldatud. Levinuimaks põhjuseks, miks ettevõtted privaatpilvi kasutusele võtavad on see, et siis asutus saab ise rakendada endale sobilikud andmete turvalisuse ja kontrolli standardid. Privaatpilve õige rakendamine võib organisatsioonile positiivselt mõjuda, kuid tähelepanuta ei tohi jätta süsteemi turvalisust. Turvalisusküsimuste eiramine võib ettevõtte infosüsteeme oluliselt haavatavamaks muuta. Kuna ressursse ei jagata teiste ettevõtetega siis tuleb organisatsioonil maksta terve pilve mahu eest. Privaatpilvi on kritiseeritud, kuna kasutajad peavad arvutivõrke endistviisi ostma, ehitama ja haldama ning ei võida niimoodi ehitus- ja hoolduskulude arvelt. Seetõttu ei rajane privaatpilved samal majandusmudelil kui avalikud pilved.

Kommuunipilves jagatakse infrastruktuuri mitme organisatsiooni vahel spetsiifilises kommuunis ühiste huvidega (turvalisus, legaalsus, vastavus õigusaktidele). Seetõttu ei oma tähtsust, kas seda juhitakse nende endi poolt või kolmanda isiku poolt ning kas tehakse sisemiselt või väliselt. Kulud jaotuvad vähemate kasutajate vahel kui avalikul pilvel, nii et ainult osa kulude säästmise potentsiaalset pilvandmetöötluse pealt säästetakse[3].

Hübriidpilv on kombinatsioon kahest või enamast pilvest (privaatpilv, kommuunpilv ja avalik pilv), mis jäävad ainulaadseteks üksusteks, kuid seovad need siiski omavahel kokku, pakkudes eri pilvandmetöötluse mudelite kõiki boonuseid. Hübriidpilve kasutuselevõtmine sõltub paljudest teguritest, näiteks andmete turvalisusest, rakendustest mida ettevõtte kasutab ja kui suurt kontrolli on vaja andmete üle. Leidub erinevaid variatsioone hübriidpilvedest. Näiteks võib organisatsioon hoida tundlikke andmeid privaatse pilve rakendusel, aga ühendada see rakendus raamatupidamise rakendusega avalikul pilvel. Veel üks hea näide hübriidpilvest on kui organisatsioonil jääb puudu ressurssidest, mis on tagatud privaatpilve poolt ja laienetakse ajutise lisanõudluse korral avalikku pilve et sealt lisaresursse saada. Seda nimetatakse *cloud burstinguks*[3]. Kasulik on see seetõttu, et ettevõtte maksab lisaresursside eest ainult siis kui neid vaja on.

Üheks mitte nii populaarseks juurutusmudeliks on jagatud pilv (*Distributed cloud*), mille puhul erinevad masinad on eri asukohtades, kuid asudes ühes võrgus, moodustavad ühtse

jagatud ressursiga pilve. Sellise mudeli näitena võib tuua BIONICu, mis võimaldab teadlastel ära kasutada personaalarvutite protsessimisvõimsust üle maailma. 2015a. jaanuari seisuga oli selle võrgu arvutusvõimsuseks 9.871 petaFLOPSi [3].

Veel on olemas ka *Intercloud*, mis kujutab endast üle maailma omavahel ühendatud pilvede pilve. Töötab see mudel selliselt, et iga pilv saaks ära kasutada teiste pilvede ressursse kui peaks tekkima selleks vajadus. Mudeli arendustöö alles käib, kuid suurtes hulkades raha investeeritakse selle valmimisse [3].

Lisaks leidub veel ka mudel *Multicloud*, mis oma olemuselt tähendab mitme erineva pilvandmetöötamise teenuse kasutamist ühes heterogeenses arhitektuuris. Näiteks ettevõtte saab samaaegselt kasutada mitut erinevat teenusepakkuja infrastruktuuri ja tarkvara teenuste jaoks, kuna üks teenusepakkuja ei pruugi igas valdkonnas parimat teenust pakkuda. Sellise mudeliga aga kaasnevad suuremad probleemid, kuna turvalisus ja hallatavus muutuvad palju keerulisemaks [3].

1.4. Pilvandmetöötamise eelised

Pilvandmetöötamisel on väga mitmeid eeliseid nii lõppkasutajale, kui ka ettevõtetele igas suuruses. Järgnevalt kirjutangi lähemalt mõndadest nendest plussidest.

Suurimaks pilvandmetöötamise eeliseks on kulutõhusus, mis saavutatakse eraldiseisvate riistvara ja tarkvara eemaldamisega, sest siis ei ole tarvis enam suurel hulgal raha kulutada serverite infrastruktuuri ehitamisele ja hooldamisele. Kasutades ära pilve võimalusi võivad ettevõtted säästa litsentsitasudest ning samal ajal kõrvaldada ka lisakulusid nagu andmete salvestamisest, tarkvara uuendamisest, majandamisest jne. Tänu mugavatele ja skaleeritavatele maksmis mudelitele nagu *one-time-payment* ja *pay-as-you-go* kahanevad IT kulutused oluliselt võrreldes traditsiooniliste meetoditega [9].

Avaliku pilve kaudu pakutavad teenused on alati kasutajale kättesaadavad sõltumata ajast ja asukohast, mis võimaldab kergelt ligipääsu informatsioonile ja teenustele koguaeg. Ressursside pidev võimalik kättesaadavus on tagatud teenusepakkuja poolt serverite

liiasusega. Juhuks kui ühe serveriga peaks midagi juhtuma siis teiste serverite kaudu on teenus ikkagi kättesaadav ilma seisujata. Sellest liiasusest ja elastsusest tuleneb ka veel üks eelis, ehk varundamine ja taastamine on väga lihtsaks tehtud, kuna andmed on kõik kättesaadavad pilvest. Mõndadel juhtudel kasutataksegi pilve ainult personaalarvutite andmete varundamiseks.

Pilv on ka väga keskkonnasõbralik, kuna see on palju tõhusam kui tüüpiline IT infrastruktuur, säästes sellega energiat. Näiteks kui serverid ei ole kasutuses siis infrastruktuur skaleerub allapoole vabastades ressursse ja kasutades vähem energiat. Samuti säästetakse keskkonda sellega, et iga ettevõtte ei pea endale eraldi infrastruktuuri looma hakkama säästes väärtuslike materjalide pealt. Piirkondades, kus kliima võimaldab looduslikku jahutust ning on olemas taastuvenergia allikad, on keskkonnamõjud väiksemad. Seetõttu üritavad riigid, nagu Soome, Rootsi ja Šveits, meelitada enda juurde suuri andmekeskuseid. Energias saab säästa, rakendades energiateadlikku ressurside jaotust ning servereid koondades.

Skaleeritavus on üks pilve sisseehitatud omadusi, tänu millele saab pilve skaleerida just selliselt, et tagada kliendi nõudmised. Näiteks kui nõudlus suureneb ja kliendil on lisa ressursse vaja on need kohe saadaval vastavalt vajadusele ning kui nõudlus taandub skaleeritakse tagasi endisele kujule. See säästab rahaliselt väga palju, kuna makstakse ainult ressursseide eest, mida kasutati.

Kuna süsteemid kasutavad jagatud arhitektuure suudavad teenusepakkujad tagada suurepärase arvutusjõudluse. Muidugi on see tarnija vastutus, et oma teenused töötaksid tiptasemel masinatele, tagades klientidele võimaluse kasutada põhi riistvara kogu võimsust läbi nende endi seadmete. Kuna teenused on tarnija riistvara peal valimis juba siis puudub ooteaeg, millal klient saab oma soovitud teenust kasutada. Lisaks veel tarkvara integratsioon toimub automaatselt pilves. Klient saab valida endale sobiliku teenuse või rakenduse, mille kohandamine on imelihtne ja kiire.

Pilv suudab mahutada ja talletada palju rohkem andmeid kui personaalarvutid ja võib suuta isegi pakkuda piiramatu andmemahutu. See kõrvaldab mure, et andmemahut võib otsa saada ja klient ei pea muretsema lisa riistvara ostmise pärast, vähendades veelgi kulusid.

Pilvandmetöötlus teenustele on võimalik ligipääseda väga paljude elektrooniliste seadmetega, millel on olemas internetiühendus. Lõppkasutaja saab valida millist seadet ta kasutab ja ka kus kohas ta seda kasutab, kuna mobiilne internet katab suure osa arengumaadest. See teeb pilveteenused väga ahvatlevaks just rahvusvahelistele ettevõtetele, kuna töötajad saavad vajalikele andmetele igal pool maailma ligi[9].

1.5. Pilvandmetöötluse puudused

Pilvandmetöötlus on vahend, mis pakub tohutut kasu oma rakendajatele. Samas igal vahendil on omad puudused ja probleemid. Järgnevalt kirjutan mõnedest neist lähemalt.

Kasvav pilvandmetöötluse kasutuselevõtt on toonud esile suure privaatsuse probleemi, kuna teenusepakkujad saavad tahtmise korral seaduslikult (või ebaseaduslikult) jälgida kogu pilves toimuvat liiklust ja andmeid. Seetõttu muutub andmete privaatsuse tagamine palju keerukamaks. Kuna teenusepakkujal on pilves olevatele andmetele igal suvalisel hetkel ligipääs, võivad nad kogemata või isegi tahtlikult informatsiooni muuta ning isegi kustutada.

Et täita Ameerika Ühendriikide FISMA, HIPAA ja SOX regulatsioonie ning ka Euroopa Liidu andmekaitse direktiive, peavad kasutajad kohanema kommuun- või hübriidmudelitega, mis on tüüpiliselt kallimad ja millel enamasti on rohkem piiranguid [9]. Mitmeid seadusi ja määrusi on peale sunnitud konkreetsetel paljudel ettevõtetele, kes koguvad, loovad või säilitavad andmeid. Need poliitikad võivad dikteerida mitmekesisist andmesalvestuspoliitikat, näiteks kui kaua teavet tuleb säilitada, protsess, mida kasutatakse andmete kustutamiseks ja isegi teatud andmete taastamise kavasad. Allpool on toodud mõned näited vastavatele õigusaktidele.

- Ameerika Ühendriikides, ravikindlustuse teisaldatavuse ja Vastutuskohustuse Akt (HIPAA) nõuab situatsiooniplaani, mis sisaldab andmeid varukoopiate ja andmete taastamise kohta ning andmetele juurdepääsu hädaolukorras.
- Privaatsust nõudvad Šveitsi õigusaktid näevad ette, et eraandmeid, sealhulgas e-kirju tuleb füüsiliselt salvestada Šveitsis.

- Ühendkuningriigis, Kodanike Üldsuse Akt (Civil Contingencies of 2004) annab selged direktiivid andmetega talitlemise plaanile, mis hõlmab poliitikat andmete salvestamiseks [9].

