

**TAL
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**TEENUSSEADMETE JÄTKUSUUTLIKKUS
ETTEVÖTTES TELIA EESTI AS**

**CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT SUSTAINABILITY IN
TELIA EESTI AS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Timo Pipar

Üliõpilaskood: 123130EALM

Juhendaja: Kati Kõrbe, PhD

Tallinn 2024

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

(kuupäev digiallkirjas)

Autor: Timo Pipar /allkirjastatud digitaalselt/

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

(kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Kati Kõrbe, PhD /allkirjastatud digitaalselt/

Kaitsmisele lubatud

(kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmiskomisjoni esimees /allkirjastatud digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Timo Pipar

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Teenuseadmete jätkusuutlikkus ettevõttes Telia Eesti AS“ (inglise keeles „Customer premises equipment sustainability in Telia Eesti AS“), mille juhendaja on Kati Kõrbe,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Timo Pipar /allkirjastatud digitaalselt/

(kuupäev digiallkirjas)

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

TalTech Mehaanika ja tööstustehnika instituut
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Timo Pipar, 123130EALM
Õppekava, peeriala: EALM02/12 – Logistika, tarneahela juhtimine
Juhendaja(d): Kati Kõrbe, PhD

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Teenusseadmete jätkusuutlikkus ettevõttes Telia Eesti AS
(inglise keeles) Customer premises equipment sustainability in Telia Eesti AS

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Selgitada välja vaadeldavate uute ja kasutatud elektroonikaseadmete keskkonna- ja majanduslik mõju.
2. Selgitada välja taaskasutatud seadmete töökindlus kliendi tagasiside pinnalt.
3. Luua teadmine, mis oleks aluseks parimaks elektroonikaseadmete jätkusuutlikuks käitlemiseks Telia Eesti AS-s.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise materjali läbitöötlemine ja ülevaate koostamine	15.01.2024
2.	Andmete kogumine ja töötlus	31.03.2024
3.	Tulemuste kirjeldamine	09.04.2024
4.	Lõputöö viimistlemine ja esitamine	20.05.2024

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "20" mai 2024a

Üliõpilane: Timo Pipar (allkirjastatud digitaalselt) (kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Kati Kõrbe (allkirjastatud digitaalselt) (kuupäev digiallkirjas)

Programmijuht: Peep Tomingas (allkirjastatud digitaalselt) (kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

EESSÕNA.....	7
SISSEJUHATUS	9
1. ELEKTROONIKASEADMED.....	11
1.1 Elektroonikaseadmete tööstus.....	12
1.2 Seadme tarneahel ja elukaar	13
1.3 KHG protokoll järgi kliimamõju hindamine	22
1.4 Uurimisprobleem	23
2. UURIMISOBJEKT	24
2.1 Telia Eesti AS	24
2.2 Vaadeldavad seadmed	24
2.3 Telia Eesti AS tarneahel.....	25
2.4 Telia Eesti AS jätkusuutlikkus	28
3. METOODIKA.....	30
3.1 Uurimisstrateegia	30
3.1.1 Toote elutsükli keskkonnamõju hindamine	31
3.1.2 Toote elutsükli majandusliku mõju hindamine	34
3.2 Toote elutsükli majandusliku ja keskkonnamõju integreeritud hindamine.....	35
3.3 Kliendikogemuse analüüs.....	36
3.4 Tulemuste valideerimine	37
4. TULEMUSED JA SOOVITUSED	39
4.1 Eesmärgi ja käsitusala määratlemine	39
4.2 Olelusringi inventuuranalüüs.....	40
4.3 Olelusringi mõju hindamine	45
4.3.1 Mõjukategoriate, mõjukategooria indikaatorite ja iseloostusmudelite valik	45
4.3.2 Tulemuste seostamine mõjukategoriatega (liigitamine)	45
4.4 Tõlgendamine	50
4.5 Toote elutsükli majandusliku mõju arvutus.....	50
4.6 Seadmete kasutuse kliendikogemus	55

4.7 Tulemused.....	55
4.8 Tulemuste valideerimine	56
4.9 Soovitused Teliale	58
KOKKUVÕTE.....	59
SUMMARY	61
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	63

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teemaks on teenusseadmete jätkusuutlikkus Telia Eesti AS-s (edaspidi Telia). Teenusseadmed on sellised elektroonikaseadmed, mis on vajalikud teenuse osutamiseks klientidele ja need seadmed asuvad kliendi juures. Antud töös vaadeldakse ruutereid ja digibokse. Ruuter on seade, mis on vajalik koduse internetiühenduse loomiseks ning digiboks on vajalik kodus televisiooniteenuse kasutamiseks.

Käesoleva lõputöö uurimisküsimus käsitleb teenust pakkuva ettevõtte elektroonikaseadmete jätkusuutliku tarneahela kujundamist. Seejuures on oluline mõista, kuidas luua tasakaal, kus keskkonnasõbralik tarneahel on mitte ainult ökoloogiliselt, vaid ka äriliselt jätkusuutlik.

Lõputöö uurimisstrateegia on juhtumiuuring, mis seisneb Telia Eesti AS elektroonikaseadmete elutsükli jätkusuutlikkuse hindamisele, keskendudes ESG (keskkonnavalaste, sotsiaalsete ja ettevõtte juhtimise) aspektidest keskkonnamõjule (jalajäljele) ja ettevõtte majanduslikule jätkusuutlikkusele.

Autor tänab magistritöö juhendajat Kati Kõrbet suunamise ja näpunäidete eest. Lisaks soovib autor tänada tööandjat õpingutele panustamise võimaluse eest ja kõiki kolleege, kes töö valmimisele kaasa aitasid. Eriliselt soovib autor tänada kolleegi Raina Jürgens, kes aitas palju kaasa lõputöö valmimisele ning osales valdkonna eksperdina tulemuste valideerimisel.

