

Tartu Ülikool
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Rait Pommer

**Vananenud arvuti korduskasutamine koduserverina
ja juhendmaterjalide koostamine**

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Jaan Janno, MSc

Tartu 2024

Vananenud arvuti korduskasutamine koduserverina ja juhendmaterjalide koostamine

Lühikokkuvõte:

Käesolevas töös kirjutatakse elektroonikaprügi probleemist ja selle vähendamise võimalusest järgides ringmajanduse põhimõtteid. Näidatakse, et vana arvuti korduskasutamisega on võimalik keskkonda säästa. Tõestatakse, et vana arvutit saab edukalt korduskasutada koduserverina, mida kinnitavad arvuti peal tehtud jõudlustesti tulemused. Koduserveri loomisest loodi videojuhend ja viki kujul juhend. Mõlema juhendi pädevust katsetati.

Võtmesõnad:

Koduserver, Ubuntu, Samba, Plex, meedia server, korduskasutamine

CERCS: P175 Informaatika

Reusing old computer for homserver and creating do it yourself tutorials

Abstract:

This thesis will cover electronic waste problem and reduction using circular economy principles. Thesis demonstrates that reusing old computers can help save the environment. Performance tests are made to prove that old computer can be successfully reused as a homeserver. Video tutorial and wiki tutorial are created for creating a home server and both tutorials are tested.

Keywords:

Homeserver, Ubuntu, Samba, Plex, media server, reuse

CERCS: P175 Informatics

Sisukord

Sissejuhatus	5
Mõisted ja terminid	6
1. Elektroonikajäätmed.....	7
1.1. Arvuti kasutusiga.....	7
1.2. Elektroonikaprügi	7
2. Koduserver ja andmete hoiustamine	10
2.1. Koduserveri kasutusvõimalused	10
2.2. Koduserver ja NAS.....	10
2.3. Pilve andmeturvalisus.....	11
3. Juhendi koostamis kriteeriumid	13
3.1. Viki juhend	13
3.2. Videojuhend.....	13
4. Kasutatud tehnoloogiad.....	14
4.1. Koduserveriks kohandatavad arvutid	14
4.2. Koduserveri operatsioonisüsteem Ubuntu.....	14
4.3. Plex	15
4.4. Samba	15
5. Praktiline osa.....	16
5.1. Ubuntu seadistamine ja programmide installeerimine	16
5.2. Jõudlustestide uuritavad faktorid.....	16
5.3. Voolu tarbimise mõõtmine	16
5.4. Arvutite energiatarve tavaolekus	17
5.5. Video testimiskriteeriumid	18
5.6. Video testide tulemused.....	19
5.7. Transkodeerimise testimine.....	21
5.8. Erinevad samaaegsed vood.....	24
5.9. Testi tulemuste analüüs	25
5.10. Juhendite tegemine	26
Kokkuvõte	27
Viidatud kirjandus	28
Lisad.....	31
Lisa 1. Videovoogude jälgimine ja voolumõõdistamine	31
Lisa 2. Numbrituvastuse Python programm	32
Lisa 3. ChatGPT vestlus	33

Lisa 4. Voolumõõtja ekraan.....	34
Lisa 5. Veebikaamera voolumõõtjat filmimas.....	35
Lisa 6. Numbrit segmentide valimine.....	36
Lisa 7. Github viki.....	37
Lisa 8. YouTube video	38
Litsents	39

Sissejuhatus

Elektroonikaprügi on kiireima kasvuga probleemsete tahkete jäätmete liik. Aastal 2019 tekkis ülemaailmselt 53,6 miljonit tonni elektroonikaprügi, millest ainult 17,4% oli ametlikult kogutud ja õigesti taaskasutatud [1]. Elektroonikaprügi tekke leevendamisele aitaks kaasa ringmajanduse nelja põhimõtte järgimine: vähendamine, korduskasutamine, ringlussevõtt ja taaskasutus [2]. Käesolevas töös keskendutakse kahele kõige mõjukamale ringmajanduse aspektile, milleks on vähendamine ja korduskasutamine.

Töö eesmärk on luua koduserverid ealõppu jõudnud ehk EOL arvutitest ning hinnata nende jõudlust ja taaskasutuse keskkonnamõju ning luua avalik eestikeelne videoõpetus ja viki juhend koduserveri loomiseks. Töös tuuakse välja koduserveri omamise eelised. Lõputöös uuritakse, kas EOL arvuti korduskasutamine võib keskkonna säästmisele kaasa aidata. Jõudlustestide abil uuritakse EOL arvuti sobivust koduserverina. Eestikeelsena pole sellist juhendit ega analüüsi varem koostatud. Eesti keelekeskkonnas täidaksid mõlemad juhendid inimeste harimise eesmärgi.

Töö teoreetilises osas tutvustatakse peamisi mõisteid ja selgitatakse olulisemaid termineid. Samuti antakse ülevaade EOL arvutist, e-jäätmetest ja varasematest uuringutest elektroonikaprügi korduskasutusse võtmisel. Teoreetilise teises osas tutvustatakse, mis on koduserver ja serveriks kohandatud arvuti tööpõhimõtted ning selle kasutusvõimalused. Kolmandas osas seatakse kriteeriumid juhendite koostamisele. Teoreetilise neljandas osas põhjendatakse operatsioonisüsteemi ja serverisse installeeritavate programmide valikut ning tutvustatakse arvuteid, mida käesoleva töö praktilises osas serveriteks ümber kohandatakse.

Töö viiendas osas analüüsitakse koduserveriteks kohandatud arvutite võimekust edastada erinevaid meediaid ning mõõdetakse serverite voolutarbimist. Töö praktilise tulemusena valmib erinevatel konfiguratsioonidel testitud ja töötav koduserver ning etapiviisiline viki juhend ning videoõpetus sarnase võimekusega koduserveri taasloomiseks. Töö käigus analüüsitakse, kas näidiseks kasutatud EOL arvutite korduskasutamine on otstarbekas nii jõudluse kui keskkonna säästmise eesmärgi täitmiseks. Lisades tuuakse välja teksti toetavad pildid, et tekitada lugejale parem arusaam.

Mõisted ja terminid

LAN ehk kohtvõrk (ingl *local area network*): arvutivõrk, mis katab väikest ala, kas ühte ruumi, üht hoonet või hoonete kompleksi [3].

WAN ehk laivõrk (ingl *wide area network*): grupp arvutivõrke, kus on vähemalt kaks LAN võrku omavahel ühendatud, ei ole seotud ainult ühe asukohaga. Internet on suurim eksemplar WAN võrgust [3].

NAS (ingl *network attatched storage*): „arvutivõrku ühendatav kõvakettaga seade failide talletuseks ja ühiskasutuseks“ [4].

RAID: „salvestustehnoloogia, mis ühendab mitu ketast või kettasektsiooni üheks loogiliseks üksuseks“ [4].

RAM ehk muutmälu (ingl *random-access memory*): „mäluseade, milles andmete kirjutuse ja lugemise aeg ei sõltu andmete asukohast“ [4].

LTS ehk kestustugi (ingl *long term support*): pika perioodiga tugi, mis vastab sellel poliitikale, näiteks Ubuntu puhul 5 aastat tavalise 9 kuu asemel, ehk toode saab turvauuendusi ja täiendusi [4].

EOL ehk ealõpp (ingl *end of life*): „toote tööea lõpp või lõppjärg“ [4].

Jagaja ehk kommutaator (ingl *switch*): paljukanaliline ümberlülitusseade telefonijaamades ja arvutivõrkudes ning võrgustatud seadmete ühendusseade, mis loob kakspunkt-ühendusi [4].

Bitikiirus (ingl *bit rate*): bittide edastuse kiirus, harilikult bit/s, kbit/s, Mbit/s või Gbit/s, ameerikalik ühikulühend "bps" [4].

FPS ehk kaadrit sekundis (ingl *frames per second*): teleri, monitori, filmiprojektori vms seadme pildivahetussagedus ja üksikpiltide arv sekundis [4].

Kodek ehk kodeerja (ingl *codec*): „andmeid või signaale kodeeriv ja dekodeeriv funktsionaalüksus“ [4].

Klient (ingl *client*): „serverilt teenuseid saav funktsionaalüksus, inimkliendi analoog“ [4].

4R: *refuse, reuse, reduce, recycle* ehk eesti keeles vähendamine, korduskasutamine, ringlusessevõtt, taaskasutus [2].

Draiver (ingl *driver*): „seadme juhtprogramm, mis liidestab tarkvara riistvaraga“ [4].

1. Elektroonikajäätmed

1.1. Arvuti kasutusiga

Arvutite kasutusiga mõõdetakse aastates. Vananenud ehk EOL arvutid jõuavad faasi, kui sama toodet enam ei toodeta ega müüda. Seadmel kaob tugi ja riistvaraline uuenduste saamise võimalus [5]. Arvutid, mis on klassifitseeritud kui EOL ei tähenda seda, et neid enam kasutada ei saaks. Arvutid töötavad tavapäraselt edasi, kuid riistvarale uuenduste puudumine võib põhjustada turvariske. EOL arvutitele on võimalik paigaldada tarkvara ja operatsioonisüsteeme, mis on veel pikalt toetatud. Arvuti kasutuseaks loetakse umbes kolm kuni kaheksa aastat [6]. Seda väidet kinnitab maailma suurim protsessorite tootja Intel, toetades protsessori uuendusi umbes seitse kuni kaheksa aastat [7]. Mõned autorid on uurimistöodes esile toonud seda, et arvutit kasutatakse keskmiselt viis aastat ja seejärel visatakse arvuti ära või jääb see kasutult seisma [8] [9]. Küsitletutest hoiustab 59% enda vana seadet kuni pool aastat, ülejäänud 41% hoiustavad üle poole aasta. Peamine põhjus vana seadme alles hoidmiseks on 37% juhtudest vajadus kasutada seda varuvariandina. Vastanutest 31% ei tea, mida kasutatud arvutiga edasi teha. Uuringu tulemuste järgi müüdi kasutatud arvuteid teistele edasi vaid 7,49% juhul. Autori [9] uurimuses selgus, et 17% arvutitest taaskasutatakse, mille peamine eesmärk on arvuti detailidest erinevate metallide eraldamine. Suur osa kasutatud arvutitest ladestatakse prügilates [8] [9]. Enamlevinud põhjused arvutite välja vahetamiseks on uurimuse põhjal 50% juhtudest katkine seade, 26% täitunud kettamaht, 18% soov kasutada uut tarkvara, mida eelmine seade ei toetanud [8].

1.2. Elektroonikaprügi

Aastal 2020 tekkis Euroopa Liidus ligikaudu 4,7 miljonit tonni elektroonikaprügi [10]. Elektroonikaseadmete jäätmeteks on näiteks igapäevased suuremad või väiksemad majapidamis- ja tarbeesemed nagu televiisorid, arvutid, mobiiltelefonid, printerid, elektritööriistad, mänguasjad [11]. Elektroonikajäätmeid satub liiga palju olmeprügi hulka. Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskuse SA uuringu andmete järgi moodustavad elektroonikajäätmed umbes ühe protsendi segaprügist, mis aastast moodustab mitmeid tuhandeid tonne elektroonika prügi. Elektroonikaprügi on nüüdseks kujunenud juba suureks probleemiks nii Eestis kui ka mujal maailmas [12]. Elektroonikaseadmeid kasutatakse igapäevaselt mitmel erineval otstarbel, kuid uueneva tehnoloogia ja seadmete pideva täiustamise tõttu on nende eluiga lühike. Töötavad kuid aegunud tehnoloogiaga seadmed visatakse lihtsalt olmeprügi hulka, mida ladestatakse hiljem prügilates. Jäätmeteks muutunud

elektroonikaprügi nõuab neis sisalduvate väärtuslike materjalide tõttu suuremat tähelepanu. Juba 2012 viidati Euroopa Liidu jäätmedirektiivis keskkonnaprobleemidele, mida põhjustavad elektroonikaprügis sisalduvad ohtlikud materjalid. Olmeprügi koosseisus põhjustavad elektroonikaprügi õhu- ja kliimamuutusi tekitavat CO₂ gaasi, mis kahandab osoonikihti ning põhjustab globaalset soojenemist ja keskkonnaprobleeme [11].