Virtualiseeritud pilvandmetöötlus keskkondades ei pruugi kliendid kunagi täpselt teada, kus nende andmed on salvestatud. Andmeid võidakse hoida mitmete andmekeskuste vahel, et tagada usaldusväärsus, suurendada tulemuslikkust ja tagada liiasust. Selline geograafiline hajutatus võib raskendada õigusruumi kindlakstegemist kui peaksid tekkima vaidlused. Seadusandluse poole pealt tekib ka küsimus, et kes on andmete „omanik“. Kui teenusepakkuja on andmete omanik siis sellele omanikule kehtivad ühed seaduslikud õigused, aga kui teenusepakkuja on andmete nõ. valvur siis kehtivad aga teistsugused õigused. Samuti ka andmete valdaja pankrotistumise korral ei teata, mis andmetest tegelikult saavad.

Üheks probleemiks võib osutuda ka teenusepakkuja sisselukustus. See võib tähendada, et kui klient soovib ühe tarnija juurest, kes kasutab ühte kindlat platvormi, minna teise tarnija peale üle, kes kasutab aga teist platvormi, võivad tekkida suured raskused ja asi võib osutuda kulukaks. Töövahendite lukustus toimub sarnaselt, kui vahendid on loodud kindla pilve keskkonna peal töötama siis saab neid kasutada ainult selle teenusepakkuja pilve keskkonnas.

Enamus pilveteenuste pakkujad omavad rakendusliideseid, mis on üldiselt unikaalsed ja mitte koostalitusvõimelised. Seetõttu puudub kindel standard, mis tagaks rakendusliideste teisaldatavus ja koostalitusvõime. 2012 aastal oli peamiseks standardiks *OpenStack*, mida toetavad mitmed suured IT firmad nagu AMD, Intel, Cisco, Dell jne.

Pilvandmetöötlus teenuste turvalisus on kindlasti üks põhilisi probleeme ja paljud inimesed võibolla kardavad sellepärast, et nende andmed on kellegi teise kätes hoiul ja vastutusel. Privaatpilve füüsiline kontroll on oluliselt turvalisem, kuna seadmeid ei asu kuskil eemal kellegi teise kontrolli all. Füüsiline kontroll ja võimalus visuaalselt ühendusi kontrollida on vajalikud tagamaks süsteemi ohutust. Pilveteenuste kasutuselevõttu on takistanud suures osas nii avaliku kui ka erasektori raskendatud kontroll süsteemi turvalisuse üle. Turvalisusprobleeme saab kategoriseerida järgnevalt: ligipääs tundlikele andmetele, andmete eraldatus, privaatsus, programmeerimisvigade ärakasutamine, andmete taastatavus, andmete

veakindlus, sissetungid, kasutuskontode haldus, mitme kliendi teenindamisega seotud probleemid. Lahendused hõlmavad krüptograafiat erinevate teenusepakkujate kasutamist, rakendusliideste standardiseerimist, virtualiseerimise tugiteenuste laiendamist ning seadusandluse parandamist. Kuna turva auke leidub veel palju teenusepakkujatel siis soodustab see kurjategijate tegevust. Kolmandaks suurimaks riskiks peetaksegi ettevõtte siseseid inimesi kellel on juurdepääs tundlikutele andmetele ja kes kavatsevad seda enda kasuks ära kasutada [9].

2. Pilvandmetöötlus Euroopa Liidus

Pilvandmetöötlusel on potentsiaal tuua olulisi eeliseid Euroopa kodanikele, ettevõtetele ja avaliku sektori asutustele kulude kokkuhoidmise arvelt, tõhususe suurenemisest, kasutajasõbralikkuse poolest, parema kiiruse ja suurenenud innovatsiooniga. Kuid juurdepääsu pilveteenustele Euroopas takistavad mitmed määramatud ja väljakutsed, mis erinevad kasutuspuhkude poolest. Sõltuvalt, mis tüüpi andmeid, teenuse liigist ja vajaduste täitmisest, võivad pilve kasutuselevõtmist takistada õiguslikud, tehnilised, tegevuslikud või majanduslikud takistused [10].

2.1. Euroopa pilvandmetöötlus strateegia

2012 aasta septembris võttis Euroopa Komisjon vastu strateegia „Pilvandmetöötluse potentsiaali vallandamine Euroopas”. Strateegia kirjeldab meetmeid, mis tagaksid 2.5 miljonit uut töökohta Euroopas ja iga aastase 160 miljardise sisemajanduse kogutoodangu kasvu (umbes 1%) aastaks 2020 [11]. Eesmärgiks on kiirendada suurendada pilvandmetöötluse kasutuselevõttu kõigis majandussektorites. See strateegia on tingitud analüüsist üldisest poliitikast, regulatsioonist, tehnoloogia võimalikkusest ja laialdastest konsulteerimistest huvirühmadega, et kindlaks teha, kuidas maksimaalselt ära kasutada pilve potentsiaali. Strateegia hõlmab kolme peamist tegevust: Euroopa ühtne pilvandmetöötluse standard, kindlad ja õiglased lepingutingimused ja Euroopa pilvandmetöötluse partnerlus.

2.1.1 Euroopa ühtne pilvandmetöötluse standard

Varasemalt oli igal teenusepakkujal stiimul võidelda domineerimise pärast, oma kliente sisse lukustades, mis pärssis kogu tööstust hõlmavaid standardiseeritud lähenemisviise. Vaatamata mitmete standardiseerimis üritustele pole need laialdast kasutuselevõttu saavutanud. Seetõttu võivad pilved areneda sellisel viisil, et neil puudub omavahel koostalitlusvõime, pööratavus ja andmete teisaldatavus, mis on kõik tähtsad sisselukustumise vältimiseks.

Ühtsete standardite loomiseks teeb Euroopa Komisjon koostööd ENISA (*European Union Agency for Network and Information Security*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) ja teiste asjakohaste asutustega, et saavutada soovitud tulemused. 2013 aasta lõpus esitas ETSI pilve standardite kooskõlastamise aruande, milles leiti, et pilve standardite maastik on laialdane, kuid mitte kaootiline. Järeldati, et pilve standardid peavad olema piisavalt paindlikud tagamaks teenusepakkujate erinevate müügipunktide majutatuse [13]. Põhilisteks probleemideks on koostalitusvõime, turvalisus ja privaatus, teenustaseme lepingud ning reguleerimi-, õiguslikud- ja juhtimisaspektid.

Koostalitusvõime standardite parandamiseks käib arendustöö edukalt ja märkimisväärset edu on saavutatud juba arvutus ja salvestus rakendusliidestega, IaaS andmemudelitega ja kõrgtaseme pilve sõnastikega. Siiski on üheks peamiseks väljakutseks pilves koostalitusvõime standardid. Maksimaalseks vastuvõtlikuseks, paindlikuseks ja automatiseerituseks on tähtis, et omavolilised tingimused oleksid ühiselt määratud. Kuid pilve tehnoloogiate kiire arengu tõttu selliseid detaile ei saa kiiresti ühildada traditsiooniliste standarditega. Seetõttu peavad olema koostalitusvõime standardid ametlikud ja piisavalt täielikud, et pilvandmetöötlus tööprotsesse oleks võimalik automatiseerida, aga samas piisavalt paindlikud, et uusi kontseptsioone põhitehnoloogias või kindlas domeenis (nt. Avaliku pilve hanked) saaks kiirelt kasutusele võtta ja majutada. IaaS mudeli puhul juhtimis protokollid ja liidesed on üsna arenenud, kuid PaaS ja SaaS mudelite puhul on vaja veel tööd teha. On olemas mitmeid patenditud ja avatud lähtekoodiga lahendusi, kuid ka neid on vähe ning ükski neist ei ole standardiks. Ka see on murekohaks, kuna teenusepakkujasse sisselukustus on tõsiseks probleemiks pilvandmetöötlus teenuste puhul.

Turvalisuse ja privaatsuse koha pealt on praegu juba olemas mitmeid häid ja laialdaselt kasutusel olevaid standardeid (nt. pilve kontrolli raamistikud, turvalisuse arhitektuurid ja teenusepakkujate pidev jälgimine) ning uute ja veel paremate väljatöötamine on käigus, mis lahendavad osad probleemid pilvedel. Üks probleem, mis esineb turvalisuse tehniliste nõuete koha pealt on see, et turvalisus on dünaamiline teema. Näteks kui krüpteerimis algoritm töötab kenasti ühel ajahetkel, siis teisel hetkel aga osutub ta katkiseks või leitakse, et see omab ära kasutatavaid vigu. Samal ajal arendatakse välja uusi ja turvalisemaid lahendusi süsteemidele, seega mõned turvalisus standardid kindlates valdkondades vananevad aja

jooksul ning tuleb asendada uutega. Üleüldiselt turvalisuse ja privaatsuse vallas standardid on täitsa olemas, need tuleb lihtsalt laialdaselt kasutusele võtta ning arendustöö oleks vajalik valdkondades nagu juhtumite käsitluses, pilve kohtuekspertiisis ja tarneahela vastutuse juhtimises.

Teenustaseme lepingute valdkonna kohta kehtib üsna vähe standardeid, mis on seotud pilveteenustega. Peamiseks standardiseerimis nõueteks selles valdkonnas on kokkulepitud kogum terminoloogiast ja definitsioonidest teenustasemetest ning sellega seotud meetrika. See annaks klientidele kindla ülevaate teenustasemetest, mis kehtivad kindlate pilveteenuste kohta ja kuidas neid mõõdetakse. Tarnijatele selline standardiseerimine teeks lihtsamaks teenustasemetest lepingute koostamise, mis kirjeldavad nende teenuseid ning võimaldaks eristada pilveteenuseid, mis pakuvad erinevaid teenustasemeid. Ka selles valdkonnas arendustöö toimub, kuid sellega tuleks kiirelt lõpule saada ja kohandada avaliku pilve teenusepakujate poolt.

Pilvandmetöötluse õiguskeskkond on väga keeruline ja üks põhi katsumusi selle kohandamisel. Lahendused peavad mugavdama riiklike, multiriiklike (nt. EU) ja rahvusvahelisi õiguslikke nõudeid. Arvestades pilve globaalsust ja potentsiaali ületada riiklike piire tekib vajadus rahvusvaheliseks raamustikuks ja juhtimiseks, mille aluseks on globaalsed standardid [12].