Võtmesõnad: jätkusuutlikkus, tarneahel, elektroonikaseadmed, heitmed, magistritöö.

Lühendite ja tähiste loetelu

IKT – info- ja kommunikatsioonitehnoloogia

KHG – kasvuhoonegaasid

EES – elektri- ja elektroonikaseadmed

ESG – (Environmental, social, and governance) - ettevõtte keskkonna- sotsiaalsete ja juhtimisstandardite kogum

LCSA – (Life Cycle Sustainability Assessment) – toote elutsükli jätkusuutlikkuse hindamine

LCA – (Life Cycle Assessment) - toote elutsükli keskkonnamõju hindamine

LCIA – (Life Cycle Impact Assessment) - olemusringi mõju hindamine

LCC – (Life Cycle Cost) - toote elutsükli majandusliku mõju hindamine

LCI – (Life Cycle Inventory) - olemusringi inventuuranalüüs

CO_{2e} - süsinikdioksiidi ekvivalent

ABS - plast ehk akrüülnitriilbutadieenstüreen

PCB – trükkplaat

DDP – (Delivered Duty Paid) tarnitud, toll on tasutud

SISSEJUHATUS

Globaalse turu dünaamilisus sunnib ettevõtteid muutma oma tootmisstrateegiaid, et saavutada jätkusuutlik ja optimaalne toimimine. Ressursside nappus ning jäätmete tekkimisest tulenev negatiivne keskkonnamõju on peamised motiivid, miks tootmisesse kaasatakse jätkusuutlikkus. Tänapäeval hõlmab jätkusuutlikkus peaaegu kõiki ettevõtete poliitikaga seotud aspekte, sealhulgas majanduslikke, sotsiaalseid, ohutuse ja keskkonnaalaseid [1].

Magistritöös keskendub autor jätkusuutlikkusele, mille all mõistab ettevõtte keskkonna jalajälge ja majanduslikku jätkusuutlikkust ning kuidas mõjutab erineval viisil elektroonikaseadmete käitlemine kliendikogemust. Esmalt uurib autor ettevõtte tegevusest tulenevat keskkonnamõju kliimamõju vaatest. Järgnevalt majanduslikku jätkusuutlikkust, mis hõlmab ressursikasutuse tõhusust ning analüüsib, kuidas need aspektid on seotud keskkonnahoidliku tegevusega. Magistritöö raames uuritakse võimalusi, kuidas ettevõtte saaks oma majanduslikku jätkusuutlikkust parandada, rakendades ringmajanduse põhimõtteid ning kuidas see mõjutab kliendikogemust.

Magistritöö eesmärk on luua teadmine, mis oleks aluseks parimaks elektroonikaseadmete jätkusuutlikuks käitlemiseks Telias. Eesmärgi saavutamiseks tuleb muuhulgas leida vastused järgmistele uurimisküsimustele.

- Milline on teenuseseadmete elukaare keskkonnamõju?
- Kui palju on keskkonnamõju võimalik vähendada seadmeid taaskasutades?
- Milline on seadmete taaskasutuse majanduslik mõju ettevõtetele võrreldes uute seadmete kasutamisega?
- Milline on taaskasutatud seadmete töökindlus kliendi tagasiside pinnalt?

Magistritöö koosneb neljast osast:

- esimeses osas antakse ülevaade elektroonikaseadmete elukaarest ja tarneahelast;
- teises peatükis keskendutakse Teliale. Kirjeldatakse hetkel toimivat tarneahelat ja püstitatakse uurimisprobleem, eesmärk ja küsimused;
- kolmandas osas tutvustatakse töö uurimisstrateegiat ja meetodikat;
- töö neljandas osas tuuakse välja uurimuse tulemused, tehakse järeldused ning antakse soovitusi.

Käesolevas töös on tegemist juhtumiuuringuga, mis viiakse läbi Telia põhjal. Magistritöös keskendutakse peamiselt elektroonikaseadmete elutsükli jätkusuutlikkuse hindamisele, keskendudes ESG (keskkonnaalaste, sotsiaalsete ja ettevõtte juhtimise) aspektidest keskkonnamõjule (jalajäljele) ja ettevõtte majanduslikule

jätkusuutlikkusele. Kasutatakse kvantitatiivseid uurimismeetodeid, kus esmalt kirjeldatakse hetkeolukorda ja seejärel viiakse läbi andmeanalüüs seadmete elukaare jätkusuutlikkuse hindamiseks, kasutades elutsükli jätkusuutlikkuse hindamise (LCSA) põhimõtteid. Antud magistritöö piiranguna viiakse LCSA analüüsis läbi toote elutsükli keskkonnamõju ja majandusliku mõju hindamine, jättes välja toote elutsükli sotsiaalse mõju hindamise, kuna see ei ole käesoleva töö eesmärk.

Kokkuvõttes on magistritöö eesmärk luua teadmine, kuidas ettevõtte saab elektroonikaseadmete käitlemisel saavutada tasakaalu keskkonnaalaste kohustuste ja majandusliku tulemuslikkuse vahel ning kuidas see tasakaal võib aidata kaasa ettevõtte pikaajalisele jätkusuutlikkusele ja konkurentsivõimele turul.