Tekkinud keskkonnaprobleemi seoses elektroonikaprügiga aitaks leevendada ringmajanduse põhimõtete järgimine: vähendamine, korduskasutamine, ringlussevõtt ja taaskasutus, mida inglise keeles tähistatakse lühendiga 4R [2]. Arvuti kohandamine elektroonikaprügist koduserveriks jälgib kahte kõige mõjukamat ringmajanduse põhimõtet ehk vähendamine ja korduskasutamine. Seda seetõttu, et uus elektroonikaseade NAS jääb ostmata ja vana elektroonikaseade võetakse uuesti kasutusse, mis pikendab toote kasutusiga. 4R põhimõtetest ehitatud jäätmekäitluse mudelit nimetatakse jäätmehierarhiaks. Jäätmehierarhia alla mõeldakse kindlas järjestuses keskkonda säästvaid tegevusi. Joonisel 1 on tumedama rohelisega tähistatud jäätmetekke vältimise ala, mida peetakse keskkonnahoiu seisukohalt kõige olulisemaks. Jäätmetekke vältimine kujutab endast mõtteviisi muutust, mis väljendub keeldumises osta uusi asju, pidades silmas toote kasutusea pikendamist ning loodusresursside kasutamise vähendamist [2]. Korduskasutamiseks ettevalmistamine on jäätmekäitlushierarhias kõrgel kohal vahetult pärast jäätmetekke vältimist. Joonisel 1 heledam roheline ala „Korduskasutuseks ettevalmistamine“ tähistab kasutuselt kõrvaldatud toodete või nende komponentide korduskasutamist või remonti [11].



Joonis 1. Jäätmehierarhia [13].

Elektroonikaprügi korduskasutust on uurinud teadlased ning jõudnud järgnevatele järeldustele [11]. Enamikes riikides on kehtestatud elektroonikaprügi ringlusesse võtmise põhimõtted. Korduskasutamisel tuleks arvestada teatava energia- ja materjalikuluga, kuna sorteerimis- ja remondikeskused tarbivad energiat ja materjale, mis avaldavad teatud keskkonnamõju. Ümberehitatud seadmed võivad olla vähem energiatõhusad ning tuleks hinnata, kas saadav kasu õigustab korduvkasutuseks ettevalmistamist. Samuti seda, kas elektroonikaseadmete jäätmete korduskasutamiseks ettevalmistamisel tekkiv olelusringi mõju korvatakse saadava keskkonnakasuga kui uus toode, mille energiatarbimine seadme kasutusea jooksul on väiksem, jäetakse ostmata. Uurimistöö raames koguti olelusringi hindamiseks andmeid laua-, sülearvutite, monitoride, printerite, nutitelefonide ja tolmuimejate kohta. Tulemused näitasid, et nutitelefonide remont ja korduvkasutamine vähendaks keskkonnamõju kuni 25%. Sülearvutid, lauaarvutid ja monitoride korduskasutamisega väheneks keskkonnakoormus -1,4% kuni 19,2%. Printerite puhul oli keskkonnamõju vähenemine tühine, vahemikus 0,3% 3%. Uurimuse läbi viinud autorite arvates peaks sama tulemusloogikat kasutama korduskasutamise eesmärkide ning poliitiliste otsuste kujundamisel, mis mõjutavad konkreetse remondikategooria korduskasutamisega kaasneva kasuteguri järjestust [11].

2. Koduserver ja andmete hoiustamine

2.1. Koduserveri kasutusvõimalused

Koduserver on tavaline arvuti, mis on tehtud kättesaadavaks kasutaja kohalikus võrgus LAN ja/või WAN. Koduserver võib täita mitmeid kasutusvõimalusi nagu video edastamine, failide hoiustamine, nutikodu haldamine või rakendamine arvutimängude serverina [14]. Antud lõputöös on koduserveri ehitamise eesmärk videote edastamine ning failide mugavam ja turvalisem hoiustamine. Varasemalt on kasutatud erinevaid andmesalvestuse viise näiteks filmi- ja helikassetid või *floppyd*. Tänapäeva seadmed ei pruugi enam ühilduda vanemate andmekandjatega. Digitaliseerimisega saaks kõikidelt andmekandjatelt andmed koduserverisse salvestada, mis võimaldaks vana meediat korduvalt ja mugavalt uuesti tarbida. Programmiga Plex saab koduserverit kasutada lihtsa meediaserverina kuhu filme, seriaale ja isiklikke videoid lisada. Näiteks DVD peal olnud filmid saaks digitaliseerida ning nautida seadmetes, kus ei ole DVD lugemise võimalust. Sellisteks seadmeteks on nutiseadmed, arvutid või telerid, mis on kohalikku võrku ühendatud. Dokumendid ja failid saaks samuti koduserverisse mugavaks tarbimiseks salvestada. Kuna koduserver on kasutuses kohalikus võrgus saab seda pidada turvaliseks variandiks. Samuti tsentraliseerib koduserver andmete jagamise mitmete erinevate seadmete vahel ning vähendab andmete dubleerimist. Kõik andmed oleksid ühes kohas koos ja failidele saab ligi kõikide kaasaegsete seadmetega. Andmete hoiustamine ühes kohas võib kujutada teatavat andmekadu riski, mida saab lahendada RAID tehnoloogiaga. Samuti on võimalik koduserveris registreerida erinevaid kasutajaid andes neile erinevad ligipääsuõigused, näiteks laps ei saa ligi vanemate tööfailidele. Üha enam usaldavad inimesed oma andmeid suurte ettevõtete haldusrakendustesse näiteks Google. Google Drive on väga populaarne pilve andmesalvestuse süsteem, kus inimesed saavad enda isiklikke faile, pilte ja videoid salvestada. Tegelikult ei ole teada, mida need suuretted inimeste isiklike failidega teevad ja nentida tuleb seda, et inimesed võivad olla liiga usaldavad. See tähendab et, isikliku meedia omamine on tänapäeval muutunud ebapopulaarseks ning sellest tuleb detailsemalt juttu pilve andmeturvalisuse peatükis.

2.2. Koduserver ja NAS

Võrgusalvesti ehk NAS on spetsiaalselt disainitud arvuti, mis on kättesaadav kohalikus võrgus LAN või laivõrgus ehk internetis WAN. NAS oli algselt kasutusel vaid võrgusalvestuseks, aga lähiminevikus on laiemalt rakendatav koduserveriga sarnasteks ülesanneteks. [15] [14]. Salvestusmaht on koduserveri ja NAS'i puhul üks olulisemaid aspekte. Kuigi tänapäeva

kõvakettad on üsna mahukad, siis võib suurem ketaste kogus osutada vajalikuks. RAID tehnoloogia võimaldab erinevaid kõvaketaste konfiguratsioone ehk tasemeid. Tase 0 ehk RAID 0, kus kõvakettaid saab ühendada üheks loogiliseks üksuseks. Tase 0 tõstab kõvaketaste kogumi kiirust, kuid mitte andmete salvestamise turvalisust. Tase 1 ehk RAID 1, mida nimetatakse peegeldamiseks, võimaldab turvalisuse eesmärgil salvestada andmeid mitme erineva kõvaketta peale, kuid ketaste kogumi kiirust ei tõsta [16]. RAID tasemeid on veel teisigi, kuid käesolevas töös neid ei käsitleta. RAID võimaldab kõvaketaste kogumi töökindlust tõsta sellega, et kui näiteks üks kõvaketas lakkab töötamast, siis seal peal olnud andmed ei kustu ja jäävad alles. Seetõttu võibki vajalik kõvaketaste arv tõusta, et andmeid turvalisena hoida. NAS seadmetel on ettenähtud arv kõvaketta pesasid, mistõttu salvestusruumi kasvatamine ei ole alati võimalik. Suurema salvestusmahu vajaduse korral jääb ainukeseks võimaluseks osta uus NAS. Koduserveri puhul on kõvaketaste limiidini jõuda raskem, kuna arvuti riistvara on võimalik uuendada mitmel erineval moel. Arvutite kõvaketaste ruumi nappuse tõttu on võimalik välja vahetada ainult korpus mitte terve arvuti. NAS eelis koduserveri ees on kasutaja mugavus. Kuna NAS'i operatsioonisüsteem on lihtsasti üles ehitatud, siis toimub seadistamine kiiresti ja nõuab vähe kasutajapoolset seadistust. Koduserveri ülesseadmine võib olla keerulisem ja ajakulukam, kuna erinevaid arvuti konfiguratsioone on palju ning võivad vajada erinevaid seadistusi.

2.3. Pilve andmeturvalisus

Pilvepõhiste andmesalvestuseteenuste tarbimine on aastate jooksul oluliselt kasvanud. Aastal 2015 kasutasid isiklikku pilveteenust 1,3 miljardit inimest, 2020-ndaks aastaks oli arv juba kasvanud 2,3 miljardi inimeseni [17]. Väidet kinnitab pilveteenuste turukasv, mille väärtuseks aastal 2022 oli 80,3 miljardit dollarit ning prognoositakse, et aastaks 2030 jõuab see 612,2 miljardi dollarini [18]. Pilveteenuse kasutamine on tänapäeval mugav ja kuni teatud mahuni kasutajatele tasuta. Näiteks populaarne Google Drive on kuni 15 GB täitumiseni tasuta. Texase Ülikool on peab tõenäoliseks, et kui pilveteenus on tasuta, siis suure tõenäosusega kasutatakse isiku personaalset infot ettevõtte huvides ära. Näiteks pilveteenuse pakkujad müüvad infot turundusettevõtetele, kes teades kasutaja isiklikku profiili saavad andmeid turunduslikel eesmärkidel ära kasutada ja pilveteenuse kasutajatele spetsiifilisi reklaame kuvada [19]. Dropbox, kui tuntud pilveteenuse pakkuja, privaatsuspoliitikas on kirjutas lause: “Me võime avaldada teie teavet kolmandatele osapooltele, kui me leiame, et selline avaldamine on mõistlikult vajalik: (a) kohaldatava seaduse, määruse, õigusliku protsessi või asjakohase valitsuse taotluse täitmiseks; (b) kellegi kaitsmiseks surma või tõsise kehavigastuse eest; (c) pettuse või kuritarvitamise ärahoidmiseks Dropboxi või meie kasutajate suhtes; (d) Dropboxi

õiguste, vara, ohutuse või huvi kaitsmiseks; või (e) avalikes huvides tehtava ülesande täitmiseks.” [20]. Esmapilgul ei pruugigi privaatsuspoliitikasse märgitud punkt olla põhjendamatult, kuna pilveteenuse osutajad saavad kasutaja isiklike andmeid vajadusel avaldada. Kuid pilveteenuse pakkujate õigused kasutajate andmete kasutamiseks pole ainukene probleem. Pilveteenuse pakkujaid ohustavad küberrünnakud, kus üritatakse samuti inimeste isiklikele failidele ligi saada [21]. 71% pilveteenust kasutatavatest inimestest usaldavad enda isiklikud pildid pilveteenuse pakkuja hoolde, mis on murettekitav [22]. Koduserveris isiklike andmete hoiustamine maandaks eelnevalt kirjeldatud turva- ja eetikariske.