2.1.2 Kindlad ja õiglasel lepingutingimused

Euroopa pilvandmetöötlus strateegia üheks eesmärgiks on välja töötada lepingutingimused, mis reguleeriksid probleeme, mis ei ole kaetud Euroopa ühise müügiõiguse seadusega nagu: andmete säilitamine pärast lepingu lõpetamist, andmete avalikustamine ja terviklikkus, andmete asukoht ja ülekandmine, andmete omandlikkus, otsene jakaudne vastutus ning teenuse muutus teenusepakujate poolt ja alltöövõtmine. Nende murekohtade lahendamiseks loodetakse elavdada pilvandmetöötluse kasutuselevõttu tõstes usaldust tulevastele klientidele, kuna kehtivad Euroopa Liidu õigusaktid kaitsevad pilveteenuste kasutajaid, pole tarbijad sageli teadlikud oma asjakohastest õigustest eriti kohaldatavatest seadustest ja kohtupiirkondadest tsiviil- ja kaubandusajades.

2013 aasta lõpuks oli plaanis arendada koos huvirühmadega välja kindlad tingimused teenustaseme lepingutele teenusepakkujate ja professionaalsete pilve kasutajate vahel, võttes arvesse arenevat Euroopa Liidu õigustikku selles valdkonnas. Soodustada Euroopa osalemist pilvandmetöötluse globaalses kasvus, vaadates üle tüüptingimused, mis oleksid kohaldatavad isikuandmete ülekandmisega kolmandatesse riikidesse rakendades neid vastavalt vajadusele sealsete pilveteenustega. Kutsuda üles rahvusvahelisi andmekaitseasutusi kinnitamaks siduvaid ettevõtluseeskirju pilveteenuste pakkujatele. Tööstusega kokku leppida tegevusjuhendis teenusepakkujatele, et toetada ühtset andmekaitse reeglistiku kasutuselevõttu [12]. 2013 aasta juunis Euroopa Komisjon kutsus kokku ekspert grupi, kes tegeleksid kindlate ja õiglaste lepingutingimuste väljatöötamisega tarbijatele ja väikeettevõtetele. Grupi aruannetes on välja toodud põhi murekohad ja ka lahendusi nendele.

Asjakohased meetmed lepingutingimustes võivad aidata ka olulist valdkonda andmekaitstes. Isikuandmete turvalisese regulatsioon garanteeriks kõrgtaseme turvalisust üksikisikule, tagades järjepideva kaitse, kui andmeid paigutatakse väljaspoole Euroopa Liitu või Euroopa Keskkonaagentuuri. Tagatakse see peamiselt standardiseeritud lepingutingimustega, mis reguleerivad rahvusvahelist andmeedastust ja vajalike tingimuste loomisega pilvesõbralike siduvate ettevõtluseeskirjade kasutuselevõtuks.

Viimaste aastate jooksul on Euroopa Komisjoni poolt mitmeid tingimusi ja meetmeid kasutusele võetud, mis on parandanud pilveteenuste usaldatavust inimeste seas ja loonud hüppelaua järgmisteks aastateks, millal prognoositakse massilist kasvu pilveteenuste kasutuselevõtus [12].

2.1.3 Euroopa pilvandmetöötluspartnerlus

Euroopa pilvandmetöötluspartnerluses osalevad kõrged ametnikud, kes vastutavad Euroopa avalik-õiguslikes asutustes riigihangete eest, ning telekommunikatsiooni ja IT-valdkonna tähtsad ettevõtted. Partnerluse eesotsas on juhtorgan, mille eestvedajaks on meie president

Toomas Hendrik Ilves, mis koondab avalik-õiguslikke hankeasutusi ja tööstusharu konsortsiume, et võtta ühiselt kommertskasutusele eelnevate hangetega seotud meetmeid. Nii saavad nad välja selgitada avaliku sektori nõuded pilvandmetöötlustele, koostada IT-teenuste hankimise spetsifikaadid ning hankida teostusnäidised [14]. Seega aitab partnerlus saavutada seda, et avalik-õiguslikud asutused hangiksid pilveteenuseid ühtemoodi või suisa koos, järgides ühiseid kasutajanõudeid. Partnerluse eesmärk ei ole luua füüsilist pilvandmetöötlustaristut. Pigem püütakse partnerlusega tagada, et Euroopas nii avalikus kui ka erasektoris pakutavad kaubanduslikud pilveteenused vastaksid Euroopa vajadustele. Selle eesmärgi saavutamisele aitavad kaasa hankenõuded, mille kasutamist Euroopa Liidus edendavad partnerluses osalevad liikmesriigid ja avaliku sektori asutused.

Euroopa pilvandmetöötluspartnerluse teadustegevust toetati esialgselt 10 miljoni euroga Euroopa Liidu teadusuuringute programmi alusel, mille põhjal loodi *Cloud for Europe* projekt, samuti investeeritakse ka Horizon 2020 programmi 22 miljoni euroga, millega toetatakse avaliku sektori pilvandmetöötlus teenuste innovatsiooni [14]. *Cloud for Europe* projekt algas 2013 aasta juunis ja kestab kuni 2016 aasta novembrini ning selle eesmärgiks on Euroopa pilvandmetöötlus strateegia edukas rakendamine avalikus sektoris, tuvastades takistusi ja otsides uusi lahendusi pilvtöötluste kasutuselevõtuks, suurendades samas usaldust pilvtöötluste vastu Euroopas. Kommertskasutusele eelneva hanke läbiviimisega toetab Cloud for Europe uuendusi avalikus sektoris. Hange aitab arendada avalikule sektorile kohandatud uuenduslikke pilveteenuseid, ent aitab samas avalikul sektoril mõista pilveteenustest saadavat potentsiaalset kasu. Hange on jaotatud kolmeks osaks (teenuseks) ning pakkumusi võib esitada ühe või mitme teenuse arendamiseks. Hangitakse uuenduslikke lahendusi kolmes valdkonnas: ühendatud sertifitseeritud pilveteenuste vahendamine, turvaline seadusandlusi järgiv majutus ning seadusandluste täideviimine. Iga teenuse osas sõlmitakse edukate pakkujatega teadus- ja arendustöö tegemiseks eraldi raamleping. Töö viiakse ellu konkurentsi tingimustes kolmes eraldiseisvas järgus 18 kuu jooksul. Töö algab lahenduste kavandamisega (faas 1), jätkub prototüüpide arendamisega (faas 2) ja lõpeb piiratud arvu testtoodete või teenuste arendamisega (faas 3). Iga hanke osa puhul sõlmitakse raamleping mitme pakkujaga. Iga faasi järel hinnatakse tulemusi ning pakkumused võistlevad üksteisega järgmisesse faasi pääsemise nimel [15].

2014 aastal avaldas Euroopa pilvandmetöötluspartnerluse juhtorgan oma visioondokumendi *Trusted Cloud Europe*, mida võib kirjeldada kui raamistikku, mis toetab pilvandmetöötluse parimaid tavasid, ühendades neid erinevate kasutusjuhtudega, pidades silmas nende rakendamist praktikas. *Trusted Cloud Europe* eesmärk on toetada ühtse digitaalset turu loomist pilvandmetöötluse jaoks Euroopas, mis põhineb parimatel tavadel ja üldisel arusaamisel nendest tavadest[17]. Dokumendis on välja toodud kaks põhi punkti saavutamaks soovitud eesmärke. Esiteks tuleb luua paindlik ühine raamistik parimatest tavadest seaduslikul, tehnilisel ja operatiivsel tasemel. Selline ühine raamistik, mis koosneb õigus- ja rakenduskavade suunistest ja tehnilistest standarditest, võib olla vabatahtlikult pilveteenuste pakkujate poolt vastu võetav, tõendamaks, et nende pakutavad teenused on vastavuses selle ühtse raamistikuga ning võimaldaks klientidel kergemini kindlaks teha, kas pilveteenus vastab nõuetele nende kindla kasutaju puhul. Teiseks on vaja saavutada süstemaatiline konsensus läbi avalike arutelude, töötubade, kooskõlastusrühmade jne, mis oleks suunatud kõikidele sidusrühmadele, sealhulgas kodanikele, avalikule haldusele, pilve tööstusele ja pilve kasutajatele. See tooks kaasa ühise arusaama sellistes küsimustes nagu: risk, turvalisuse nõuded, privaatsus, jõustumis meetodid, hanke tavad ning seadusandliku reformi vajadusest. Kõik need faktorid võivad erineda iga kasutaju puhul. Praeguste ning tulevaste pilveteenuste kasutajatel ja pakkujatel paluti selle visiooni kohta arvamust avaldada küsitluse kaudu. Küsitluse tulemustena saadi palju toetust põhilistes punktides: julgustada informatsiooni turvalisust, mis on tasakaalus tarbija ja pakkuja vajadustega (93% nõustus), toetada andmete turvalisus ja privaatsus raamistiku kasutuselevõttu pilvandmetöötluses ning ühtlustada see üle Euroopa (82% nõustus), tagada selgemad reeglid lahendamaks lepingulisi või teenustaseme lepingute vaidlusi (79% nõustus), kehtestada *Trusted Cloud Europe* brändi tunnustamine kasutajate usalduse suurendamiseks (76% nõustus), toetada standardeid ja sertifitseerimist ilma innovatsiooni pärssimata (73% nõustus), julgustada liikmesriike saavutamaks suuremat selgust ja järjepidevust oma riigihangete protsessides (68% nõustus), võimaldada võrdset andmete suveräänsust nii sees kui väljaspool Euroopat (67% nõustus) ning parandada õiguslikku raamistikku, näiteks tervise informatsiooni vahetus haiglate või arstide vahel oleks palju tõhusam ja turvalisem läbi pilve (48% nõustus)[18].

2.2. Eesti pilvandmetöötlus strateegia ja e-residentsus

Aastal 2013 otsustas Eesti valitsus toetada Euroopa Liidu Komisjoni teatises, „Pilvandmetöötluse võimaluste kasutamine Euroopas”, välja toodud strateegiat ja meetmete kasutusele võtmist, pidades oluliseks andmekaitset ja intellektuaalomandit puudutavat õiguslikku analüüsi, andmekaitse standardite järgimist ja ühtsete standardite loomist. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt esitati ka mõned seisukohad, milliste punktidega Eesti nõustub ning milliseid meetmeid kavatakse rakendada. Esiteks, kuna pilvandmetöötlus on hetkel IT infrastruktuuri arengus üks olulisemaid arengusuundi, aga tegemist on veel suhteliselt varases arengufaasis turuga, mistõttu valitseb palju määramatust ning ettevõtete poolt pilveteenuse tarbijatele ette kirjutatud tasakaalust väljas lepinguid. Korrastamine standardite ning lepinguõiguse seisukohast on hädavajalik, et pilvandmetöötlusest saaks lahendus ühtse digitaalse turu loomiseks. Siin on oluline roll valitsustel, kes suudaksid mitte üksnes luua vastavad raamistikud, vaid nende tehnoloogiate rakendamise läbi riigisektoris mõjutaksid ka uute innovaatiliste teenuste ja teenusmodelite teket. Veel toetab Eesti teatises toodud seisukohta paralleelselt pilvandmetöötluse võimaluste laiendamise analüüsida täiendavalt EL-i õigustikku.