1. ELEKTROONIKASEADMED

Elektri- ja elektroonikaseadmed (EES) on saanud igapäevaelu oluliseks osaks ning on hädavajalikud kaasaegsetes ühiskondades. Kõrgem sissetulekute tase, lühemad seadmete elutsüklid, kasvav linnastumine ja edasine globaalne tööstustööstus viivad üha suuremate EES koguste kasvuni. EES on sageli keerulised seadmed, mis sisaldavad mitmeid materjale ja toote koostisosi, mis on tavaliselt optimeeritud tootmise ja koostamise seisukohalt. Mõned kasutatavad materjalid on väärtuslikud (näiteks kuld, hõbe), samas kui mõned materjalid võivad olla potentsiaalselt ohtlikud (näiteks elavhõbe) või on klassifitseeritud konfliktimaterjalidena (näiteks kobalt). [2] Kaasaegsetes seadmetes kasutatavate plastikute mitmekesisuse ja keerukuse suurenemine avaldab negatiivset mõju toote elutsükli hilisematele etappidele [3].

1990ndate alguses tõid personaalarvutid kaasa uue ajastu ning interneti saabumine laiemal avalikkusel jaoks muutis maailma veelgi rohkem avatuks ja ühendatuks. Kui aastal 2005 oli maailma rahvastikust interneti kasutajaid 16%, siis aastal 2023 juba 67%. Interneti kasutajate arv kasvas selle ajaga 1-lt miljardilt 5,4-le miljardile. [4] Statistikaameti andmetel on 14.09.2023 seisuga internetiühendus 93,2%-s Eesti kodudes. Võrreldes aasta taguse ajaga, mil internetiühendusega leibkondi oli kokku 533 300, on see arv tõusnud 13 000 võrra [5].

Internetiteenuse lõppkasutajate koguarvust moodustas kaabeltehnoloogial (digitaalne lairibaühendus telefoniliinil, kaabelmodemil ja valguskaablil) põhineva interneti lõppkasutajate osakaal aastal 2022 kõigist internetiteenuse kasutajatest kokku 54%, kellest 95% kasutas komplekslahendust, kus lisaks internetiteenusele tarbiti veel mõnda sideteenust (TV teenus näiteks) [6].

Telekommunikatsiooniteenuste kasutamise suurenemine on toonud kaasa ka suurenenud vajaduse erinevate seadmete järele ning ka suurenenud energiavajaduse. Telekommunikatsiooniteenuse üheks lahutamatuks osaks on teenuse pakkumiseks vajalikud elektroonikaseadmed. 2022. aastal suurenes interneti püsiühenduste teenuse lõppkasutajate arv 22% ja koos mobiilse internetiühendusega suurenes internetikasutajate arv 15%, hõlmates nüüdseks ligi 752 000 kasutajat. xDSL-i, kaabelmodemi ja valguskaablil põhineva interneti lõppkasutajate osakaal moodustas kõigist internetiteenuse kasutajatest kokku 54%, mis teeb kokku kaabliga koduinterneti kasutajate arvuks üle 400 000 kasutaja. Interneti püsiühenduste lõppkasutajatest tarbib umbes 93% kolme ettevõtte – Telia Eesti AS, Elisa Eesti AS ja STV AS – internetiteenuseid. [6] IKT sektor kasutas aastal 2020 kogu maailma elektritootmisest 4%, mis omakorda põhjustas 1,4% kogu maailma kasvuhoonegaaside emissioonist.

Lõppkasutaja seadmed moodustasid nendest emissioonidest üle poole. [7] Elektroonilised jäätmed on oluline osa maailmas tekkivatest jäätmetest, tekitades umbes 5% kõigist tahketest jäätmetest maailmas [8].

1.1 Elektroonikaseadmete tööstus

Maailma elektroonikaseadmete tööstus on oluline osa kaasaegses ühiskonnas, pakkudes mitmekülgseid ja uuenduslikke seadmeid alates nutitelefonidest ja arvutitest kuni kodumasinateni ning meditsiiniliste seadmeteni, mis on muutunud lahutamatuks osaks meie igapäevasest elust [9]. Sellest tulenevalt on oluline elektroonikaseadmete tootmise, kasutamise ja kõrvaldamise mõju keskkonnale. Esimene ja üks olulisemaid aspekte on energia- ja ressursikasutus tootmisprotsessis. [10]

Globaalne tööstuslik energia tarbimine suurenes keskmiselt 1% aastas aastatel 2010 kuni 2019; 2020. aastal moodustas tööstussektor 38% kogu maailma lõppenergiakasutusest. Tootmisektor on tööstussektori oluline komponent ning kuigi energiatõhusus tootmisektoris on paranenud, jääb eesmärk saavutada netoheittevabad emissioonid aastaks 2050 endiselt keeruliseks ülesandeks. [11]

Lisaks energiakasutusele tekib elektroonikajäätmeid, mille nõuetekohane kõrvaldamine ja ringlussevõtt on üha suurenev probleem. Täna pärineb peamine majanduslik stiimul jäätmete elektri- ja elektroonikaseadmete ringlussevõtuks metalli taaskasutusest. EES-jäätmete plastiku ringlussevõtt esindab endiselt suurt väljakutset, kuna plastiku fraktsioon koosneb mitmesugustest polümeeridest ja lisanditest koosnevast keerulisest segust. Põhilised plastikuliigid EES-jäätmetes on akrüülnitriilbutadieenstüreen (ABS), polüstüreen (HIPS), polükarbonaat (PC), PC/ABS segu ja polüpropüleen (PP). [3]

Paljud tarbijad viskavad oma vanad seadmed lihtsalt prügikasti, mis omakorda suurendab jäätmete hulka, mis lõpuks ladestatakse prügilatesse või põletatakse, põhjustades saastet ja ressursside raiskamist [9]. Lisaks võivad elektroonikaseadmetes kasutatavad ohtlikud ained, nagu plii, elavhõbe ja bromiidid, kui neid ei töödelda korralikult, sattuda keskkonda ja kujutada ohtu nii loodusele kui inimeste tervisele [2].