3. Juhendi koostamis kriteeriumid

3.1. Viki juhend

Viki on veebileht, mis võimaldab lihtsasti ja kiiresti jagada autoril informatsiooni laiale lugejaskonnale. Viki lehtedel on võimalik ühendada sisus olnud märksõnad teiste viki lehtedega, et informatsiooni paremini edasi anda. Üks populaarsemaid näiteid on *Wikipedia*. Viki üks kasutusvõimalustest on ka juhendite koostamine. Hea viki juhend sisaldab endas: lihtsasti loetavat teksti vältides keerulisi termineid, ühtset formaati, erinevaid seksioone erinevate teemade käsitlemiseks ning pilte, videoid ja linke sisu paremaks edastamiseks. Hea viki on ka pidevas uuendamises, et vältida probleemide teket [23]. Populaarne näide viki leheküljest, kus on palju juhendeid, on <https://www.wikihow.com/>. Wikihow oleks käesolevas töös koostatud koduserveri valmistamise juhendi avalikustamise jaoks parim valik, kuid sellel puudub eestikeelne keskkond, mistõttu kasutatakse viki juhendi avalikustamiseks Githubi platvormi.

3.2. Videojuhend

Videojuhend võimaldab efektiivselt õpetada uusi teemasid. Hea video peab suutma hoida vaataja tähelepanu. Videod peavad olema vaatajatele arusaadavad nii keeleliselt, kui ka ülesande keerukuse seisukohalt. Erinevad võimalused video jaoks on: esitlustele peale lugemine, animeerimine, interaktiivne video või salvestus hetkel toimuvast [24]. Antud lõputöös kasutatakse viimast varianti, ehk salvestatakse ekraanil toimuvat ning loetakse peale, mis ekraanil toimub. Hea video sisaldab ka kvaliteetsest heli ning kvaliteetset pilti. Teksti edastus peab olema selge ja lihtsasti arusaadav. Hea videokvaliteet tagab selle, et vaataja näeb ja saab aru, mis videos toimub. Hea heli tagab kvaliteetne mikrofoni ja vaikne kajavaba salvestamise keskkond. Video kvaliteet sõltub resolutsioonist. Mida suurem resolutsioon seda parem kvaliteet ning ka seda suurem failimaht. Videoedastus platvorm YouTube võimaldab video resolutsiooni muuta, et video oleks vaadatav kõigis seadmetes, ning ei kehtesta videofaili mahule piiranguid [24]. Seetõttu on ka antud töö videojuhend üles laetud YouTube platvormile

4. Kasutatud tehnoloogiad

4.1. Koduserveriks kohandatavad arvutid

Esimese koduserveriks kohandatud arvuti pärineb Tartu Ülikoolist ning see teenis ülikooli huve 2013 kuni 2020, mil ta vahetati välja uuema vastu ja arvuti jäi kasutult lattu seisma. Seitse aastat vana arvuti vastab varem kirjeldatud EOL arvuti vanuselisele kriteeriumile. Esimene testitav arvuti sisaldab protsessorit i5-3470 3,6GHz, videokaart on protsessorisse integreeritud HD 2500 ning muutmälu 4GB, muud arvutikomponendid jõudlust ei mõjuta. Plexi veebilehel on avaldatud, et selline protsessor sobib vaid ühe videovoo edastamise jaoks FHD kvaliteedi juures [25]. Teine arvuti, mida testimisel kasutati saadi lisades esimesele arvutile eraldiseisva videokaardi GTX 750ti 2GB ja 4GB muutmälu. Kolmas arvuti oli autori vanaema vana arvuti, mis oli pikalt kasutult seisnud. Arvuti andmeteks on protsessor Q8400 2,66GHz, videokaart emaplaadis integreeritud, 8GB RAM. Arvuti on umbes 15 aastat vana, EOL arvuti vanuseline kriteerium on kindlasti täidetud. Lihtsaim viis arvuti vanuse määramiseks on arvuti vanus, kuid selle puudumisel saab arvuti vanuse leida ka protsessori järgi. EOL arvuti kriteeriumeid täitvad Inteli protsessorid on Inteli Kaby Lake S ehk 7. generatsiooni protsessorid ja sellest vanemad [7].

4.2. Koduserveri operatsioonisüsteem Ubuntu

Koduserveri jaoks on sobilik operatsioonisüsteem Ubuntu. Ubuntu on disainitud selliselt, et seda oleks kõigil lihtne kasutada. Ubuntu nimi on tulnud aafrika keelest ning selle tähenduseks on “inimlikkust teistele” (ingl *humanity to others*). Ubuntu on kõigile tasuta, mis on eeliseks võrreldes Windowsiga. Ubuntu põhimõtetes on kirjas, et igale arvutile peab andma võimaluse, mis haakub 4R põhimõttega ning on eriti oluline EOL arvutite puhul, kuna riistvara on juba vananenud. Samuti pakub Ubuntu töökindlust ja stabiilsust, mis teeb selle operatsioonisüsteemi suurepäraseks valikuks just serveritele, mille töö ei tohi katkeda [26]. Ubuntu ressursikasutus on madal, mis on serverite puhul oluline [27]. Ubuntu on avatud lähtekoodiga ja tänu sellele on tekkinud suur ja toetav kommuun ehk kasutajaskond, mis teeb probleemidele lahenduste leidmise lihtsamaks. Ubuntu peetakse üheks turvalisemaks operatsioonisüsteemiks maailmas. Ubuntu pakub pikka eluiga LTS, kus operatsioonisüsteem saab turvalisuse ja süsteemi uuendusi vähemalt viis aastat [28]. Ubuntu töökindlus, turvalisus ja võimekus toetada mitmeid erinevaid arvuteid teeb Ubuntust hea operatsioonisüsteemi valiku koduserveri jaoks.

4.3. Plex

Plex on meediaedastusprogramm, mis võimaldab hõlpsasti hallata filme, telesaateid, muusikat, fotosid ja koduvideoid. Plexil on lihtne ja kasutajasõbralik liides, mis teeb meedia tarbimisele kasutajale hõlpsaks. Plex sai alguse 2008. aastal ja nüüdseks on Plexil 25 miljonit kasutajat üle maailma. Suure kasutajate arvu tõttu on tekkinud Plexi kommuun, kus jagatakse õpetusi ja pakutakse tekkinud probleemidele lahendusi [25]. Suure kommuuni olemasolu annab Plexile eelise võrreldes konkureeriva programmiga Jellyfin. Plexi ja Jellyfini on omavahel võrrelnud ja testinud [29]. [29] leidis, et Jellyfin on kohati marginaalselt parem, kuid vahe on nii väike, et see pole kasutajale tajutav ning mõlemad programmid pakuvad ladusat voogedastust. Tuginedes Plexi eelistele valiti antud lõputöö meediaedastuse programmiks just Plex.

4.4. Samba

Samba on failide ja printeri ligipääsu jagamise teenus võrgus, mis toetab mitmeid erinevaid platvorme. Erinevateks platvormideks on näiteks Linux, Windows ja macOS. Samba teeb erinevate süsteemide vahel failide jagamise ja printimise hõlpsaks. Samba võimaldab luua erinevaid kasutajaid. Igale kasutajale on võimalik anda unikaalne luba failide juurdepääsule. See tähendab, et mõni kaust võib olla kõigile kasutajatele kättesaadav, mõni kaust ainult selle omanikule või ainult teatud grupp saab teatud kaustadele ligi [30]. Nii saab iga kasutaja teha koduserverisse oma kausta, millele saab ligi ainult selle looja. Samuti saab teha avaliku kausta failide jagamiseks, millele saavad kõik ligi. Käesolevas lõputöös kasutatakse Sambat failide jagamise teenust ning printimise teenust mitte.

5. Praktiline osa

5.1. Ubuntu seadistamine ja programmide installeerimine

Lõputöö praktilist osa alustati arvuti seadistamisega ehk installiti Ubuntu ja vajalikud programmid. Ubuntu installeerimine möödus edukalt ja probleemideta. Sama saab öelda Samba kohta. Plexi seadistamise ajal tekkis esimene takistus. Ubuntu loob programm Plex uue kasutaja plex, mille all töötavad kõik Plexi protsessid. Kuna Ubuntu ei ole võimalik kasutajatel teiste kasutajate faile näha, siis Plex ei näinud ehk ei saanud ligi juba varasemalt loodud Samba kaustale, mis oli kohalikus võrgus kättesaadav. Selle probleemi lahendamiseks muudeti kasutaja kausta õigusi, et Plex saaks kaustale ligi. Plexil peab kaustale juurdepääs olema, sest sinna kausta sisse luuakse erinevate meedialiikide jaoks vastavad alamkaustad. Selleks, et filme ja seriaale saaks serverisse laadida ka teistest arvutitest, mitte ainult serverist, peabki Plex saama ligi Samba kaustale.

5.2. Jõudlustestide uuritavad faktorid

Jõudlustestide tegemiseks kasutati erinevates formaatides tasuta saadavaid kõrgkvaliteedilisi videoklippe. Testimisel jälgiti videovoogude toimivust ja sujuvust (Lisa 1). Peamiseks uuritavaks omaduseks arvutite testimisel on arvutite energiatarve. Samuti jälgiti arvuti ressursside kasutust Plexi sisseehitatud mõõdistaja abil. Andmete salvestamiseks ja graafikute tegemiseks kasutati Microsoft Excel programmi.