Lisaks on vajalik analüüsida asjakohast intellektuaalomandi ja andmekaitse raamistikku, et tagada õigusaktide õigeaegne väljatöötamine ja kehtestamine. Õigusraamistik peab kohalduma nii era- kui ka avalikule sektorile, kuid sealjuures arvestama avaliku sektori jaoks vajaliku paindlikkusega, mis on oluline juba olemasolevate lahenduste käiguhoidmiseks. Vajalikuks peetakse ka, et loodavad pilvandmetöötluse normid ja standardid järgiksid piisavaid andmekaitse standardeid, tagaksid kõrge andmete turvalisuse ning oleksid proportsionaalsed halduskoormuse mõttes. Standardiseemise koha pealt pooldatakse ka enesertifitseerimise printsiipi, mille kohaselt ei loodaks suuri sertifitseerimisorganisatsioone, mis tooks kaasa täiendavat halduskoormust. Küll on aga vajalik meetodika, millega oleks võimalik teenusepakujatel veenvalt teenusekasutajale kinnitada, et nad ka tegelikkuses vastavad enda poolt deklareeritud tasemetele. Vastava meetodika täpne kehtestamine saab olema vastava ala ametite (Eestis RIA) ülesanne.

Eesti huvides on standardite väljatöötamisel osalemisel järgida võimalikult suures ulatuses Eestis juba loodud e-riigi infrastruktuuri kogu protsessi vältel, et vältida olukorda, kus meie

olemasolevad süsteemid ning EL-is loodavad infrastruktuuri paradigmad ei kattu, mistõttu võib sel juhul Eestil ees seista kulukas protsess oma süsteemide ühildamiseks. Oluliseks peeti ka pilvandmetöötluse rakendustes volitamise ja õiguste andmise korraldamist ning andmete, dokumentide autentsuse ja terviklikkuse tõendamisel digitaalse templi ja ajatempli tehnoloogiate laialdast kasutamist. Eestil on pikaajaline praktika riigi andmevoogude digitaalsel tembeldamisel, kuna X-tee infrastruktuuri turvalisus suurel määral baseerub nendel tehnoloogiatel. Samuti on Eestis asutatud ettevõtte Guardtime ajatembeldustehnoloogiate juhtiv arendaja maailmas, mis lisab Eestile selles vallas autoriteeti. See kogemus annab Eestile unikaalse positsiooni ka ECP pilootprojektides, kus olulisel kohal asuvad samuti infovahetuskihid (X-tee) ning eID (ID-kaart) [19] [20].

Ainulaadse ja uudse asjana maailmas on Eestis väljatöötatud e-residentsus. E-residentsus on virtuaalne residentsus, riigi alalise elaniku staatusele lähedane staatus, mille võivad omandada isikud, kes riigis ei resideeri. Sellega kaasneb riiklikult väljastatud turvaline digitaalne identiteet, mis annab välismaalastele võimaluse kasutada e-teenuseid, mis tavapäraselt on olnud avatud vaid kohalikele elanikele, näiteks võimalus anda digitaalseid allkirju. E-residentsuse loomisega rajas Eesti riik juriidilise ja tehnilise platvormi, mille põhjal saavad erasektori teenusepakkujad arendada edasisi teenuseid. Esialgu on e-residentsuse edasise arenguga seoses kõneldud peamiselt võimalusest luua Eestisse registreeritud ettevõtteid. Seda võimalust peetakse välismaalastele huvipakkuvaks, kuna Eestis on ettevõtte tulumaks 0%, ettevõtte registreerimine enamiku maailma riikidega võrreldes lihtne ja kiire ning digitaalne asjaajamine kerge ja igapäevane. Samuti on e-residentidel juba praegu võimalik kasutada Eesti internetipanku, krüpteerida dokumente, esitada aruandeid äriregistrisse ja maksuametisse, täita Eesti tuludeklaratsiooni ning kasutada Eesti digiretsepti. 2015. aasta 20. märtsi seisuga oli Eestil kokku 1037 e-residenti, nendest kõige rohkem Soome kodanikke ning loodetakse ühe eesmärgina jõuda 10 miljoni e-residendini aastaks 2025. Hinnanguliselt on e-residentsuse sihtrühmadeks ligi 50 000 inimest, kes vajavad Eestis asjaajamiseks isikuttõendavat dokumenti, ning 130 000 Eestist välja rännanud kodanikku ja nende järeltulijat, kes on Eesti kodakondsusest loobunud või pole seda saanud. Peamisteks sihtrühmadeks on loetletud välisinvestorid, välismaalastest ettevõtte juhtorgani liikmed, ettevõtete osanikud, Eesti ettevõtete väliskliendid ja partnerid ning välismaalastest spetsialistid [21].

2.3. Pilvandmetöötluse teenused Eestis

Pilvandmetöötluse kiire kasvava populaarsusega on tekkinud paljusid uusi ettevõtteid, kes keskenduvad mitmete erinevate võimaluste pakkumisega, ning ka teenuseid, mille vahel valida. Klientidel on väga laialdane valik teenusepakkujate vahel ning otsuse tegemine võib osutuda üsna keeruliseks, kuna enamikel juhtudel ei leidu sellist teenusepakkujat, kes suudaks kõikide klientide vajadused kõige kõrgemalt tasemel täita. Lisaks tekib ka küsimus, kas eelistada kodumaist või siis valida välismaine teenusepakkuja, kelle teenused vastavad võibolla täpsemalt vajalikele kriteeriumitele. Pilveteenused saab jagada mitmetesse erinevatesse kategooriatesse nagu salvestusmaht-, andmebaas-, infrastruktuur-, tarkvara-, platvorm-, turvalisus-, haldamine- ja testimine kui teenus. Järgnevalt uuringi, milliseid teenuseid igas kategoorias on Eestis võimalik kasutada ja võrrelda erinevaid teenusepakkujaid.

2.3.1 Salvestusmaht ja andmebaas kui teenus

Salvestusmaht kui teenus on võrguavarustes asuv kettaruum, mida saab kasutada andmete salvestamiseks. Füüsilist keskkonda haldab teenusepakkuja, kes peab tagama andmete kättesaadavuse, turvalisuse ja süsteemi töötavuse. See on pilvandmetöötluse kõige algelisemaks komponendiks, mis sisaldub enamikes teistes teenustes. Populaarseimateks salvestusmahu teenusepakkujateks on Dropbox, Google Drive, Microsoft OneDrive, Box, Apple iCloud, Spideroak ja Amazon Cloud Drive ning Eesti teenusepakkujate poolest võib välja tuua ZoneCloudi(Zone.ee). Järgnevalt võrdlengi neid erinevaid teenuseid.

Kõik need teenusepakkujad annavad tasuta konto loomiselt 2-15GB andmemahtu ja lisa tasude eest kuni 1 terabaidini keskmise hinnaga 9€ kuus. Turvalisuse poole pealt kasutavad kõik ka sarnaseid lahendusi, Google Drive ja Apple 128-bitist AES krüpteeringut, kuid Box, OneDrive ja Dropbox kasutavad 256-bitist AES. Privaatsuse poole pealt jätavad OneDrive ja Apple endale õiguse kõikide klientide andmeid läbi vaadata, et avastada vastumeelset sisu nagu autoriõigustega kaitstud materjale, samal ajal Google Drive väidab, et nemad ei uuri

kliektide andmeid, ainult õiguskaitse organite nõudmisel. Enamus neist teenusepakkujatest toetavad põhilisi platvorme nagu Windows, Mac, Android, iOS, kuid Apple iCloud töötab ainult iOS jooksutavate seadmetega ning Dropbox pakub ühena ainsatest toetust Linuxile ja Blackberryle. Dropbox, Google Drive, Box ja OneDrivei saab ühildada ka väga mitmete rakendustega, mis suurendavad märgatavalt nende funktsionaalsust ja mitmekülgust. Amazon Cloud Drive on kasulik ainult piltide hoiustamiseks, millega ta saab väga hästi hakkama, muuks väga mitte, kuna puudub lisa rakenduste toetus, isegi teksti faile ei ole võimalik mobiilirakenduses näha ega avada. Apple iCloud tundub mõistlik ainult iPadi ja iPhonei kasutajatele, kuna kui varundamis funktsioon sisse lülitada siis tasuta andmemahht täitub väga kiiresti. Spideroak pakub väga suurt turvalisust ja privaatsust, kui peaks vajalik olema hoida tundlike andmeid. OneDrive ja Google Drive on suurepärased, kui on vaja tõsta tootlikust tänu nende seotud veebipõhiste kontoritarvarega. OneDrive on sügavalt integreeritud Officeiga ja Google Drivei koostöö funktsioon on eriti hästi üles ehitatud võimaldades inimestel kergesti samadele failidele ligipääsu ja töötlemist. Box on samuti üsna hea ja usaldatav, keskendutakse rohkem ettevõtetele teenuse pakkumisega, kuid parimad omadused on saadaval ainult tasulistele klientidele. Kodumaine ZoneCloud suurte gigantidega väga konkureerida ei suuda, kuna tasuline andmemahht on märgatavalt kallim ja ei võimalda nii suurt funktsionaalsust. Samas kui tahetakse kindlalt enda andmeid Eesti pinnal hoida siis on see hea valik. [22]-[29].

Pilve andmebaasidel on kaks kasutuselevõtu mudelit, kliendid võivad andmebaasi jooksutada eraldiseisvalt, kasutades virtuaalmasinat, või ostavad nad juurdepääsu andmebaasi teenusele, mida haldab teenusepakkuja. Keskendun rohkem viimasele variandile. Pilves pakutavtest andmebaasidest osad on SQL põhised ja osad kasutavad NoSQL andme mudelit. SQL kasutavatest teenustest uurin Amazon Relational Database Service, Google Cloud SQL ja Microsoft Azure SQL Database. NoSQL mudelit kasutavatest uurin Amazon SimpleDB, Salesforce database.com ja MongoLab. Kodumaiseid teenusepakkujaid ma ei leidnud, kes otseselt andmebaasi teenusena osutaks, kuid kõik eelnevad välismaiste firmade teenused on saadaval ka Eestis.