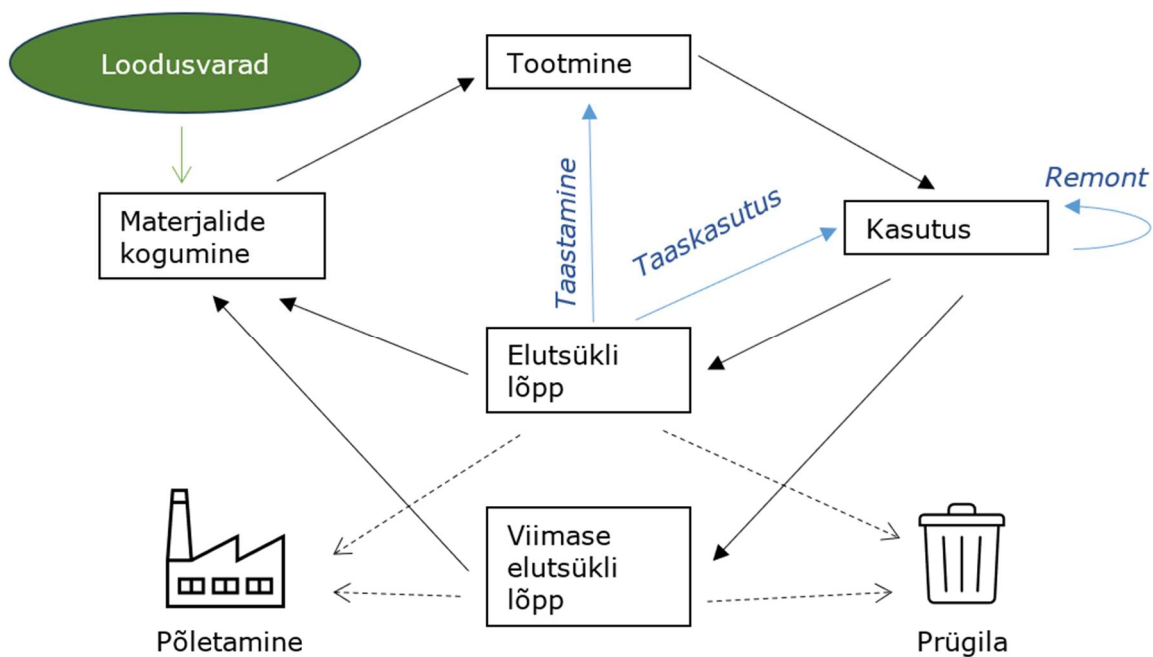
Seega on üha olulisem, et elektroonikaseadmete tööstus suunaks oma pingutused keskkonnasõbralikumate lahenduste poole. Üks viis on läbi paindlike ja ökoloogiliselt sõbralike materjalide, nagu tselluloos, siid, tärklis, kitiin, kollageen ja polüpiimhape kasutamise. Neid materjale, mis kõik pärinevad taastuvatest toorainetest, mida on küllaldaselt ja madala hinnaga, uuritakse praegu alternatiividena. Üks paljudest lootustandvamatest kandidaatidest on nanotsetluloos (NC), mis pärineb puidust, kuna

see on kerge, mittetoksiline, paindlik, taaskasutatav, mehaaniliselt tugev ja termiliselt stabiilne. [9]

Lisaks energiatõhusamate tootmisprotsesside kasutuselevõtmisele, on oluline seadmete uuesti ringlussevõtt ja taaskasutamise edendamine. Samuti on oluline tarbijate teadlikkuse tõstmine ning jätkusuutlike propageerimine. [2]

1.2 Seadme tarneahel ja elukaar

Ressursside parima kasutamise eesmärgiks on hoida tooted ja materjalid võimalikult kõrge väärtuse juures kogu ahelas. [12]. Ringmajandus on laiaulatuslik kontseptsioon, mis hõlmab seadme täielikku elutsüklit (Joonis 1). Kaupu saab kavandada nii, et neid kasutatakse kauem, parandatakse, uuendatakse, renoveeritakse, remonditakse ja/või lõpuks taaskasutatakse selle asemel, et need ära visata. [13]



Joonis 1: Seadme elukaar [14]

Üheks võimaluseks seadmete väärtuse hoidmiseks on nende taaskasutus teenuse elukaare lõpus. Keskkonna seisukohalt on taaskasutame kasulik, kui taaskasutuse protsessile kuluvad ressursid ja hilisem seadme kasutusest tulenev mõju on kokku väiksem, kui uue seadme puhul. [12]

Uute seadmete tootmine

21. sajandil on olnud kiire kasv elektriliste ja elektrooniliste seadmete (EES) tootmises ja kasutamises [10]. Kui ressursitarbimine jätkub samas tempos nagu viimastel aastatel, vajaks maailma elanikkond aastaks 2050 kolm korda rohkem toormaterjale ja 70% rohkem toitu. Järgmise kahekümne aasta jooksul suureneb vajadus vee ja energia järele ainuüksi 35–40%. See ressursivõidujooks avaldab olulist mõju Euroopa majandusele, kus 40% kogukuludest on seotud toormaterjalide tarbimisega, võrreldes 20%-ga tööjõukuludest ning põhinedes kaupade turul, kus alates aastast 2000 on toimunud iga-aastane hinnatõus 6%. [15]

Elektri- ja elektroonikaseadmete jätkusuutlikkuse parandamiseks peaksid nende tootmisprotsessid, materjalid ja energiakasutus vähendama keskkonnamõjusid. Seadmeid tuleks toota madala energiakuluga ja kasutades mittetoksilisi või vähem toksilisi materjale ja kemikaale/lahusteid ning tekitades võimalikult vähe jäätmeid (nulljäätmete tootmisprotsess). [16]