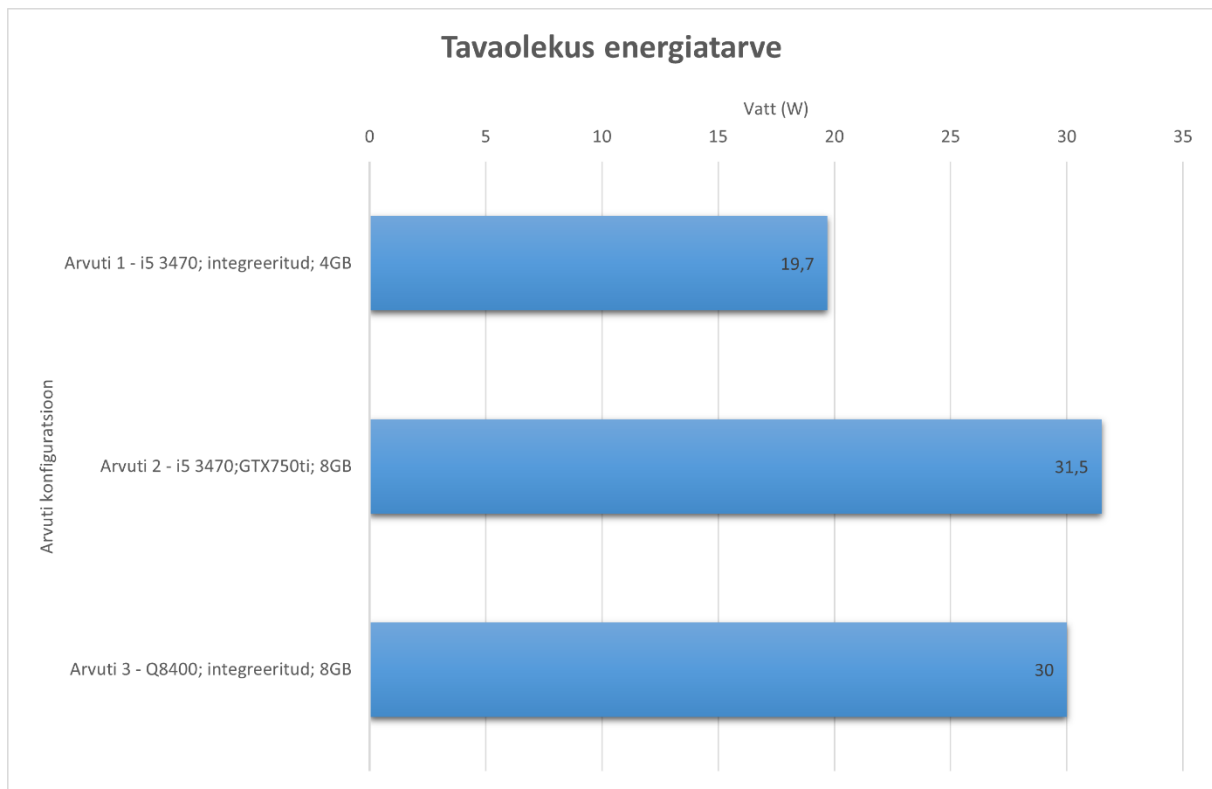
5.3. Voolu tarbimise mõõtmine

Energiatarbe mõõtmise jaoks kasutati voolumõõtjat. Kahjuks ei salvestanud soetatud voolumõõtja andmeid nii nagu eesmärgi täitmiseks vaja oli. Selleks, et voolumõõtjast vajalik info kätte saada kirjutati Python programm (Lisa 2). Programm kirjutati autori poolt, kuna internetist saadavad sarnased lahendused, ei olnud piisavalt töökindlad. Seetõttu oligi otstarbekam kirjutada uus programm, mis suutis lahendada numbrituvastus probleemi. Pythoni programmi kirjutamiseks kasutati aja kokkuhoiu mõttes ChatGPT abi (Lisa 3) (ChatGPT 3.5, isiklik suhtlus, 31.03.2024) [31]. Voolumõõtja ekraan (Lisa 4) näitab, kui palju voolu arvuti hetkel tarbib. Selleks, et voolumõõtjalt vajalik info kätte saada, tehti esmalt voolumõõtja ekraanist video kasutades selleks veebikaamerat (Lisa 5). Järgmisena anti video ette eelnevalt loodud Python programmile. Programm võtab iga sekundi tagant videost ühe kaadri ehk pildi välja ja salvestab selle eraldi kausta (Lisa 4). Seejärel saab programm ette kausta, kus pildid on. Voolumõõtjal on seitsme segmendiline ekraan, ehk iga numbri saab koostada seitsmest

segmentid. Kui programm on pildid ette saanud, siis märgitakse kolmel numbril seitse segmenti klõpsates pildil segmentide asukohale, et programm oskaks numbreid tuvastada (Lisa 6). Seejärel hakkab programm segmentide asukoha järgi määrama, kas segment on tume (1) või hele (0) ning selle järgi tehakse kindlaks, mis numbriga on tegu. Segmentide asukohad salvestatakse, et järgnevatelt piltidelt automaatselt numbrid tuvastada. Kui programm numbreid ära ei tunne, saab muuta segmentide värvi tuvastamise tundlikkust, mida mõjutab keskkonnast tulenev tegur ehk kui palju valgust parasjagu ruumis on. Piltidelt tuvastatud numbrid salvestatakse järjendisse, kust hiljem programm arvutab keskmise energia tarbimise tulemuse edasiseks analüüsimiseks.

5.4. Arvutite energiatarve tavaolekus

Esiteks testiti arvutite voolutarbimist tavaolekus, ehk tehti kindlaks, kui palju tarbib arvuti energiat vooluvõrku ühendatuna ja töötades. Joonis 2 näitab, et parima tulemuse sai „arvuti 1“ energiatarbimisega 19,7W. Antud tulemus on autori jaoks positiivselt üllatav, sest tänapäeva NAS, mis suudab sarnaseid tegevusi teha, tarbib tootja sõnul tavaolekus voolu 17,3W ehk vahe „arvutiga 1“ on 2,4W [15]. NAS tootja esitatud näitajat käesolevas töös kahjuks üle ei kontrollitud ega katsetatud. Energiatarbe test kinnitas „arvuti 1“ puhul EOL arvutite korduskasutuse mõistlikkust. Lisades eraldiseisva videokaardi „arvutile 1“ ehk „arvuti 2“, hakkab arvuti 11,8W rohkem voolu tarbima Joonis 2. „Arvuti 3“, mis on juba 15a vana tarbib eelnevale „arvutile 2“ sarnaselt voolu tavaolekus Joonis 2. Failide laadimine serverisse tõstis voolutarbimist 10 kuni 15W.



Joonis 2. Arvutite energiatarve tavaolekus.

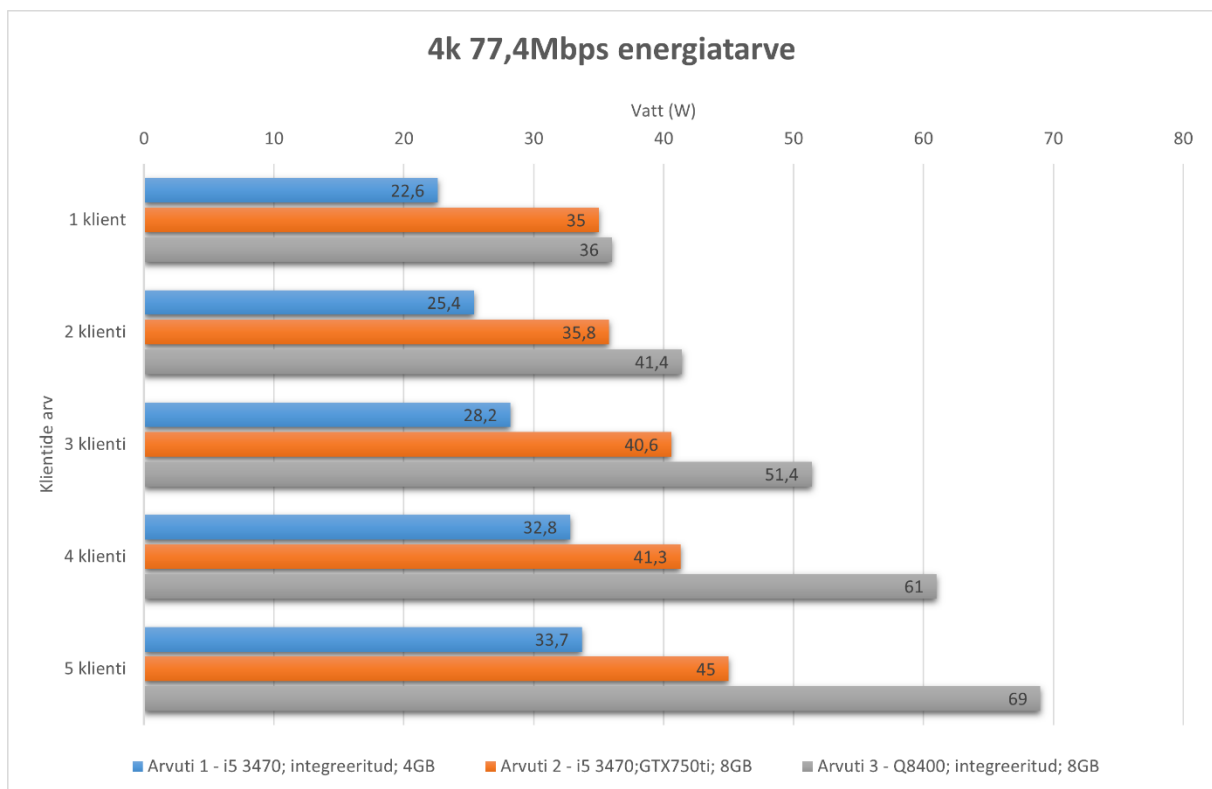
Failide laadimise kiirust arvutati 5.04GB faili laadimisega, mille peale kulus 60 sekundit ehk saadi kiiruseks 85Mbps. Kui testitavad arvutid töötaksid tavaolekus ööpäevaringselt, oleksid igakuised arvuti energiakulud 0,15€ kWh juures järgmised: arvuti 1 – 2,16€, arvuti 2 – 3,45€, arvuti 3 – 3,29€.

5.5. Video testimiskriteeriumid

Videoid testiti kuni viie kliendiga ehk viis seadet vaatas korraga samaaegselt ühte videot. Viie kliendi valik tulenes sellest, et 4k 77,4Mbps testimise ajal märgati, et arvutite interneti kasutus jõudis mõõduni 958Mbps, kus piiranguks tuli ette arvutite võrgukaart, mille standard on 1Gbps ehk 1000Mbps. Kuigi enamik interneti jagajaid ingl *switch* on tänapäeval 1Gbps läbilaskevõimega, võib siiski juhtuda, et jagaja on 100Mbps. Sellisel juhul ei pruugi saada autoriga sarnaseid testimise tulemusi. Läbilaskevõimet võivad mõjutada ka kaablid. Kuid 2001. aastal välja tulnud CAT 5e kaabel suudab 1Gbps kiirust edasi anda, mis on olnud pikka aega standardiks. Praktilise töö vältel oli kasutusel CAT 6 kaablid ehk 10Gbps, aga interneti jagaja läbilaskevõime oli 1Gbps. Kliendid tarbisid meediat veebibrauseris app.plex.tv. Pärast testimist saadi teada, et veebibrauseris meedia tarbimine vajab rohkem ressursi kui Plex rakenduses ehk testides on halvima juhu tulemused, mis võivad paraneda eraldi rakendust kasutades.

5.6. Video testide tulemused

Esmalt testiti videoga mille resolutsiooniks oli 4k, formaat HEVC, bitikiiruseks 77,4 Mbps ja kaadrisageduseks oli 60fps ehk kaadrit sekundis. Testimise käigu selgus, et kuni kolme kliendini töötasid videod kõikides arvutites suurepäraselt - ei katkenud ning läksid kiiresti tööle. Neljanda kliendi lisamine tõi kaasa kõigi arvutite puhul hetkelise hangumise, kus ühel või kahel kliendil jäi video korraks seisma, kuid peagi hakkasid kõik videod ilusti ja sujuvalt uuesti tööle. Peale viienda kliendi lisamist hakkasid kõigi arvutite klientide videovood süstemaatiliselt hanguma. Mõnda aega toimisid kõik vood, siis mõned vood katkesid ja mõned töötasid edasi. Sellise katkendliku meedia tarbimine ei ole kasutajate jaoks piisavalt kvaliteetne. Analüüsides energia tarbimise andmeid Joonis 3 ja videovoo sujuvust, siis kõige targem valik on autori arvates „arvuti 1“, kuna tarbis viie kliendiga vähem voolu kui „arvuti 2“ ja „arvuti 3“ ühe kliendiga.