Amazon Relational Database Servicei (Amazon RDS) üheks heaks omaduseks on Multi AZ kasutuselevõtt, mis tagab sünkroonse valmisoleva koopia põhi andmebaasist, mis asub teises

andmekeskuses, tagades väga kõrge tööaja ja eemaldab andmekao võimalikkuse. Lisaks on skaleeritavad salvestusmaht ja sisend väljund operatsioonide kiirused vastavalt vajadusele ja ka lihtne on üles seada *read only* koopiaid, et katta suurt töökoormust. Varundamine, rikete avastamine, tarkvara uuendamine ja taastamine on automatiseeritud Amazoni poolt ning tasuta on võimalik ka tunnipõhise ressursside kasutamise eest. Samas on Amazonil iga nädalane hoolduste periood, millal andmebaas ei ole saadaval, mis kestab kuni paar tundi ning klientidel puudub ülevaade ja kogu kontroll andmebaasist. Google Cloud SQL pakub väga kõrget turvalisust, kõik salvestatud andmed on krüpeeritud ning samuti ka võrgus liikuvad andmed. Lisaks on võimalik välised ühendused turvata SSL-ga(turvasoklite kiht). Sarnaselt Amazonile tehakse andmetest koopiaid ja hoiustatakse erinevates füüsilistes asukohtades ning kõik on hallatud Google poolt. Võimalik on ka integreerida Google App Engineiga ja muude Google teenustega, mis võimaldab kergemat andmete liikumist ja lihtustab tööd üle mitmete toodete, saades suuremat väärtust sellest. Nagu teistegi teenusepakkujate puhul on ka Microsoft Azure SQL kergesti skaleeritav, elastne, kliendil puudub suur haldamise vajadus ning turvaline tänu koopiatele. Ühe plussina võib välja tuua olemasoleva kohapealse andmebaasi lihtne ületoomine pilve, kuna seda võimaldavad rakendused on välja töötatud. Võrreldes Amazon RDS-ga on Azure ka odavam, kuna ressursi kasutust saab arvestada lausa minutite kaupa, Amazonil tunni kaupa. Nagu ka teiste andmebaasi teenuste puhul on ka Amazon SimpleDB, Database.com ja MongoLab enamjaolt hallatud teenusepakkuja poolt, lihtsasti kasutatavad, peaaegu 100% tööaeg garanteeritud ning skaleeruvad paremini kui SQL mudeli põhised. SimpleDB-l on korralik päringute süntaks, mis põhineb SQL-l lihtsustades tööd, samas tekivad andmete otsimisel viited, iga domeeni jaoks on 10GB piirang ning on ka üsna kallis võrreldes teiste alternatiividega. Salesforce Databaseil on häid sisseehitatud funktsioone töökorralduse, jagamise ja turvalisuse osas, kuid omab patenteeritud päringute keelt, piiratud SQL päringud ning samuti võivad tekkida viite probleemid. MongoLab saab isegi tasuta kasutada, kui andmehulk on väga väike, piiramatult andmebaasi suurusega on hind võrreldes teiste NoSQL teenustega ka väiksem. Lisaks on MongoLab hea ka veel kiiruse, paindlikuse ja töökoormuse jaotamise poolest, kuid samal ajal kasutab ära rohkem mälu ning puudub *Join* funktsionaalsus tabelite liitumiseks nagu tavalistes relatsioonilistes andmebaasides[30]-[35].

2.3.2 Infrastruktuur kui teenus

Infrastruktuuri teenusepakkujaid on meeletult palju ja klientidel on väga laialdane valikuvõimalus. Välismaistest firmadest, kes pakuvad eestis IaaS teenusi võib välja tuua AWS Cloud Formation (Amazon Web Services), Rackspace Cloud, Google Compute Engine ja IBM PureFlex Systems. Kodumaistest Levira Cloud, Max 123(Dell), Elion, Zone ja Termnet.

Uurides neid erinevaid teenusepakkujaid saab välja tuua mitmeid põhilisi erinevusi. Ühe erinevusena on näiteks hinnastamine, kõik maksustavad enamasti protsessori, mälu ja kettapinna ressursside kasutamise eest, kuid Amazon, Rackspace, Google ja Elion maksustavad ka võrguliiklust. Üldiselt määratakse ressursi kasutus tunni kaupa, Google määrab isegi minuti kaupa ja osad varustajad pakuvad ka kindla kuu tasuga pakette nagu Zone ja Elion, kuid enamjaolt lepatakse kliendiga sobilikud tingimused kokku. Näitena küsib Google keskmise jõudlusega serveri ressursside kasutamise eest tunni jooksul 0.26\$ ja võrguliikluse eest 0.12\$/GB Rackspace aga vastavalt 0.25\$/h ja 0.12\$/GB. Amazon, Google ja Rackspace pakuvad ka erilisemaid serveri ülesehitusi, üldkasutuslikke, suurema mälumahuga võrreldes virtuaalsete tuumadega, kõrgete virtuaalsete tuumade arvuga ja sisend väljund operatsioonidele optimeeritud. Kodumaiste teenusepakkujate jõudlusnumbrid jäävad gigantite omadele veel natuke alla. Kui Rackspace pakub näiteks 1-32 tuuma, 1-240GB RAM, 1.2TB SSD kettamahtu ja võrguliiklust kuni isegi 10000 Mbit/s siis Eesti omadel jäävad piirid 32 tuuma, 160GB RAM ja 100 Mbit/s juurde. Virutaliseerimis tehnoloogiaid kasutatakse ka erinevaid, Levira kasutab OpenVZ linuxi jaoks ja KVM Windowsi jaoks nagu ka Google Compute Engine, Termnet kasutab VMwarei ning Amazon ja Rackspace kasutavad linuxi jaoks Xen lahendust. Enamus nendest teenusepakkujatest toetavad laia valikut operatsioonisüsteeme Linux, Windows, Solaris ja nende alajaotusi nagu Suse, Debian jne, kuid Zone sellega ei hiilga pakkudes toetust ainult Linuxile. Turvalisuse koha pealt paistab silma Google Compute Engine, mis vastab mitmetele standardiseeritud turva sertifikaatidele nagu ISO 27001, SSAE-16, SOC 1,2 ja 3. Lisaks kasutavad näiteks Rackspace ja Max 123 RAID10 kettajaotus loogikat, mis tagab veel lisa turvalisust andmetele, selle koha pealt jääb jälle Zone nõrgaks kasutades RAID 1 loogikat. Enamikel neist tarnijatest on ka riistvara ja andmesideühendus mitmekordselt dubleeritud ning

toimub pidev varundamine ja seire. Samuti lubavad kõik ka väga kõrget teenuse kättesaadavust SLA kuni 99,98% [36]-[44].

2.3.3 Tarkvara kui teenus

Kuna tarkvara teenusena on kõige kulu säästlikum ja populaarsem pilvandmetöötuse liik siis leidub selles valdkonnas palju firmasid, kes pakuvad meeletult palju erinevaid tarkvara lahendusi. SaaS on muutunud üldiseks kasutusmudeliks paljudes ärirakendustes nagu kontori ja sõnumite tarkvara, palgatöötletes, CAD tarkvara, raamatupidamises, koostöös, kliendihalduses, müügis, turunduses ja dokumendihalduses. Samas ei sobi see mudel näiteks, tootmises, innovatsioonis ja seadusega reguleeritud valdkondades. Järgnevalt toon välja mõned kodumaised ja välismaised ettevõtted ning nende teenused, mis on Eestis saadaval. IBM suurfirmamana pakub lausa üle 100 erineva rakenduse väga mitmetes erinevates valdkondades. NetGroupi poolt on saadaval Ortella ja GoPro dokumendihaldus tarkvara, Digitaalarhiiv, Synerall kliendihaldus ja arveldussüsteem ja E-poe keskkonnad. Lisaks on kodumaistest ettevõtetest veel Directo, kes pakub majandustarkvara, Zone ning Cloudware pakub laias valikus teenuseid. Üldjoontes on Eesti teenusepakkujad pigem, suurte välismaiste firmade teenuste edasimüüjad. Välismaa firmadest peetakse parimateks kontoritarkvara pakkujateks, Google apps for Business, Microsoft Office 365, ja Zoho office. Klienditoe lahendustest Desk.com, Freshdesk, Jitbit ja Zendesk. Projektihaldusest Clarizen, GroupCamp, Planzone ja Zoho Projects. Turva lahendustest McAfee, Barracuda ja TrendMicro. GoToMeeting on hea koosolekute ja koostöö rakendus. Salesforce on tuntud kliendisuhete juhtimise tarkvara poolest. Constant Contact on juhtiv turundus ja automaatika lahenduste pakkuja. Ärijuhtimis tarkvaraga hiilgab Netsuite ning inimkapitali juhtimis teenuseid pakub Workday [45].

2.3.4 Platvorm kui teenus

Platvormi teenusepakkujatest uurin Google App Engine, Heroku, Windows Azure Cloud Services, Amazon AWS ja Engine Yardi. Amazon Web Services kuulub enamasti IaaS

mudeli alla, kuid paljusid selle teenuseid saab võrrelda PaaS-iga. AWS toetab Java, Python, Ruby, Perl ja teisi programmeerimis keeli ning arendajad saavad kasutada Amazon Elastic Beanstalki automaatseks koormuse tasakaalustamiseks, skaleeritavuseks ja rakenduse terviklikkuse seireks. AWS teenused võivad vajada aga rohkem haldamist, kui teiste PaaS pakkujate puhul. Kuna Windows Azure on IaaS ja PaaS ühes siis arendajad saavad sobitada komponente nende vahel saades suuremat võimekust. Programmeerimiskeeltest toetatakse .NET, Java, PHP, Python, Node.js ja Ruby ning arendajad saavad kasutada ka Visual Studiot rakenduste loomiseks ja juurutamiseks. Hinnad ulatuvad 0.02\$/h kuni 0.64\$/h võimsamate masinate puhul ning pakutakse ka spetsiifilisi suure mälu hulgaga masinaid. Heroku oli üks esimesi firmasid, kes hakkas PaaS teenuseid pakkuma ning ta pakub kiiret juurutamise ja sobib paljude hajutatud rakendustega. Hinnad sõltuvad masinate võimsusest, Postgres andmebaasi suurusest ja lisarakendustest, mis võivad osutada üsna kalliteks, kuid üldjoontes jääb maksumus 0.05-0.1\$/h. Google App Engine on mõeldud laiali jagatud veebirakendustele ja arendajatele, kes kasutavad Javat, Pythoni, PHP või Go-d, mis on ka üheks piiranguks. Nende Java keskkond toetab ka teisi keeli, mis kasutavad ära Java Runtime keskkonda ja nelja põhi programmeerimiskeele jaoks on olemas tarkvara arendus tööriistad. Hind sõltub samuti kasutusest alates 0.05\$/h ning lisaks maksustatakse ribalaiust 0.12\$/GB ja andmesalvestust 0.18\$/GB. EngineYard on mõeldud arendajatele, kes kasutavad Ruby, PHP ja Node.js programmeerimiskeeli, mis teeb valiku üsna väikseks. Nende teenus töötab Amazoni pilves ja pakub teenuseid lisaks Amazon AWS-le ning selle kasulikkus tuleneb rohkem korralduse ja hallatavuse poole pealt kui tarkvara komponentide pealt. Hinna poolest on kõrgema jõudlusega masinad üsna kallid võrreldes teistega 0.05-2.19\$/h. Lisaks on eraldi ka veel mobiilirakenduste arendajatele keskendunud teenusepakkujad nagu Stackmob, Appcelerator ja Kinvy[46].