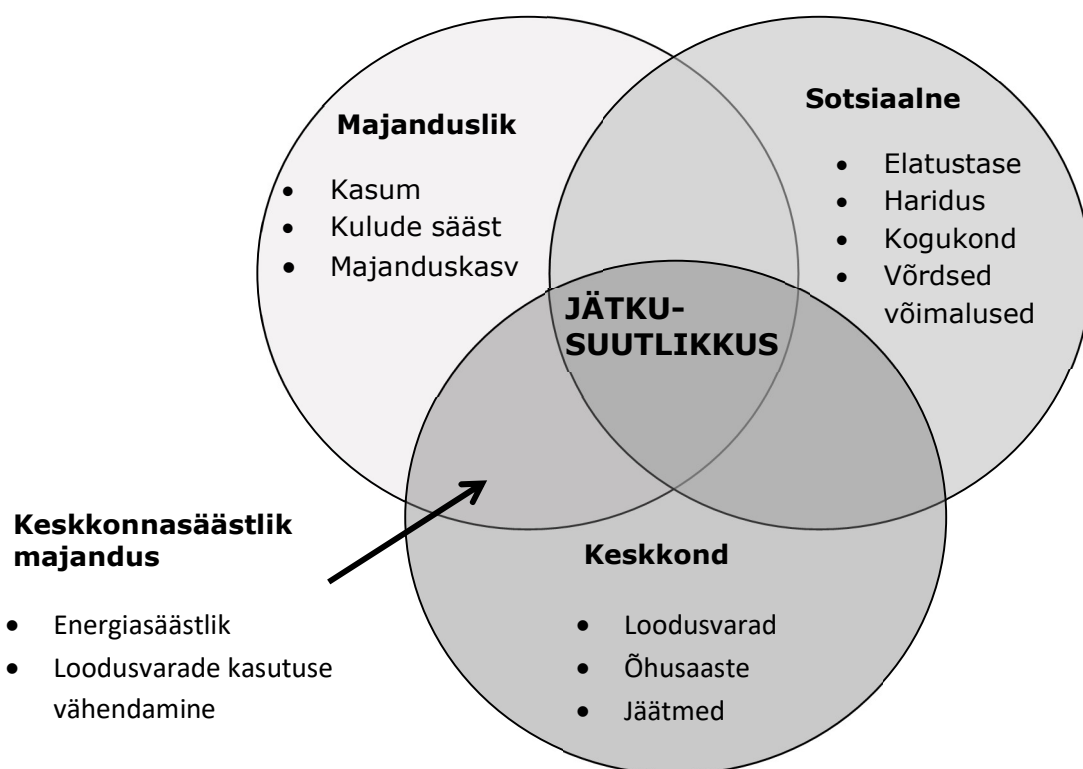
Lisaks on teadlased hakanud uuesti huvi tundma lean tootmise vastu, et arendada jätkusuutlikumaid lahendusi, mis suudaksid mitte ainult jäätmeid minimeerida, vaid ka vähendada traditsiooniliste tööstuslike tavadega kaasnevat keskkonna- ja sotsiaalseid negatiivseid mõjusid, laiendades, muutes ja uuendades lean metoodikaid. [17]

Lean tootmine pakub organisatsioonidele vahendeid nende konkurentsivõime parandamiseks, suurendades väärtust klientidele tootlikkuse, efektiivsuse, kvaliteedi ja kliendirahulolu seisukohalt, vähendades ressursside tarbimist tootmises tekkivate jäätmete kõrvaldamise kaudu. Sellised tootmispõhimõtted, mis põhinevad klientide nõudlusel, koos inimeste elustandardite paranemisega, on viinud toodete nõudluse kasvuni, mille rahuldamiseks toodetakse üha suurem hulk kaupu ja mis omakorda suurendab saastamise ja jäätmete teket. [17]

Traditsiooniliste tootmisviiside korral on tootjate eesmärgiks võimalikult palju tooteid müüa, et teenida rohkem tulu ning suurendada oma turuosa. Seejuures pööravad harva tähelepanu toodete elueale, mis tavaliselt viib piiratud ressursside raiskamiseni ja keskkonnaprobleemideni. Majandusliku globaliseerumise ja üha karmima konkurentsi saabudes mõistavad üha enam tootjaid, et toodete müügist teenitava kasumi võimalus on üsna piiratud ja konkurentsieelise säilitamine on raske. Sellises olukorras kaaluvad nad ärimudeli muutmist, kombineerides tooteid ja teenuseid, mis võivad mitte ainult parandada efektiivsust, vaid ka kaasa tuua positiivseid majanduslikke ja keskkonnamõjusid. [18]

Üheks võimaluseks keskkonnamõju vähendada on rakendada ökodisaini mõtteviisi tootmises. Ökodisain on tootearenduse meetod, mis võtab toote arenduse ja tootmise juures arvesse ka toote keskkonnamõju aspekte. Eesmärgiks on luua toode, mis oma olemusringi (eluiga n-ö hällist hauani) jooksul mõjutaks keskkonda võimalikult vähe. [19]

Jätkusuutliku toote disaini peamised eesmärgid on vähendada toote ressursikasutust ja keskkonnale eralduvaid heitmeid ning parandada selle sotsiaalmajanduslikku mõju kogu elutsükli vältel, alates toote sünnist kuni elukaare lõpuni [20]. Täielikult jätkusuutlik tootmine arvestab korraga kõiki kolme aspekti: majanduslik, sotsiaalne ja keskkonnanalane (Joonis 2) [17].