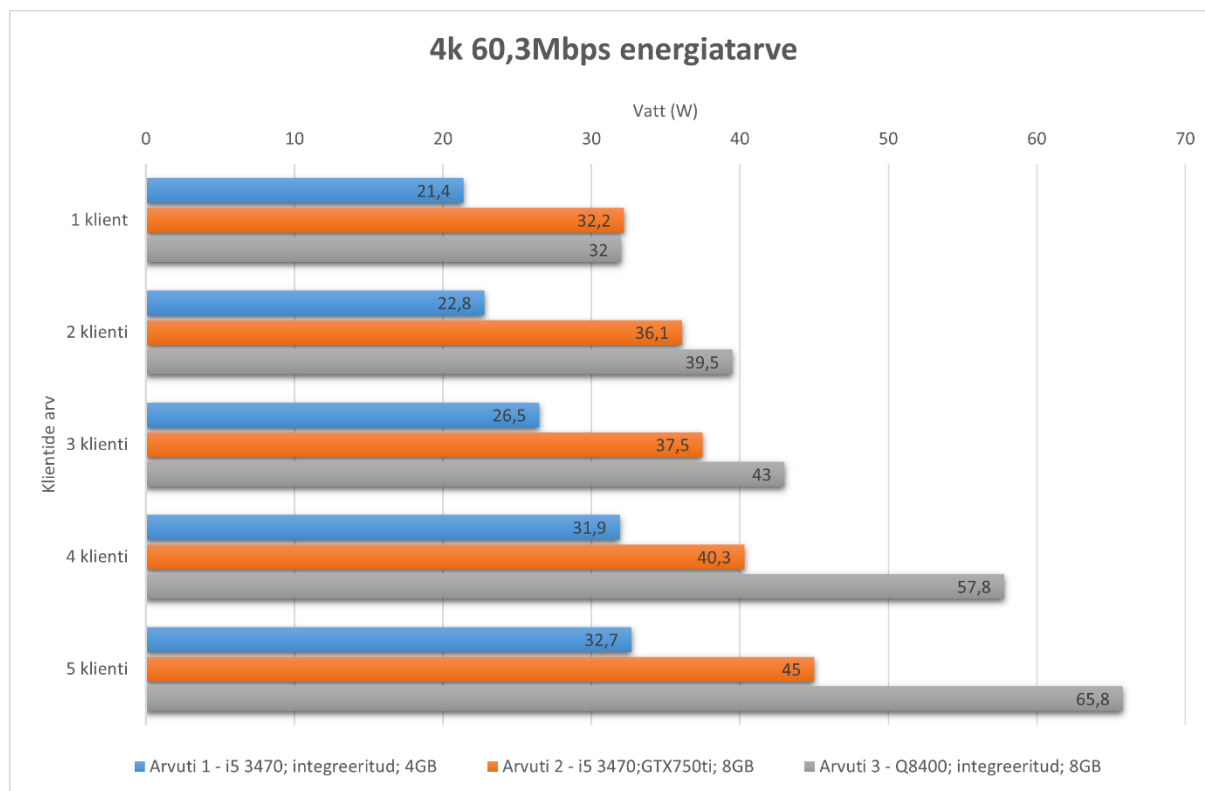


Joonis 3. 4k 77,4Mbps edastamise energiatarve.

„Arvuti 1“ ja „arvuti 2“ on ainult kolm aastat uuemad, kui „arvuti 3“. Voolutarbimise tulemused videovoo edastamisel kinnitavat tehnoloogia kiiret arengut. Võrreldes „arvuti 1“ ja „arvuti 3“ energiatarvet, millel mõlemal puuduvad eraldiseisvad videokaardid, on viie kliendi voolutarbimise vahe 35,3W. Kui iga päev vaataksid neli klienti samal ajal kahetunnist filmi ja elekter maksaks 15 senti kWh, oleks „arvuti 1“ elektrikulu ühes kuus 0,30€ aga „arvuti 3“ puhul

0,56€. Kuigi hinnavahe on vaid mõnikümmend senti, siis protsentuaalselt on see peaaegu kahekordne hinnavahe.

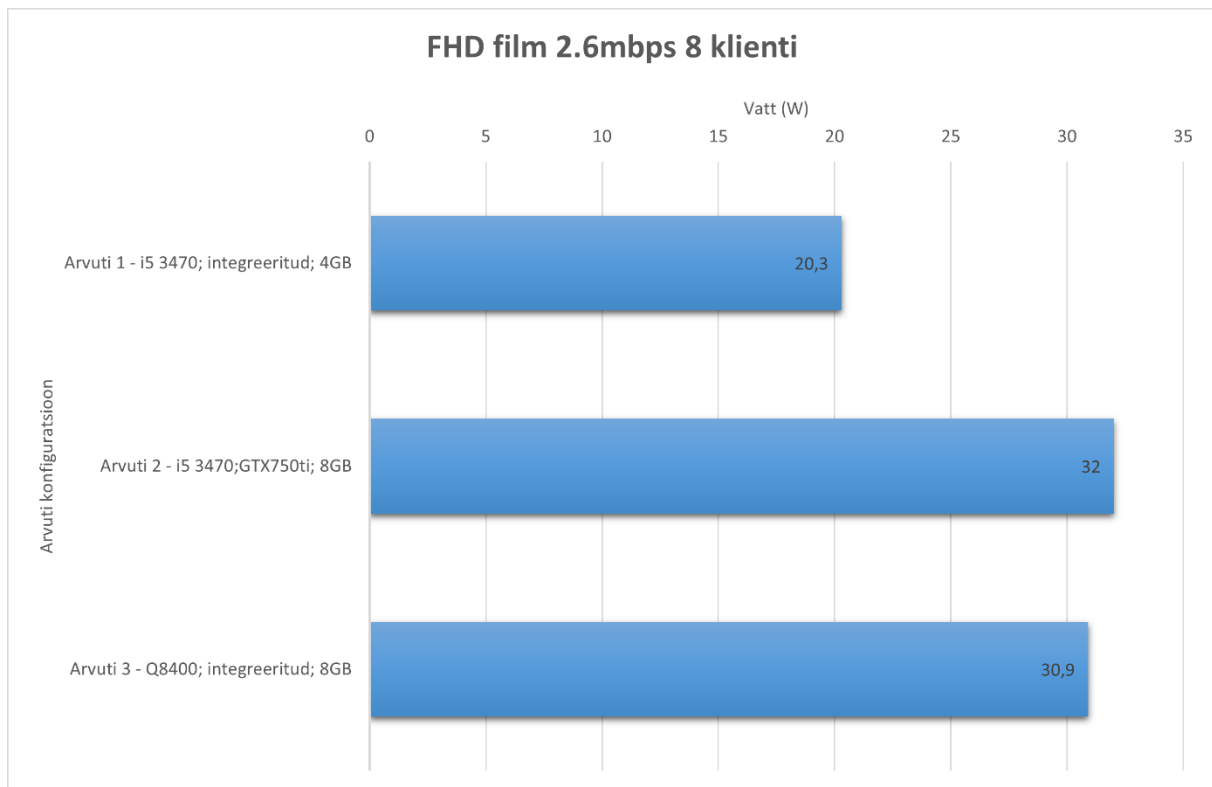
Sarnased videovoo sujuvuse ja energiatarbimise Joonis 4 tulemused saadi videoga 4k HEVC 60,3 Mbps 24fps.



Joonis 4. 4k 60,3Mbps edastamise energiatarve.

Videovood toimisid väga hästi kuni kolme kliendiga. Neljanda kliendi lisamine tõi korraaks hangumise esile ainult „arvutile 3“. Viienda kliendi lisamine tõi hangumised esile kõikides arvutites, kuid „arvutil 1“ ja „arvutil 2“ olid videovood pigem vaadatavad. „Arvuti 3“ vood katkesid liiga tihti, mistõttu ei olnud videot hea vaadata.

Järgmisena testiti digitaliseeritud filmi formaadis FHD H264 2,6Mbps 24fps Joonis 5.



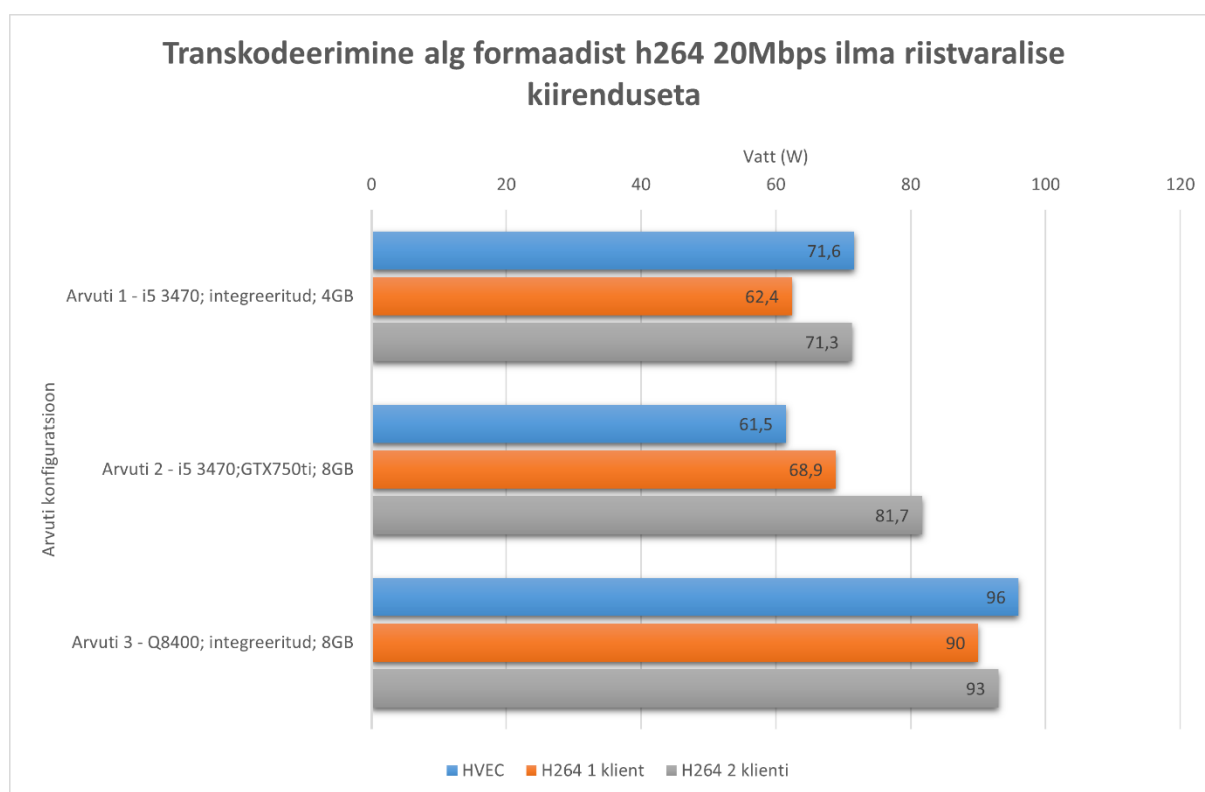
Joonis 5. FHD 2,6Mbps edastamise energiatarve.

Katsetades FHD filmi videovoo vaadatavust korraga kaheksast seadmest olid vood väga sujuvad kõikides arvutites. Võrreldes voolutarbimist arvutite tavaolekuga Joonis 2 ja kaheksa kliendi nõudluse täitmisel Joonis 5 oli vahe minimaalne. Eelnevalt testitud videod valiti teadlikult hästi mahukad, et panna arvutid proovile. Testi tulemused näitasid seda, et kui vaadatakse hea visuaalse kvaliteedi ja madalama bitikiirusega videot, suudavad kõik kolm testitavat arvutit tagada mitmete klientide sujuvad voogedastused madalate elektrikuludega.