2.3.5 Turvalisus, haldamine ja testimine kui teenus

Turvalisuse teenusteks võivad olla näiteks autentimise, viirusetõrje, nuhkvara vastased ja sissetungimise avastamise lahendused. Teenusepakkujatest võib välja tuua Cisco, McAfee, Panda Software, Trendmicro, OpenID, VeriSign, Termnet ja Atea. OpenID pakub autentimis teenust erinevate veebilehtede vahel ühe ja sama kasutajaga, et ei oleks vajadust uusi parooli iga lehe jaoks tekitada. Kodumaised Termnet ja Atea pakuvad rämpsposti ning viirusetõrjet

e-postile. Termneti teenuste hulka kuulub ka X-tee turvaserver, mis on kasulik ettevõtetele, kellel on vaja vahetada andmeid riigi infosüsteemiga.

Haldusteenused tegelevad valdkondadega nagu topoloogia, koormuse juhtimine, turvalisuse jälgimine, ressursside jaotus, virtualiseerimine ja kaughaldus. Teenusepakkujatest võib välja tuua RightScale, HP ja OpenNebula. Max123 pakub näiteks Eestis kaugvarundus teenust ning kaughaldus teenuseid pakuvad väga paljud ettevõtted.

Testimine kui teenus võimaldab testida lokaalseid- ja võrgurakendusi ning näiteks ettevõtte IT süsteeme. Testitakse erinevaid aspekte nagu koormust, funktsionaalsust, jõudlust, kokkusobivust, viiteaega ja veebibrauseri jõudlust. Teenusepakkujateks on näiteks HP, RadView, KeynoteSystems ja parimaks peetav SOASTA[47].

3. Hinnangu andmine pilvandmetöölusele Euroopas

Arvestades Euroopa Liidu senist panust pilvandmetööluse arenduseks ja laialdasemaks kasutuselevõtuks võib julgelt öelda, et liigutakse õiges suunas. Kui senised ja tulevased programmid nagu *Cloud for Europe*, *Trusted Cloud Europe* ja *Horizon 2020* oma eesmärgid ära täidavad on oodatav kasu tervele Euroopale väga suur. Loodetavad miljonid uued töökohad, sisemajanduse kohutoodangu iga aastane kasv, kõikide majandussektorite arengu soodustamine ja pilveteenuste turvlisuse tagamine on ainult mõned eeldatavad positiivsed tulemused.

3.1. Pilvandmetööluse tulevik Euroopas

Viimaste aastate kiire areng näitab, et pilvandmetööluse tulevik on väga paljutootav, kuid üsna raske on ennustada kui suurel mahul pilve tööstus tegelikult kasvab ja mis tagajärgi see endaga toob. Viimase paari aastaga on SaaS mudeli kasutamine rohkem kui kaheksakordistunud ja ennustatakse 20% igaaastast kasvu. Tarbijad hakkavad mõistma avaliku-, privaat- ja hübriid pilvede erinevusi ning seetõttu suudavad teha õige valiku just enda vajaduste põhised. Väga suur osa ettevõtetest on juba, või plaanivad oma firmat juhtima hakata pilve kaudu. Arvatakse, et 2017. aastaks kasutavad kuni 50% ettevõtetest hübriidpilve, kuna see annab kombinatsiooni erinevatest pilve tugevustest, võimaldades ära kasutada kohapealsete lahenduste võimsust, kuid samas pilve ärimudel muudab juhtimise palju lihtsamaks. Lisaks 85% uuest tarkvarast arendatakse just pilve ja teenuspõhist kasutamist silmaspidades. Sellest tulenevalt arvatavasti tõuseb toodete, teenuste ja innovatsiooni kvaliteet, kuna ettevõtted konkureerivad üksteisega, üritades luua teistest paremaid tooteid, et saavutada laialdast edu, mitte nagu hetkel, kus enamiku turuosast valitsevad suured korporatsioonid nagu Google, Microsoft ja Amazon. Hetkel veel suur osa võimalikest klientidest kahtlevad pilveteenuste kasutuselevõtu osas, kuna turvalisus on üheks suurimaks murekohaks ja olemasoleva infrastruktuuri üleviimine võib osutuda liiga kulukaks mõnede [48].

Euroopa Liidu kõigi aegade suurimas Horizon 2020 teadusuuringute ja innovatsiooni programmis, mis kestab 2014-2020, on välja toodud osad punktid pilvandmetööluse kohta,

mille kallal kavatakse tööd teha ning milliseid tulemusi nendest oodatakse. Esimese punkti all on eesmärgiks arendada infrastruktuure, meetodeid ja vahendeid kõrge jõudlusega, kohandatavate pilverakenduste ning teenuste loomiseks, mis ületaksid praeguseid võimalusi. See tugevdaks Euroopa tööstuse väikeste ja keskmise suurusega ettevõtete konkurentsi positsiooni telekomi, mobiilse infrastruktuuri, tarkvara rakenduste ja teenuste valdkondades. Täpsemalt tahetakse välja töötada kõrge jõudlusega heterogeenseid pilve infrastruktuure. Riikide vahelist pilve võrgustikku, et suurendada koostalitusvõimet teenuste ja infrastruktuuri pakkujate vahel, hõlbustamaks teenuste, rakenduste ja andmete ülekandmist. Pilve ressursside dünaamilist konfiguratsiooni, automatiseeritud sätestamist ja korraldamist ning turvalisuse arendamist. Oodatavad tulemused oleksid märgatavalt kvaliteetsem kogemus kasutajatele, suurenenud innovatsiooni võimalused teenusepakkujatele ning demonstreerida pilvepõhiseid riikide vahelisi, heterogeenseid ja mitmekihilisi (IaaS, PaaS, SaaS) pilvekeskkondi. Teise punktina tahetakse tõsta avaliku sektori tootlikust ja innovatsiooni pilveteenuste kaudu. Selle jaoks tehakse kommertskasutusele eelnevaid hankeid avaliku sektori pilveteenuste jaoks, kus tuleks jälgida *Cloud for Europe* projekti raames tehtud töid juba. Lisaks tehakse ka riigihankeid uuenduslike pilve lahenduste jaoks, kus ettepanekud keskenduksid riigiasutuste teenuste parendamiseks, et need toimiks paremini, tõhusamalt, teeniks oma kogukonda, nende kodanikke ja ettevõtteid. Sellega loodetakse suurendada pilveteenuste kasutuselevõttu avalikus sektoris, parandada teenuste kvaliteeti avaliku sektori ja kodanike vahel, garanteerides suuremat turvalisust ning parandada tasuvust nendel IT süsteemidel [49].

3.2. Pilveteenuse valiku alused

Ettevõtete arvu suurenemisega, kes pakuvad üha laialdasema valikuga pilveteenuseid, võib osutada keeruliseks kliendil parima valiku tegemine. Järgnevalt toongi välja punktid, mille üle tuleks mõelda enne teenuse ja tarnija valimist.

Tingimused on klientide puhul natuke erinevad, kuid üldjoontes tuleb samu asju kaaluda, kas siis teenust valib lõppkasutaja, suur,- väike ettevõtte või avalik haldus. Klient peab loomulikult teadma eelnevalt, millised on tema pilvtöötuse vajadused ja seejärel hakkama

otsima teenusepakkujat või mitut, kes need vajadused kataks hetkel ning ka tulevikus, kui ettevõtte peaks kasvama. Raske võib olla leida ainult ühte tarnijat, kes pakuks kõiki vajaminevaid teenuseid, seega võidakse otsustada kasutada mitut teenusepakkujat, kuid see võib omakorda tekitada rohkem probleeme, kui neid lahendab. Suureneks keerukus, erinevad tehnoloogiad, rakendusliidesed jne. Teenustepakkujate vahel võib puududa koostalitusvõime ning juhtimine muutub raskemaks, samas kahandab see sõltuvust ühest tarnijast, suurendades võimekust ja hübriidsust.

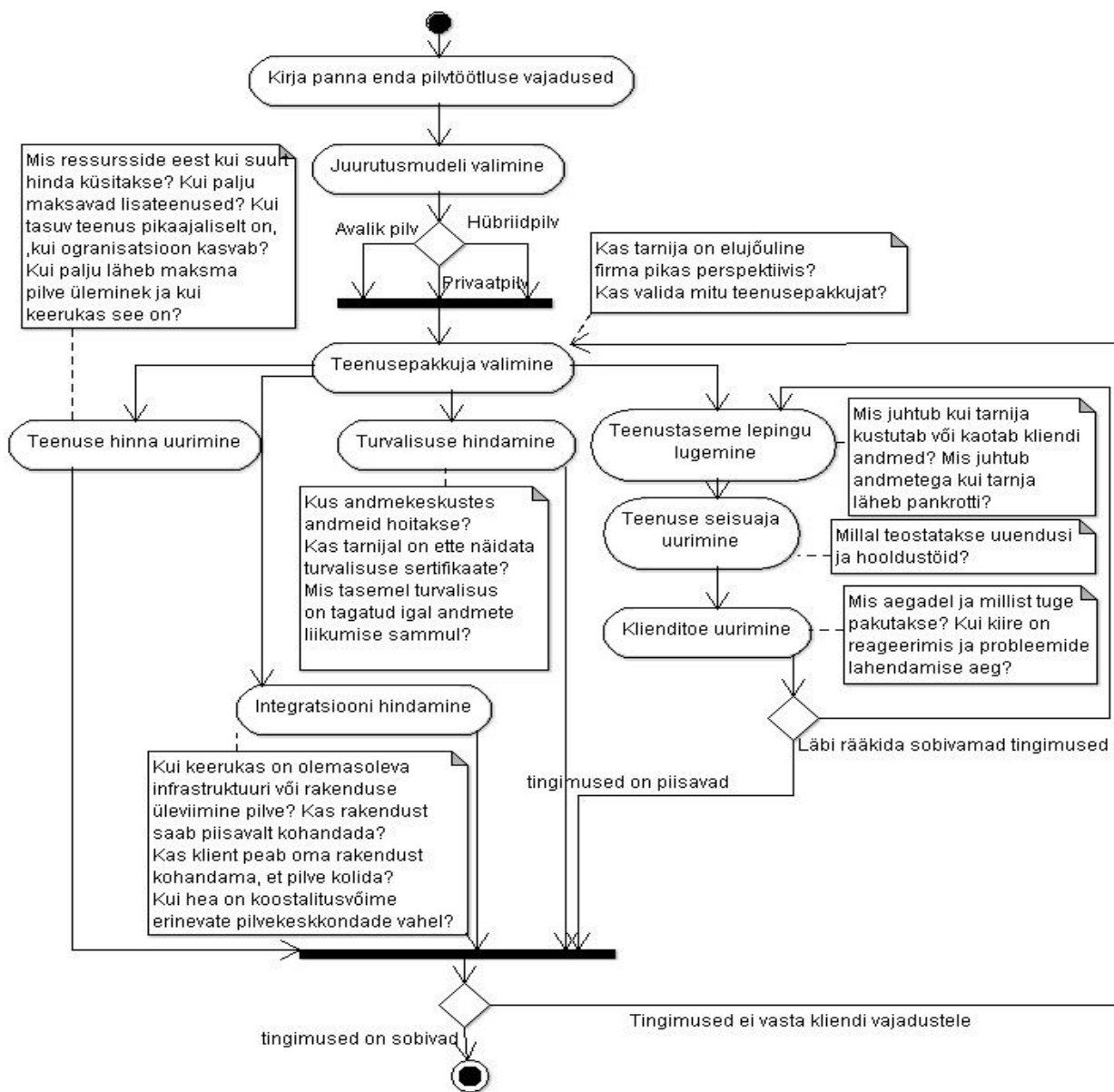
Teiseks tuleb üle vaadata kindlasti hinnastruktuur, kuidas ja mille eest makstakse, kuna teenused on enamasti kasutuspõhised ning kui suurt tasu küsitakse teenuste lisamise eest vajadusel. Teades mis juurutusmudeli peal teenus töötab on ka kasulik, kuna erinevad pilved pakuvad erinevaid võimalusi. Avalikust pilvest on võimalik kõige suuremat kasu lõigata, samas privaatpilv pakub kõrget turvalisust ning hübriid pilv mõlema häid omadusi.