Joonis 2: Jätkusuutlikkuse alustalad [17]

Seadmete transport

Seoses e-kaubanduse kasvuga on oluliselt suurenenud kauba transpordivajadus klientidele ja seda olulisem on säästlik viimase miili transport, mille lõpp-punktiks on kliendi poolt valitud kättesaamiskoht [21]. Kliendile kauba transpordil on viimase miili transport hinnatud kõige ebatõhusamaks ja kõige enam saastavamaks ja seoses klientide sooviga kaup kiiremini kätte saada, muutub see aina problemaatilisemaks [22].

Eestis on kõige populaarsem viis pakide saatmiseks pakiautomaat. Aastal 2022 Kantar Emori poolt läbi viidud uuring näitas, et aasta jooksul oli pakiautomaadi teenusega paki saanud 86% elanikkonnast ning kulleriga paki saanud 37% elanikkonnast. [23]

Krakowi AGH ülikooli teadlaste 2013. aasta oktoobris läbi viidud analüüs näitas, et InPosti pakiautomaatide kullerteenus suudab ühe päevaga kohale toimetada 600 pakki, läbides ligikaudu 70 km. Traditsioonilises kohaletoimetamissüsteemis aga toimetatakse vastavalt kohale vaid 60 pakki, läbides seejuures 150 km (Tabel 1). [24]

Tabel 1: Pakiautomaatide ja kullerteenuste võrdlus [24]

Mõõdik	Kuller	Pakiautomaat
Päevas läbitud kilomeetreid	150	70
Päevas kohale toimetatud pakke	60	600
CO ₂ emisioone paki kohta	300g	14g
Kütusekulu paki kohta	0,23l	0,01l

Inglismaal 2013 läbi viidus uuringus hinnati Winchester linnas kullerteenuse puhul ühe paki kohaletoimetamise CO₂ heiteks 443g. Lisaks uuriti seost ebaõnnestunud tarnete ja CO₂ emisioonide vahel (Tabel 2). [25]

Tabel 2: KHG emisioonid erinevate ebaõnnestunud tarnete osakaaludega [25]

Ebaõnnestunud tarnete osakaal	0	10%	20%	30%	40%	50%
gCO ₂ paki kohta	443	541	578	613	631	645
Suurenemine võrreldes baasväärtusega	-	22%	31%	38%	43%	46%

Pakiveo ettevõtte vaatenurgast tuleneb pakiautomaadi kasutuse suurim kasu sellest, et see võimaldab neil paremini oma tarnspordiringe planeerida. Lisaks sellele vähendab pakiautomaati tarnimine võrreldes kullertarnega tühisõitude arvu, sest transport ei olene sellest, kas klient on kättesaadav. [26]

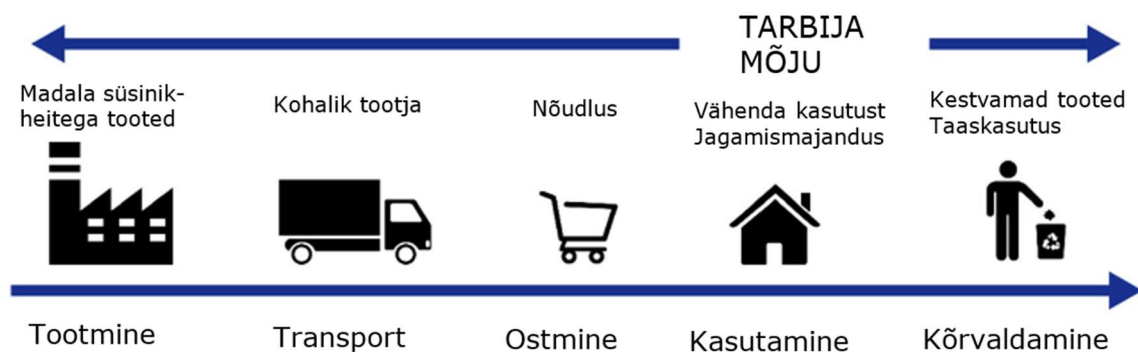
Keskkonna ja ühiskonna mõju hinnates on oluline mõista, kuidas kliendid pakiautomaadi juurde liiguvad ja milliseid vahemaid läbivad. Andmed uuringust, mille täitsid 2933 InPosti pakiautomaadi kasutajat Poolas, näitavad, et 51% sõitis pakiautomaati sõiduautoga, 36% jalgsi ning 13% mõne muu transpordiviisiga. [26]

Seadmete kasutus

Maailm eraldab igal aastal umbes 35 miljardit tonni kasvuhoonegaase (mõõdetuna süsinikdioksiidi ekvivalentidena, edaspidi CO₂e), millest enam kui 10% tuleneb energia kasutamisest eluhoonetes. Euroopa Liidus moodustas eluhoonete energiakasutus 2020. aastal 27,4% koguenergiatarbimisest, millest 24,8% oli elekter. Majapidamiste elektritarbimine vähenes aastatel 2010 kuni 2020 2,3%. [27]

Vaatamata tehnoloogilisele arengule, mis omab potentsiaali toota vastupidavamad ja ümbertöödeldavaid seadmeid, on need tahtlikult kavandatud lühikese eluea jaoks. Elektroonikaseadmete eluiga väheneb, eriti väikeste elektroonikaseadmete puhul, nagu sülearvutid, tahvelarvutid ja mobiiltelefonid. See tuleneb kasutaja arusaamast tootest ja mitte tingimata selle kasuliku eluea lõpust. [28]

On oluline meeles pidada, et kogu tootmine on lõppkokkuvõttes seotud lõppkasutajaga pikkade tarneahelate kaudu (Joonis 3), mistõttu on võimalik suunata tootmist madala süsinikusisaldusega alternatiivide poole mis tahes punktist nendes ahelates. Tarbija käitumise muutused võivad mõjutada globaalseid tootmisprotsesse, suunata nõudlust madala süsinikusisaldusega toodete poole ning muuta globaalse tarbimise taset. Tarbija käitumise muutus on üks viis mõjutada neid samu globaalseid tarneahelaid. [29]