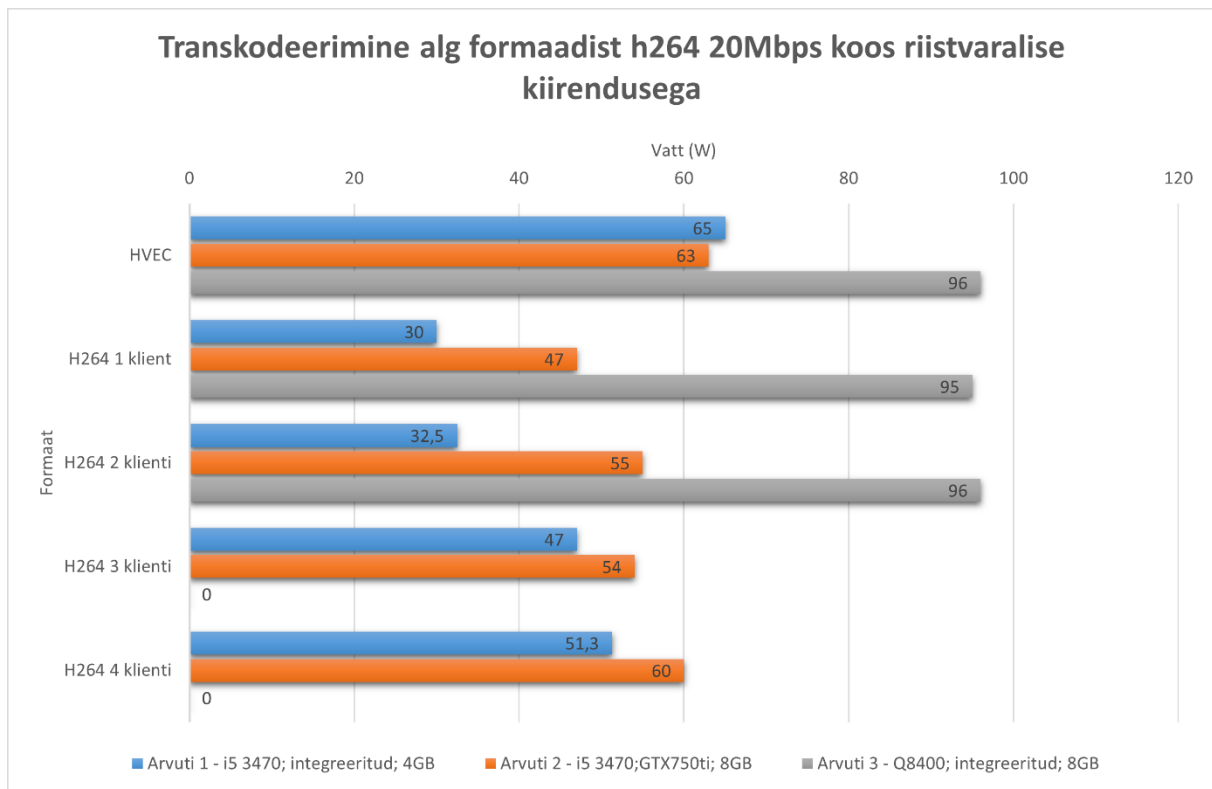
5.7. Transkodeerimise testimine

Alati pole võimalik videoid algformaadis tarbida, sest bitikiirus võib olla liiga suur või sihtseade ei ole ühilduv algse kodeeringuga. Nende probleemide lahendamiseks saab kasutada transkodeerimist. Transkodeerimiseks nimetatakse protsessi, mille käigus videot dünaamiliselt muundatakse. See tähendab, et videot saab muuta ühest formaadist teise ja muudetavad on ka bitikiirus, kaadrisagedus, resolutsioon või kumbki eelnimetatud aspektidest. Plexis on olemas kaks transkodeerimise võimalust, kas koos riistvaralise kiirendusega või ilma selleta. Riistvaralise kiirenduse rakendamise jaoks on vaja soetada Plex Pass, mis maksab 5€ kuus. Töös kasutatavad kliendid ehk lauarvuti ja teler suudavad algformaadis HEVC videoid sujuvalt tarbida, kuna neil on olemas HEVC kodeerjad. Autori sülearvuti, mis on juba 10 aastat

vana, ei suuda HEVC videoid enam tarbida. Katsetades sülearvutit sama kvaliteedi ja sarnase bitikiiruse juures H264 ja HEVC videot, siis H264 video töötab sujuvalt, aga HEVC töötab katkendlikult. Sellises olukorras on transkodeerimine vajalik meedia tarbimiseks. Joonis 6 ja Joonis 7 olevatelt graafikutelt on näha, et arvutid kasutavad ilma riistvaralise kiirenduseta rohkem voolu. Põhjus on selles, et kogu tegevus tehakse protsessoril, mitte ei kasutata videokaardil leiduvat efektiivsemat kodeerimiskiipi. Ainukesena „arvutil 3“ ei muutunud transkodeerimise ajal otseselt energiatarve. Kuna tegemist on 15 aastat vana arvutiga, pole selle sisse kodeerjad ehitatud, et transkodeerimist efektiivsemalt teha saaks.



Joonis 6. Transkodeerimise energiatarve ilma riistvaralise kiirenduseta.



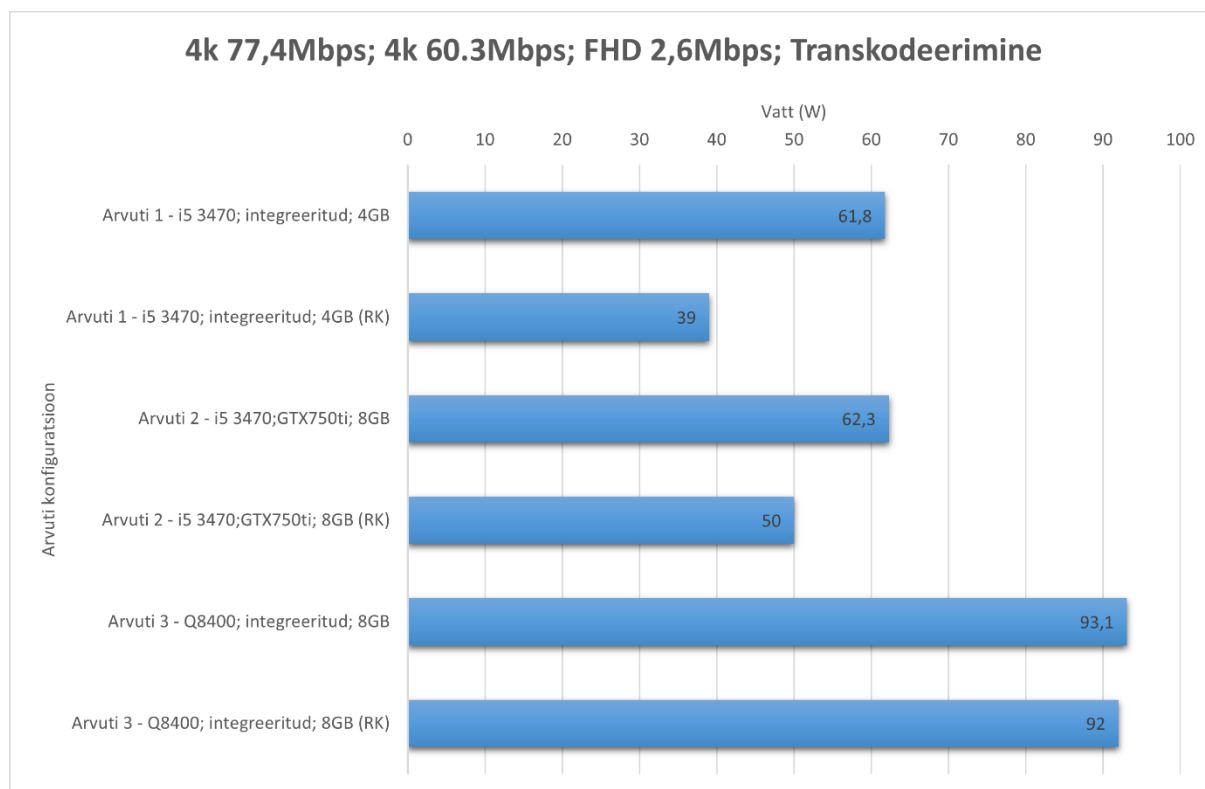
Joonis 7. Transkodeerimise energiatarve riistvaralise kiirendusega.

Mitte ükski arvuti ei saanud testimisel transkodeerimisega hakkama kui riistvaraline kiirendus oli välja lülitatud. Teatud osa videost laadis ära, seejärel video toimis mõnda aega, kuid siis katkes ning oodata tuli video laadimist ning katkendlikku toimimist. Selline videovoo tarbimine oleks kasutajale ebameeldiv. Kui aga riistvaraline kiirendus sisse lülitati muutusid „arvuti 1“ ja „arvuti 2“ võimekused h264 video transkodeerimises paremaks. HVEC formaadi transkodeerimisel h264 formaati ei muutunud kahjuks „arvutil 1“ mitte midagi, video vaadatavus ei paranenud ning jälgitavus jäi sama ebameeldivaks nagu ilma riistvara kiirendusetagi. Kuna HVEC formaat tuli välja alles 2013. aastal ja protsessor i5 3470 mida „arvuti 1“ kasutab tuli välja aastal 2012, siis ei ole sellel arvutil HVEC kodeerjat olemas. Kuna „arvutile 2“ lisati eraldiseisev videokaart Nvidia GTX 750ti, mis tuli välja aastal 2014 võiksid tulemused olla paremad, kuid testimine seda ei kinnitanud. Ka eraldiseisval videokaardil ei ole HVEC kodeerja võimalusi. Ehk tulemus ei muutunud varasemaga võrreldes. H264 formaat tuli välja aastal 2004. H264 videot suutsid transkodeerida „arvuti 1“ ja „arvuti 2“ samaaegselt kolmele kliendile. Küll aga näitasid tulemused seda, et neljanda kliendi lisandumisel langes võimekus oluliselt mõlema arvuti jaoks ning videod hakkasid hanguma. Tulemus oli autorile üllatav, kuna eraldiseisva videokaardi suuremast jõudlusest võiks eeldada, et eraldiseisev videokaart suudab rohkem kliente teenindada kui integreeritud videokaart. Uuriti ka arvuti

ressursikasutust ja märgati seda, et nelja kliendi puhul kasutas „arvuti 2“ videokaarti vaid 18% ulatuses, mis tähendab seda, et toorest jõudu seadmes on veel palju, aga millegipärast seda ei kasutata. Vaadates Plex seadeid oli näha, et Plex kasutab eraldiseisvat videokaarti ja transkodeerimise voogude limiit puudub. Võimalik, et tegu on Ubuntu draiverite puudulikkusega. Ubuntu Nvidia draiverid pole alati kõige töökindlamad ja võimalik, et mõne uuendusega läheks asi paremaks. Antud olukorras ei nähta mõtet lisada eraldiseisvat videokaarti, sest see lihtsalt suurendab voolu tarbimist ja kasutegur puudub. „Arvuti 3“ ei suutnud H264 videoformaati sujuvalt transkodeerida. H264 algformaadi videoks oli 4k 114,3Mbps 30fps.

5.8. Erinevad samaaegsed vood

Viimasena testiti mitut erinevat voogu korraga Joonis 8, ehk üks klient tarbis 4k 77,4Mbps videot teine 4k 60,3Mbps videot kolmas FHD 2,6Mbps filmi ja neljas transkodeeris H264 videot.



Joonis 8. Energiatarve erinevate voogude edastamisel.

Taas näitasid testi tulemused seda, kuidas riistvaralise kiirenduse sisse lülitamine aitab vähendada nii voolu tarbimist Joonis 8 kui ka videovoogude paranemist. Kui riistvaraline kiirendus oli sisse lülitatud toimisid kõik videovood suurepäraselt „arvutis 1“ ja „arvutis 2“,

kahjuks „arvutis 3“ transkodeeritava videovoog hangus pidevalt, kuid teised vood toimisid edukalt edasi. Märkimisväärne oli see, et kõikidel arvutitel alg formaadi videovood olid sujuvad ja toimisid ideaalselt ka siis, kui riistvaraline kiirendus oli välja lülitatud ja transkodeeritav H264 video hangus pidevalt. Sarnaselt eelmisele graafikule Joonis 7 on näha, et „arvuti 1“ domineerib oma madala voolutarbimisega. Kui riistvaraline kiirendus on välja lülitatud mõlemas arvutis on „arvuti 2“ voolutarbimine väga lähedal „arvutile 1“. „Arvuti 3“ tarbib aga igas olukorras palju voolu.