Kõige rohkem tuleks uurida teenuste turvalisuse kohta, kui kavatsetakse hoida tundlike andmeid pilves. Teenusepakkujatel peaks olema mitmeid standardiseeritud turvameetmeid ja neid ka pidevalt uuendama. Nende alla kuuluksid näiteks tulemüürid, viirusetõrjed, kasutajate autentimis lahendused, andmete krüpteerimine ning rutiinsed turbeauditid. Kasulik oleks teada ka kellel on juurdepääs andmetele, kas teenusepakkuja teeb tööliste taustakontrole ning teenuse vastavust valitsuse õigusaktidele. Turvalisusest oleks kasulik teada ka, kus andmekeskustes andmeid hoitakse ja mis meetmetega seal füüsiline turvalisus tagatud on, kas siis looduslike katastroofide või varaste eest. Nende aspektide turvalisuse määrab ära standardiseeritud SSAE16 sertifikaat, ehk kui teenusepakkuja kinnitab, et nende andmekeskused vastavad sellele sertifikaadile siis on üsna kõrgel tasemel turvalisus tagatud.

Kindlasti tuleks kokku leppida sobilikud tingimused teenustaseme lepingus(SLA), kus oleks välja toodud näiteks, mis juhtub siis, kui tarnija kustutab või kaotab kliendi andmed ära. Lisaks tuleks uurida klienditoe saadavust, mis võiks olla kättesaadav koguaeg sõltumatta kellaajast või pühadest ning keskmisi reageerimis ja probleemide lahendamis aegu. Ühe punktina tuleks uurida ka veel teenusepakkuja paindlikust, kas teenused on piisavalt skaleeritavad vastavalt vajadusele ning milliseid lisateenuseid pakutakse ja mis hinna eest. Ning viimaseks, paljud teenusepakkujad märgivad ära oma teenuste senised seisakuajad,

millal teenus pole olnud kasutatav. Seda on oluline jälgida, kuna seisakud võivad osutada väga kulukateks.

Järgneval joonis (Joonis 3.) kirjeldab, kuidas valida sobiv tarnija ja pilveteenus ning, mida tuleks arvesse võtta.



Joonis 3. Kuidas teha otsus pilveteenuse valikul.

3.3. Soovitused ettevõttele pilveteenuse valiku tegemisel

Ettevõtte väljakutseks on leida selline teenusepakkuja, kelle teenuste portfell sisaldaks kõiki vajalike parimaid lahendusi enda vajadustest sõltuvalt ning lisaks pakuks ka jätkusuutlikku arengut tulevikus. Esmalt peaks ettevõtte otsustama, millist juurutusmudelit kasutada. Paljudele väikeettevõtetele piisab täiesti avaliku pilve teenuste kasutamisest, vähendades sellega hulgaliselt kulutusi. Suurematele ettevõtetele oleks ilmselt sobilik kasutada privaat või hübriid pilve, et oma eksisteeriv infrastruktuur pilve üle viia. Näiteks saaks ettevõtte jooksutada rakendust avalikus pilves, kui samal ajal sellega seotud andmebaas töötab kohapeal olevas turvalises privaatpilves. Selleks tuleks otsida tarnijat, kes pakuks kõrget koostalitust võimekust erinevate pilve mudelite ja rakenduste vahel.

Turvanõuete rikkumiste tõusuga on oluline valida teenusepakkuja, kellel on täpselt määratud turvaprotokollid. Kui ettevõtte tegeleb privaatsete ja tundlike andmetega siis on tähtis leida tarnija, kelle teenused vastaksid hetke turvanormidele selles valdkonnas, kuna selliste andmetega käitlemine võib olla seadustega või tööstuse poolt reguleeritud. Näiteks kui ollakse terviseteenuste osutaja, kes käitleb patsientide andmetega on kindlasti vajalik, et teenusepakkuja oleks HIPAA sertifitseeritud või sellega ühilduv.

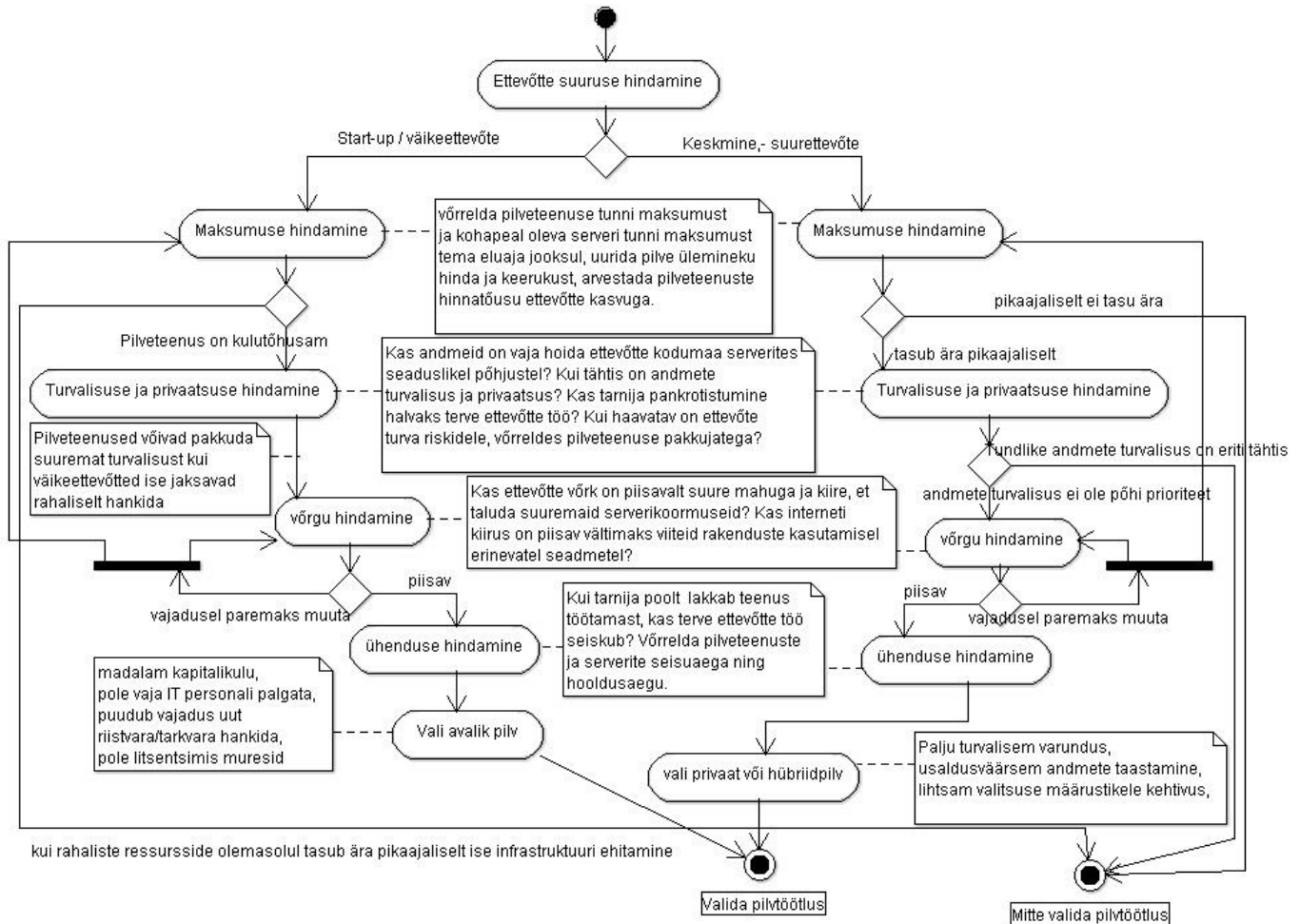
Lisaks oleks soovituslik valida teenus, mis pakub isiklike krüpteeritud võtmeid, see tagaks selle, et teenusepakkuja ei saa kliendi andmetele ligi ning väga vajalik oleks andmete krüpeerimine nende liigutamisel pilve ja ka salvestamisel serverisse. Et asi lihtsam oleks võib klient küsida teenusepakkujalt, kas nad vastavad SSAE16 standardile, mis näitab ära kas, tarnija on läbinud sügava auditi kliendi andmete ohutust ja turvalisest haldamisest või siis, kas nad vastavad ISO27001 sertifikaadile, mis on rahvusvaheline infoturbe juhtimis süsteemi standard.

Väga tähtis on klientidel teenustaseme lepingud(SLA) põhjalikult läbi lugeda ja võimalusel läbi rääkida tingimustes. Kindlasti tuleks üle vaadata lubatud aeg, millal teenus on saadaval, võimalikult 100% lähedale. Uurida, millal toimuvad hooldustööd ja kas see mõjutab teenuse kasutamist ning kõige tähtsamalt seaduslikud tingimused, mis puudutavad andmeomandit ja olukordi, kui andmetega peaks midagi juhtuma.

Klienditoe osutamine on samuti tähtsaks, kuna nagu arvutite ja internetiga ikka tekib vahel vigasid. Soovitav oleks selgeks teha ka, millist tuge pakutakse(email, telefoni teel, kohale

tulekuga) ja mis aegadel on see saadav ning võime juhtida ja jälgida teenuse kasutushulka läbi online liidese eemaldaks arveldus üllatusi, kuna teenuste hind sõltub just kasutuspõhiselt.