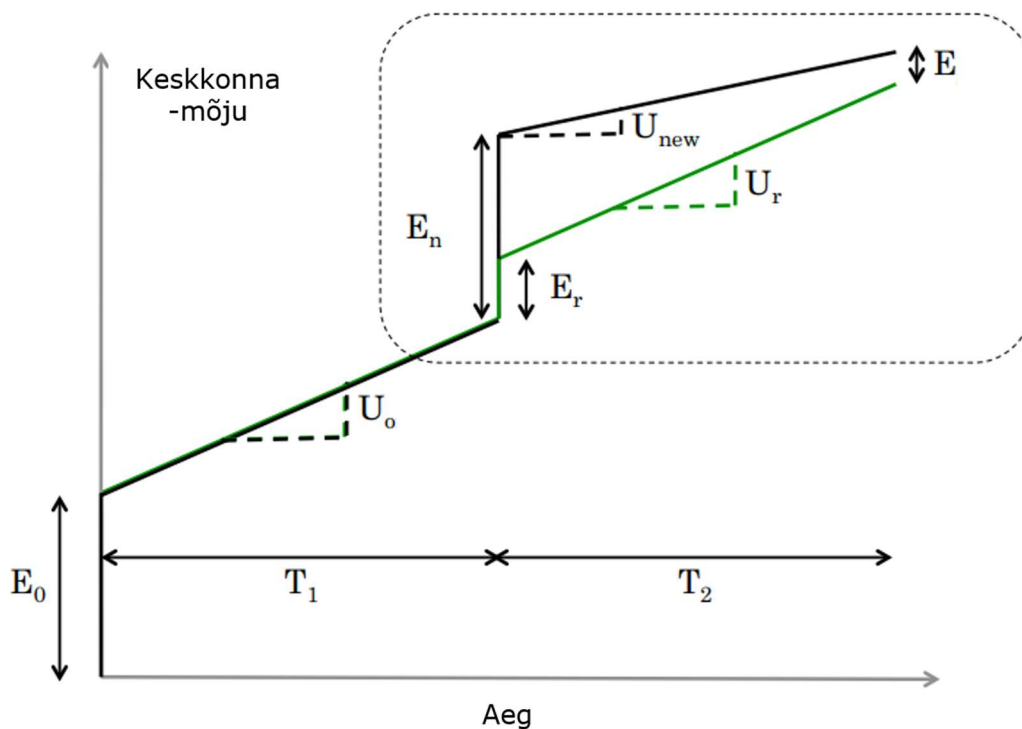


Joonis 3: Tarbija käitumise mõju tarneahelale [29]

Seadmete taaskasutus

Elektroonikaseadmete jäätmete hulk kasvab kiiresti seoses tehnoloogia kiire arenguga, mis muudab seadmed kasutuks ning uued seadmed taskukohase hinnaga kättesaadavaks [30]. Seadmete taaskasutuse puhul on oluline hinnata seadme elukaart ja seadme tehnilisi näitajaid võrreldes uute turul olevate seadmetega selleks, et aru saada, kas taaskasutusest tulenev positiivne mõju (puuduv vajadus uute seadmete tootmise järele) ületab seadme kasutaja jooksul tekkiva võimaliku negatiivse keskkonnamõju (näiteks uus seade võib olla väiksema energiakuluga, Joonis 4).

Kasutatud seadmete ostmine aitab vähendada uue tooraine vajadust, energia kasutust ja kasvuhoonegaaside heitkoguseid. [12]



Joonis 4: Uue toote ja toote kaaskasutuse keskkonnamõju võrdlus [31].

E_0 – Uue seadme tootmise keskkonnamõju

U_0 – Uue seadme kasutusest tulenev keskkonnamõju

T_1 – Seadme esimene kasutusaeg

T_2 – Seadme teine kasutusaeg

E_n – Uue seadme tootmise keskkonnamõju

E_r – Seadme taaskasutuseks ettevalmistamise keskkonnamõju

U_r – taaskasutatud seadme kasutusest tulenev keskkonnamõju

U_n – Uue seadme kasutusest tulenev keskkonnamõju

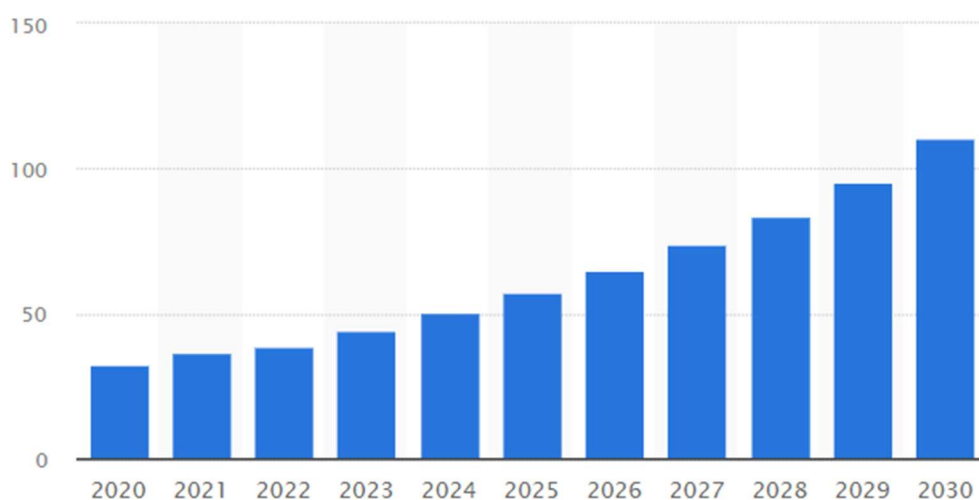
E – Uue seadme ja taaskasutatud seadme kasutusest tulenev keskkonnamõjude erinevus.