5.9. Testi tulemuste analüüs

Autori järelalus tehtud testide põhjal on see, et algformaadis videote tarbimine on võimalik EOL arvutitega. Isegi 15 aastat vana „arvuti 3“ suutis seda, küll aga märgatavalt suurema voolutarbimisega. EOL arvuti, mille autor testimiseks Tartu Ülikoolist sai, läbis edukalt peaaegu iga testi, seejuures ka mõõdukalt voolu tarbides. Videokaardi lisamine testimise eesmärgil „arvutisse 1“ ei aidanud kuidagi kaasa parema videovoo saavutamisele, vaid lihtsalt suurendas energiakulu. Töös on varasemalt välja toodud see, et EOL arvuti peaks olema vähemalt kuus aastat vana ning sinna vahemikku jäävad juba 2017 aastal välja tulnud Intel 7 seeria protsessorid, mis toetavad ka HVEC formaati. Samuti 6 seeria toetab HEVC, aga ainult kuni 8 bitini. Kuna antud töös on oluline pikendada arvutite kasutusiga ehk anda seisma jäänud ning äraviskamisele mõeldud arvutitele uus elu, siis ei hakatud teadlikult otsima sellist arvutit, mis oleks täpselt ideaalne töö eesmärgi täitmise jaoks, et näidata kui hea ja võimekas on EOL arvuti. Töös kasutati päriselt seisma jäänud arvuteid, mille eest ei makstud mitte midagi ja ei pea endistele kasutajatele tagasi andma. Kokkuvõtteks saab öelda seda, et kui soovitakse tarbida ainult algformaadis meediat, siis arvuti vanus, testimise põhjal kuni kolme kliendini, rolli ei mängi. Testi tulemused tõestasid seda, et uuemad arvutid tarbivad vähem voolu videovoogude edastamisel. Autori poolt teostatud testimistes oli kõige madalama vahemäluga arvuti 4GB ja see oli täiesti piisav videovoogude edastamise jaoks. Plex koduleht küll väitis, et i5 protsessor suudab vaid ühte FHD klienti teenindada, kuid testi tulemused tõestasid vastupidist. Kõik arvutid said kaheksa FHD videovoo edastusega suurepäraselt hakkama. Tähele peaks panema seda, et füüsiliste kõvaketaste arv tõstab arvutite voolutarbimist. NAS võrreldust kahjuks täpselt välja ei saadud tuua, kuna autor ei saanud NASi testida. Küll aga „arvuti 1“ ja „arvuti 2“ puhul saab väita, et piiranguks sai hetkel võrgukaart ja interneti jagaja, mis jäid pudelikaelaks.

5.10. Juhendite tegemine

Juhendite tegemise jaoks kasutati programmi Virtualbox, kuhu loodi uued virtuaalmasinaid kvaliteetsemate videote salvestuse ja piltide tegemise jaoks. Alustati viki juhendi koostamisega. Kirjutati välja kõik sammud, mida peab tegema Ubuntu ja programmide installeerimiseks, millele lisati juurde ka pildid. Sammude ja piltide kirja panemiseks kasutati Google Drive, kust hiljem tõsteti juhend Githubi viki lehele (Lisa 7). Google Drivest õpetuse tõstmine Githubi kujunes üllatavalt pikaks protsessiks.

Videoõpetuse idee saadi juhendajalt. See on ka põhjus, miks juhendid on natukene erinevad, sest video tehti siis kui viki juhend oli juba peaaegu valmis. Video lindistamiseks kasutati programmi OBS, video monteerimiseks Adobe Premiere Pro ja heli lindistamise jaoks kasutati Audacity programmi. Video taustamuusika leiti internetist ning sellel puuduvad autoriõigused. Valminud video laeti üles YouTube platvormile (Lisa 8). Kuna autoril puudus kvaliteetne mikrofoni alustati esmalt video monteerimisega kohe kui klipid olid salvestatud, mis ei ole õige lähenemine. Kvaliteetne mikrofoni laenati koolist ja seejärel hakati video järgi lauseid sisse lugema. Kuna video oli valmis, siis pidi heli videoga sünkroniseerima ja see osutus väga pikaks ja keerukas ülesandeks. Mitmeid kordi pidi tegema parandusi salvestuse teatud kohtades, seetõttu on ka videos kuulda kuidas peale lugemise toon vahepeal muutub. Kui video oli valmis saanud, anti video proovimiseks testkasutajale, et serveri seadistamist testida, mis õnnestus, kuid siiski veel mõned soovitusel anti, mida täiustada. Peamisteks muutusteks olid täpsustavad elemendid, mida esmakasutajad ei pruugi teada, näiteks parooli kirjutades terminali ei ole seda näha. Viki testimine läks samuti edukalt, kuid mõned sõnastuse parandused pidi siiski sisse viima.

Kokkuvõte

Teoreetilises osas tehtud uuringust selgus, et kasvav elektroonikaprügi kujutab ühiskonnas märkimisväärt keskkonnariski. Elektroonikprügi ladestamise tõttu eraldub atmosfääri CO₂ gaas, mis põhjustab globaalset soojenemist ja keskkonnaprobleeme. Kiiresti ja pidevalt uueneva tehnoloogia tõttu tuleb vananevate elektroonikajäätmete teket teadlikult piirata. Toodi välja koduserveriks kohandatud EOL arvuti erinevad kasutusvõimalused ning eeliseid võrreldes turul pakutava NAS valmistootega

Käesoleva töö käigus tõestati kahe olulise ringmajanduse põhimõtte rakendamisega seda, et personaalarvutite elektroonikajäätmete teket on võimalik vähendada, kui jätta uus elektroonikaseade NAS ostmata ning seisma jäänud vana EOL arvutit koduserverina korduskasutada.

Praktilises osas tõestati ära töö eesmärgiks seatud EOL arvuti kasutuselevõtu otstarbekus piisavalt võimeka koduserverina. Korduskasutamiseks ettevalmistamise käigus tehti mitmeid videovoo edastuse ja energiatarbe teste. Autori testimise tulemused näitasid EOL arvuti piisavat võimekust koduserveri ülesannete täitmiseks. Töö käigus kogutud andmete põhjal saab autor öelda, et EOL arvuti videovoo edastus oli mitmes aspektis sujuv ning energiakasutus korduskasutatud seadme puhul võrreldes uue NAS tootega tavaolekus oli vaid 2,4W suurem. Autor leiab, et tarbimise vähendamise propageerimist ja vanade seadmete korduskasutamise mõttekust ei tohiks ühiskonnas ülemäära pisendada üldlevinud arvamusega, et vanad seadmed tarbivad rohkem voolu. Autori poolt välja pakutud ja testitud EOL arvuti korduskasutuse lahendus koduserverina omab praktilist väärtust. Autor näeb vanade elektroonikaseadmete korduskasutuses perspektiivi ning käesoleva uurimuse raames loodi koduserveri valmistamise huvilistele kasutamiseks kaks avalikku juhendit, üks video kujul ja teine viki kujul. Mõlema juhendi pädevust on kontrollitud ja testitud. Tehnoloogia kiiret vananemist on juhendite koostamisel arvesse võetud ning vajadusel on võimalik juhendeid uuendada. Lõputöö sisu on eestikeelsena uudne ning taotleb kohalikku mõju. Käesoleva uurimustöö valmimisprotsess oli arendav ning innustab autorit tulevikuski EOL elektroonikaseadmete korduskasutuseks uusi võimalusi otsima.

Viidatud kirjandus

- [1] WHO. Electronic waste (e-waste). 2023. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-\(e-waste\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-(e-waste)). (02.05.2025).
- [2] Kirchherr J., Reike D., Hekkert D. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 2017, nr 127, lk 221-232. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3037579>. (22.01.2024).
- [3] Webopedia. <https://www.webopedia.com>.
- [4] AKIT. <https://akit.cyber.ee/>.
- [5] HP Incorporation. Product-Support-and-End-of-Life-Policy-EOL. 2023. <https://enterprisesecurity.hp.com/s/article/Product-Support-and-End-of-Life-Policy-EOL>. (03.12.2023).
- [6] HP Incorporation. What is the Average Lifespan of a Computer? 2022. <https://www.hp.com/in-en/shop/tech-takes/post/average-computer-lifespan#:~:text=The%20average%20desktop%20computer%20will,to%20five%20for%20a%20laptop>. (14.09.2023).
- [7] Intel Corporation. Changes in Customer Support and Servicing Updates for Select Intel® Processors. 2023. <https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000022396/processors.html>. (03.12.2023).
- [8] Islam M. T., Dias P., Hunda N. Young consumers' e-waste awareness, consumption, disposal, and recycling behavior: A case study of university students in Sydney, Australia *Journal of Cleaner Production*, 2021, nr 282. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124490>. (03.12.2023)
- [9] Alcántara-Concepción V., Gavilán-García A., Gavilán-García I. C. Environmental impacts at the end of life of computers and their management alternatives in México. *Journal of Cleaner Production*, 2016, nr 131, lk 615-628. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.125>. (03.12.2023)
- [10] Destatis. European Union produces 4.7 million tons of electronic waste. 2023. https://www.destatis.de/Europa/EN/Topic/Environment-energy/E_Waste.html. (25.03.2024).
- [11] Kouloumpis V., Konstantzos G. E., Chroni C., Abeliotis K., Lasaridi K. Does the circularity end justify the means? A life cycle assessment of preparing waste electrical and electronic equipment for reuse. *Sustainable Production and Consumption*, 2023, nr 41, lk 291-304. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.08.008>. (22.01.2024)
- [12] MTÜ Eesti Elektroonikaromu. Miks on halb, kui tühjad patareid ja vanad nutitelefonid satuvad olmeprügi hulka? 2023. <https://elektroonikaromu.ee/et/miks-on-halb-kui-tuhjad-patareid-ja-vanad-nutitelefonid-satuvad-olmeprugi-hulka/>. (22.01.2024).
- [13] Kliimaministeerium. Jäätmed. 2024. <https://kliimaministeerium.ee/elukeskkond-ringmajandus/jaatmed>. (22.01.2024).

- [14] Bigelow S. J. What is network-attached storage (NAS)? A complete guide. 2022. <https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/network-attached-storage>. (24.03.2024).
- [15] Synology incorporation. DiskStation DS223. 2024. <https://www.synology.com/en-sg/products/DS223>. (24.03.2024).
- [16] Lind A. LTAT.06.001 Operatsioonisüsteemid Salvestusseadmed. Loeng 7, 2023. https://courses.cs.ut.ee/2023/os/fall/Main/Lectures?action=download&upname=2023OS_Loeng_007.pdf. (03.05.2024)
- [17] Statista. Forecast number of personal cloud storage consumers/users worldwide from 2014 to 2020. 2016. <https://www.statista.com/statistics/499558/worldwide-personal-cloud-storage-users/>. (18.03.2024).
- [18] Yugandhara R. Y. Private Cloud Services Market Share and Analysis Report 2023. 2023. https://www.researchgate.net/publication/369301697_Private_Cloud_Services_Market_Share_and_Analysis_Report_2023. (18.03.2024).
- [19] The University of Texas at Austin. Risks of Cloud Services. <https://security.utexas.edu/iso-policies/cloud-services/risks>. (18.03.2024).
- [20] Dropbox incorporation. Dropbox Privacy Policy. 2023. <https://www.dropbox.com/privacy>. (18.03.2024).
- [21] Neumann P. G. Risks and myths of cloud computing and cloud storage. *Communications of the ACM*, 2014, nr 57. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2661049>. (18.02.2024)
- [22] Armstrong M. What's in the Cloud? 2021. <https://www.statista.com/chart/25896/gcs-cloud-storage-services-usage/>. (18.03.2024).
- [23] Microsoft 365 Team. 8 tips for creating a wiki everyone will use. 2021. <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/business-insights-ideas/resources/8-tips-for-creating-a-wiki-everyone-will-use>. (14.05.2024).
- [24] Martin N. A., Martin R. Would You Watch It? Creating Effective and Engaging Video Tutorials. *Journal of Library & Information Services in Distance Learning*, 2015, nr 9, lk 40-56. <https://doi.org/10.1080/1533290X.2014.946345>. (14.05.2024)
- [25] Plex Incorporation. Plex. 2024. <https://www.plex.tv/>. (27.03.2024).
- [26] Petersen R. Ubuntu 21.04 Server: Administration and Reference. Alameda: Surfing Turtle Press. 2021. <https://books.google.ee/books?id=H78yEAAQBAJ&lpg=PT24&dq=%22ubuntu%20desktop%22%20and%20%22server%22&lr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>. (27.03.2024)
- [27] Pettersson E. Comparison of system performance during DDoS attacks in modern operating systems. University of Skövde. infotehnoloogia bakalaureusetöö. 2017. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1111149/FULLTEXT01.pdf>. (27.03.2024)
- [28] Ubuntu. 2024. <https://ubuntu.com/>. (27.03.2024).
- [29] El Haddi M. L., Rahayu S., Arisandi F. Analisa Perbandingan Performansi (QOS) Media Streaming Server Antara Jellyfin Dengan Plex. Sukabumi: Seminar Nasional Teknologi dan

Riset Terapan. 2021.