Järgnev joonis (Joonis 4.) kirjeldab ettevõtetele, kas valida pilvtöötlus või mitte ning, mida tuleks arvestada.



Joonis 4. Kas valida või mitte valida pilvtöötlus.

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida ja anda ülevaade Euroopa Liidu pilvandmetöötlus strateegiast, hinnata selle tulevikku ning anda soovitusi ettevõtetele sobiva teenuse valiku tegemisel. Kuna tarnijaid ja teenuseid on palju erinevaid siis oli tarvilik välja tuua ka põhipunktid, mida tuleks arvestada pilveteenuse valimisel.

Töös tutvustati pilvandmetöötlust, selle erinevaid rakendus võimalusi ning eeliseid ja puuduseid. Lisaks Euroopa Liidu strateegia ülevaatele ja oluliste põhipunktide analüüsile ning Eesti strateegia ühilduvuse võrdlemine Euroopa omaga, toodi näitena ka mõningaid Eestis saadaval olevaid pilveteenuseid ja teenusepakkujaid koos lühikese tutvustusega.

Töö tulemusena jõuti järeldusele, et pilvandmetöötlus ei ole tuleviku tehnoloogia, vaid selle võimalusi tuleks, ja kasutataksegi praegu juba väga edukalt ära, tuues kaasa märgatavat kulude vähenemist ja majanduskasvu kõigis majandussektorites. Euroopa Liidu strateegia ühtse standardiseeritud turu loomiseks võtab veel aega, kuid märgatavaid arenguid on juba saavutatud. Standardite arendamine ja kehtestamine toimub aeglaselt, kuid järjepidevalt. Võrdsete ja õiglaste lepingutingimuste välja töötamine on tõstnud teenusepakkujate usaldatavust, soodustades pilvandmetöötluse kasutuselevõttu ning ka Euroopa pilvandmetöötluspartnerluse projektid saavutavad planeeritud tulemusi. Lisaks järeldati, et Eesti pilvestrateegia ühildub enamjaolt Euroopa omaga ning toetatakse selle meetmete kasutusele võtmist, kuid standardite väljatöötamisel osalemisel tahetakse, et jälgitaks võimalikult suurel osal Eesti e-riigi infrastruktuuri, tagamaks ühilduvuse Euroopa süsteemidega. Samuti leiti, et kuna turul on niivõrd palju tarnijaid ja pilveteenuseid, siis valiku tegemine võib olla omajagu keerukas. Seetõttu toodi välja põhipunktid ja soovitused, mida tuleks jälgida. Nendeks valdkondadeks olid turvalisus, hinnastamine, teenustaseme lepingud, mitme teenuspakkuja kasutamine, privaatsus ning klienditugi.

Summary

The aim of this study was to examine and provide an overview of the European Union's cloud computing strategy, to evaluate its future and make recommendations for businesses to better making the choice of a suitable service. Since there are many different suppliers and services it was necessary to bring out the main points that should be considered when selecting a cloud service.

The work presented cloud computing in its various application possibilities and also its advantages and disadvantages. In addition to the overview of the European Union strategy and its main points analysis, the compatibility of Estonias strategy was compared and examples of some available cloud services and providers were brought, along with short descriptions.

It was concluded that cloud computing is not a technology of the future but its potential should be, and already is, exploited with great success, resulting in a significant cost reduction and growth in all economic sectors. The European Union's strategy to create a single, standardized market will take time, but significant developments have already been achieved. The development of standards and establishing them is slow but consistent. Also developing equal and fair contract terms has increased the reliability of the service providers, facilitating the uptake of cloud computing, as well as the projects of the european cloud partnership achive planned results. In addition, it was concluded that the Estonian strategy is mostly compatible to Europes strategy, and the introduction of it's measures is supported. But participating in developing of standards it's important to observe that Estonias e-government infrastructure would be as largely compatible with European systems as possible. It was also found that, because the market has so many suppliers and cloud services, the choice may be somewhat complicated and, therefore, a set set of key points and recommendations were brought out that should be monitored.

Kasutatud kirjandus

- [1] Pilvandmetöötlus [WWW] http://www.webopedia.com/TERM/C/cloud_computing.html (02.03.2015)
- [2] Pilvandmetöötluse ajalugu [WWW] <https://www.aerofs.com/blog/the-history-and-development-of-cloud-computing> (02.03.2015)
- [3] Pilvandmetöötlus [WWW] http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing (02.03.2015)
- [4] IaaS [WWW] www.interoute.com/what-iaas (03.03.2015)
- [5] IaaS [WWW] http://www.rackspace.com/knowledge_center/whitepaper/understanding-the-cloud-computing-stack-saas-paas-iaas (07.03.2015)
- [6] PaaS [WWW] http://en.wikipedia.org/wiki/Platform_as_a_service (07.03.2015)
- [7] SaaS [WWW] http://en.wikipedia.org/wiki/Software_as_a_service (07.03.2015)
- [8] Avalik pilv [WWW] <http://www.interoute.com/cloud-article/what-public-cloud> (09.03.2015)
- [9] Pilvandmetöötluse plussid ja miinused [WWW] <http://www.javacodegeeks.com/2013/04/advantages-and-disadvantages-of-cloud-computing-cloud-computing-pros-and-cons.html> (10.03.2015)
- [10] Euroopa pilve partnerlus [WWW] <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/european-cloud-partnership> (11.03.2015)
- [11] Euroopa pilvandmetöötlus strateegia [WWW] <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/european-cloud-computing-strategy> (11.03.2015)
- [12] Euroopa Liidu pilvandmetöötlus standardid [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0529:FIN:EN:PDF> (13.03.2015)
- [13] ETSI aruanne standarditest Euroopas [WWW] http://www.etsi.org/images/files/Events/2013/2013_CSC_Delivery_WS/CSC-Final_report-013-CSC_Final_report_v1_0_PDF_format-.PDF (13.03.2015)
- [14] Euroopa pilvandmetöötluspartnerlus [WWW] <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/european-cloud-partnership> (17.03.2015)
- [15] Cloud for Europe [WWW] <http://www.riso.ee/et/cloud-europe-hangib-uuenduslikke-pilveteenuseid> (17.03.2015)
- [16] Cloud for Europe [WWW] <http://www.cloudforeurope.eu/> (17.03.2015)
- [17] Trusted cloud Europe [WWW] http://www.president.ee/images/stories/pdf/ecp_vision_document.pdf (17.03.2015)

- [18] Trusted cloud Europe küsitlus [WWW] <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/trusted-cloud-europe-survey-assessment-survey-responses> (17.03.2015)
- [19] Eesti valitsuse seisukoht pilvandmetöötusest Euroopas [WWW] <http://elik.nlib.ee/valitsus-kinnitas-estli-seisukohad-pilvandmetootluse-kasutamise-kohta-euroopas/> (23.03.2015)
- [20] Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi seisukohad Euroopa pilvadmnetöötus strateegiast [WWW] http://www.riigikogu.ee/?op=emsplain&page=pub_file&file_id=55ffda4f-dddb-480a-b97c-986647e6a645&. (23.03.2015)
- [21] E-residentsus [WWW] <http://et.wikipedia.org/wiki/E-residentsus> (24.03.2015)
- [22] Dropbox [WWW] <https://www.dropbox.com/> (26.03.2015)
- [23] Google Drive [WWW] <https://www.google.com/drive/> (26.03.2015)
- [24] Microsoft OneDrive [WWW] <https://onedrive.live.com/> (26.03.2015)
- [25] Box [WWW] https://www.box.com/en_GB/home/ (26.03.2015)
- [26] Apple iCloud [WWW] <https://www.apple.com/ee/icloud/> (26.03.2015)
- [27] Spideroak [WWW] <https://spideroak.com/> (26.03.2015)
- [28] Amazon Cloud Drive [WWW] <https://www.amazon.com/clouddrive/home> (26.03.2015)
- [29] ZoneCloud [WWW] <https://zonecloud.ee/> (26.03.2015)
- [30] Amazon RDS [WWW] <https://aws.amazon.com/rds/> (30.03.2015)
- [31] Google Cloud SQL [WWW] <https://cloud.google.com/sql/docs> (30.03.2015)
- [32] Microsoft Azure SQL [WWW] <http://azure.microsoft.com/en-us/services/sql-database/> (30.03.2015)
- [33] Amazon SimpleDB [WWW] <http://aws.amazon.com/simpledb/> (31.03.2015)
- [34] Salesforce Database.com [WWW] <http://www.salesforce.com/platform/database/?d=701300000001111> (31.03.2015)
- [35] MongoDB [WWW] <https://mongolab.com/> (31.03.2015)
- [36] AWS CloudFormation [WWW] <http://aws.amazon.com/cloudformation/> (31.03.2015)
- [37] Rackspace Cloud [WWW] <http://www.rackspace.com/cloud> (31.03.2015)
- [38] Google Compute Engine [WWW] <https://cloud.google.com/compute/> (31.03.2015)
- [39] Levira Cloud [WWW] <http://www.leviracloud.eu/et/avalik-pilv/> (31.03.2015)
- [40] Max 123 [WWW] <http://www.max.ee/frontpage/teenused/pilveteenused/virtuaalserveri-rent/> (31.03.2015)

- [41] Elion Pilveserver [WWW] <https://www.elion.ee/ariklient/it-teenused/pilveteenused/pilveserver> (31.03.2015)
- [42] Termnet [WWW] <http://www.termnet.ee/virtuaalserver> (31.03.2015)
- [43] IBM PureFlex Systems [WWW] <http://www-03.ibm.com/systems/pureflex/config/index.html> (31.03.2015)
- [44] Zone [WWW] <https://www.zone.ee/et/teenus/virtuaalserver/hinnad/> (31.03.2015)
- [45] SaaS teenusepakkujad [WWW] <http://www.tomsitpro.com/articles/saas-providers,1-1554.html> (01.04.2015)
- [46] PaaS teenusepakkujad [WWW] <http://www.tomsitpro.com/articles/paas-providers,1-1517.html> (01.04.2015)
- [47] Testimine kui teenus [WWW] http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_testing (02.04.2015)
- [48] Pilvandmetöötluse tulevik [WWW] <http://www.thoughtsoncloud.com/2014/05/future-cloud-computing-5-predictions/> (04.04.2015)
- [49] Horizon 2020 [WWW] http://ec.europa.eu/research/participants/portal/doc/call/h2020/common/1587758-05i_ict_wp_2014-2015_en.pdf (04.04.2015)
- [50] Teenusmodelite joonis [WWW] <http://blogs.technet.com/b/yungchou/archive/2010/12/17/cloud-computing-concepts-for-it-pros-2-3.aspx> (17.04.2015)
- [51] Juurutusmodelite joonis [WWW] <http://www.jmir.org/13/3/e67> (17.04.2015)