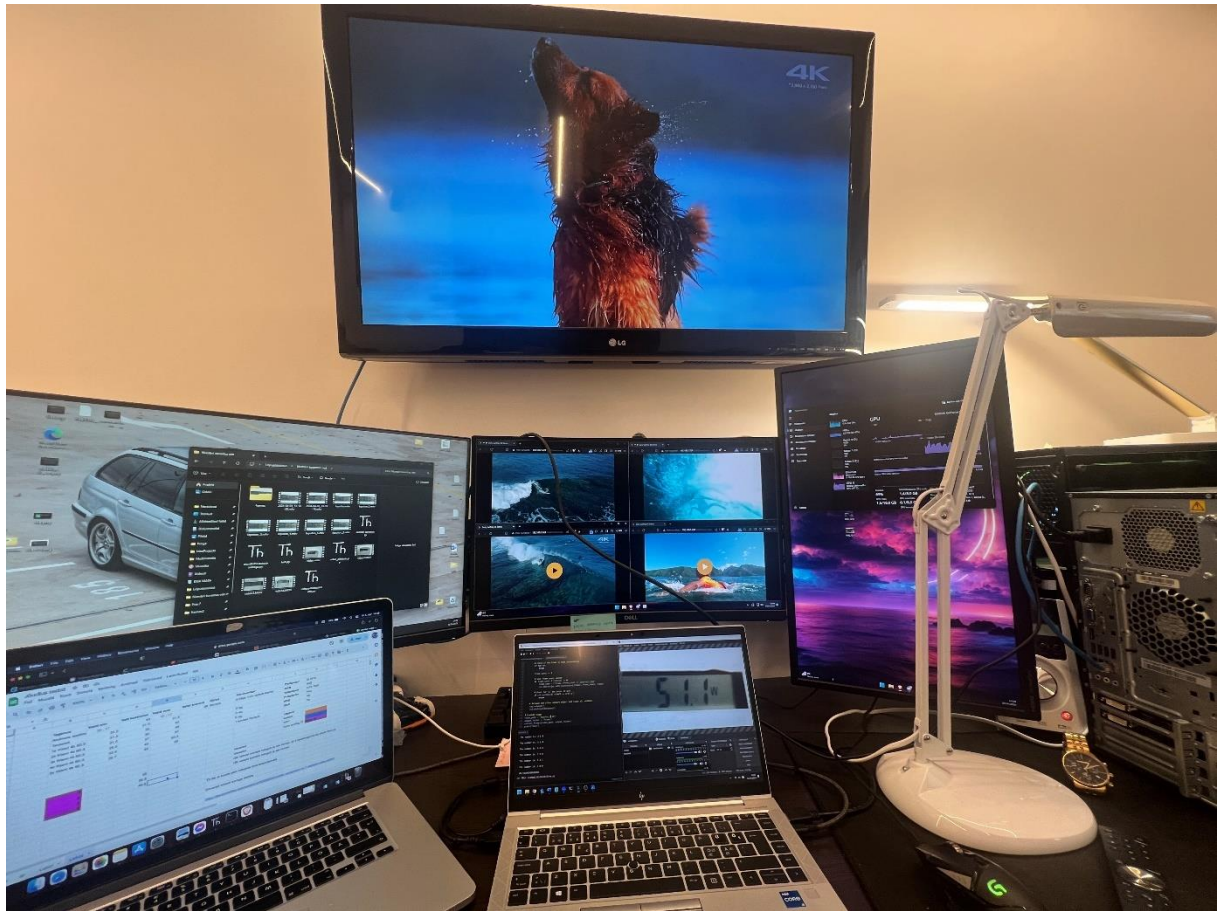
<https://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/322/118>. (27.03.2024)

[30] Samba. <https://www.samba.org/>. (14.05.2024).

[31] OpenAI (2024). ChatGPT (3.5): <https://chat.openai.com/>.

Lisad

Lisa 1. Videovoogude jälgimine ja voolumõõdistamine



Lisa 2. Numbrituvastuse Python programm

https://github.com/RaitP/TY_Loputoo/tree/main/kood

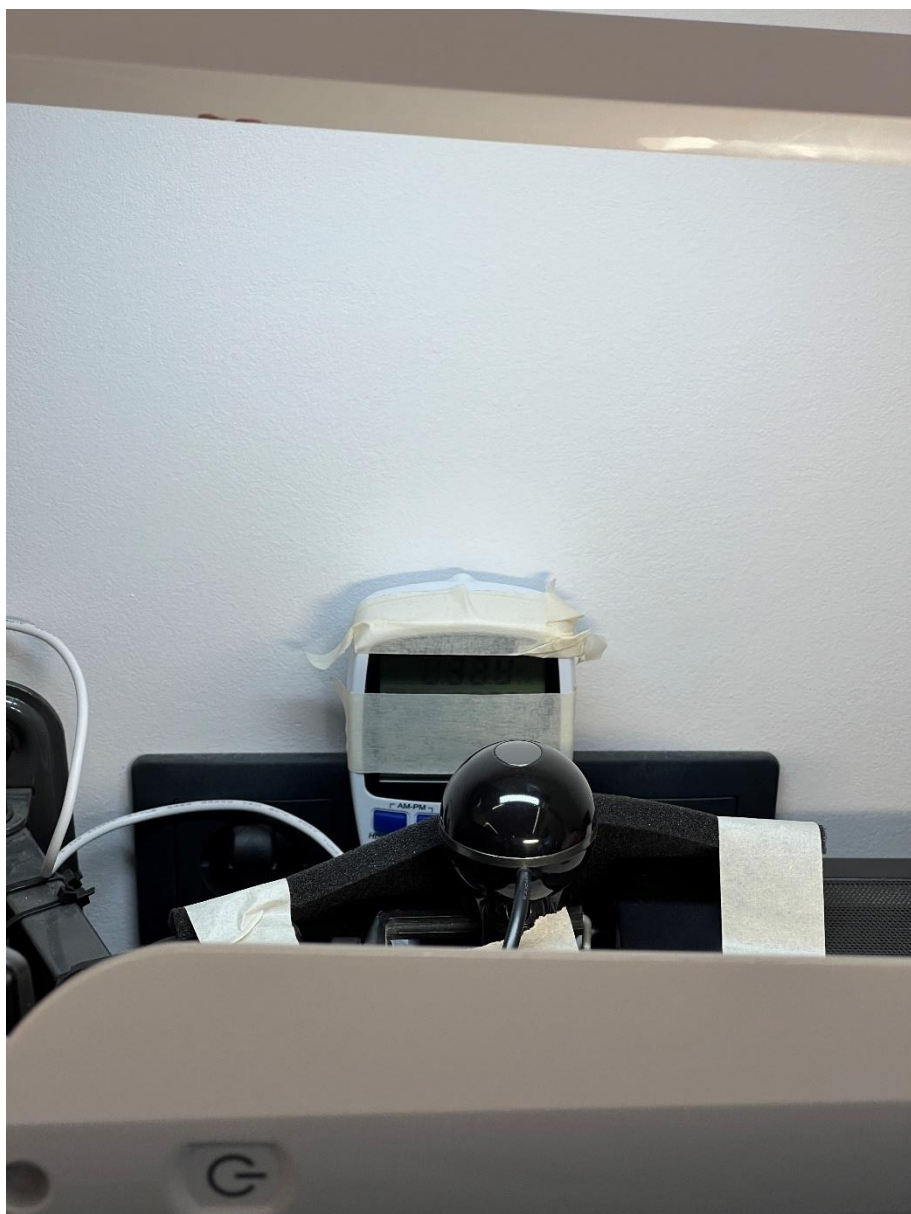
Lisa 3. ChatGPT vestlus

<https://chatgpt.com/share/f4612217-010c-4cfb-84f9-6340b9493c93>

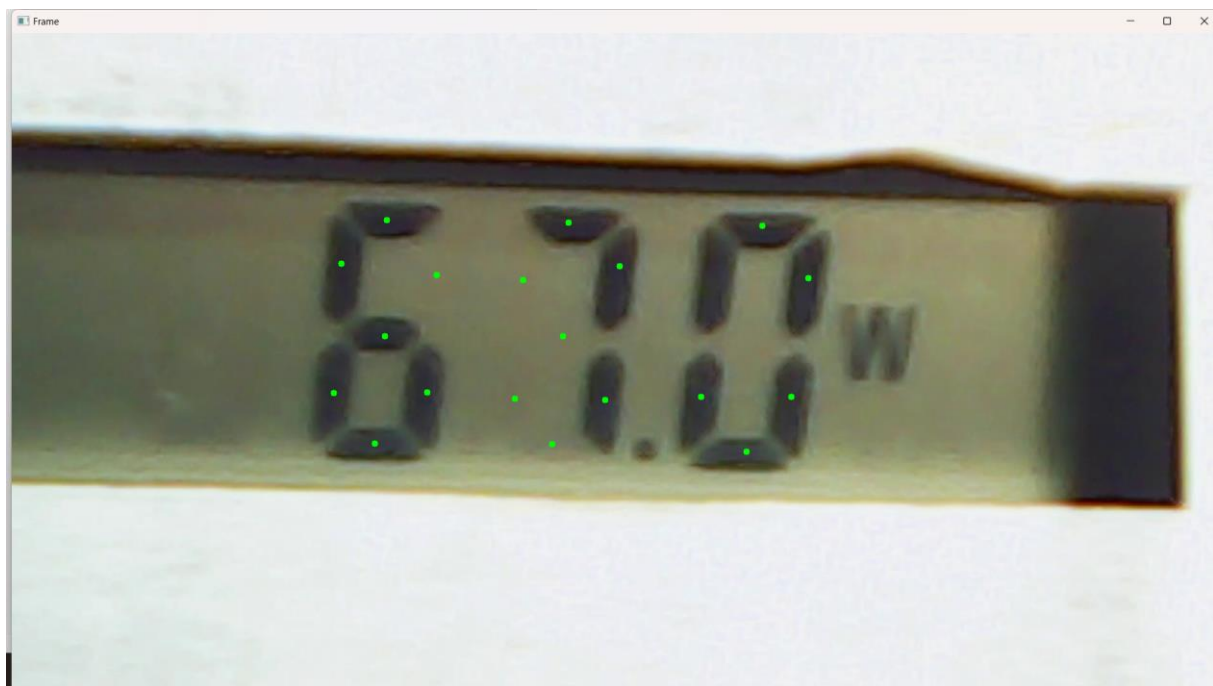
Lisa 4. Voolumõõtja ekraan



Lisa 5. Veebikaamera voolumõõtjat filmimas



Lisa 6. Numbrite segmentide valimine



Lisa 7. Github viki

https://github.com/RaitP/TY_Loputoo/wiki/Juhend-arvuti-kohandamiseks-koduserveriks

Lisa 8. YouTube video

<https://youtu.be/RjKrSMNtPmc>

Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Rait Pommer,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose Vananenud arvuti korduskasutamine koduserverina ja juhendmaterjalide koostamine, mille juhendaja on Jaan Janno, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Rait Pommer
15.05.2024