Euroopa Parlamendi ja Nõukoja direktiiv 2012/19/EL toob välja hierarhia, milles elektroonikaseadmete taaskasutamine on eelistatud teistele jäätmete haldamise lähenemisviisidele, nagu näiteks nende osade ringlusse võtmine või jäätmetest energia tootmine. Lisaks aitab taaskasutus kaasa ka jäätmete tekkimise vältimisele, mis on jäätmete hierarhias esimene valik. [32]

Seadmete taaskasutuse juures on oluline mitte ainult vaadata seadme võimalikku eluea pikendamist ja sellega seoses kaasnevaid positiivseid mõjusid, vaid tuleb hinnata ka

seadmete remondivajadusi ja vajadust varuosade järele tulevikus [33]. Seadmete taaskasutuse majandusliku mõju hindamiseks tuleb arvestada ka lisaks seadmete laos hoidmise kuluga ja seadmete võimaliku väärtuse langusega võrrelduna hetke edasimüügiväärtusega [34].

Taaskasutuse ja kasutatud seadmete turg on järjest kasvav (Joonis 5). Elektroonikaromu toorainete väärtus muudab selle väärtuslikuks kaubaks, sageli nimetatakse seda linnakaevanduseks. Kui seda vaadeldakse koos negatiivse keskkonnamõjuga, mis tuleneb elektroonikaromu ringlusse võtmata jätmisest või reguleerimata ringlussevõtust, on tugev stiimul neid tooteid ringlusse võtta. [35]



Joonis 5: Globaalne elektroonika taaskasutuse turg (miljardites Ameerika dollarites) [36]

Taaskasutatud seadmete turg kasvab, kuna tarbijate hulgas kasvab muuhulgas ka keskkonnateadlikkus. Poola üliõpilaste seas läbi viidud uuring näitas, et üliõpilased, kes ostsid midagi kasutatud kaupade poest, on keskkonnaprobleemide suhtes teadlikumad. [37] Peamisteks turu tõrgeteks on tarbijate mure taaskasutatud seadme usaldusväärsuse, võimalike remondikulude ja eluea pärast [38].

Taaskasutus ja kliendikogemus

Hollandis läbi viidud uuring taaskasutatud mobiiltelefonide kohta näitas, et tarbijatel on vähe teadmisi renoveeritud telefonide kohta ning nad seostavad neid sageli seadmetega, millel võib olla kahjustusi või ei tööta korralikult. Tarbijate hindasid renoveeritud telefoni ostmist jaemüügikanalitest keeruliseks ning keskkonnaalane kasu pole nende jaoks peamine kaalutlus. Lisaks toodi välja riskid, mis on seotud telefoni hoolduse ja remondiga ning kiiresti aegumisega. [39]

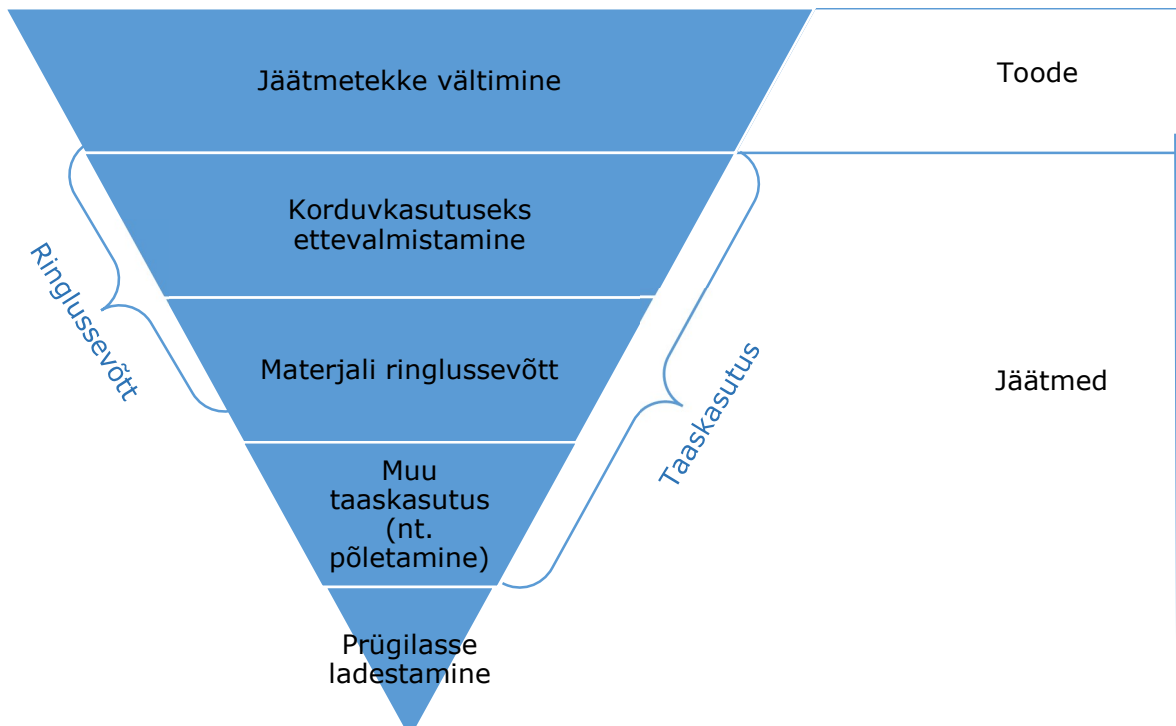
Klientide seisukohalt on oluline, et taaskasutatud seadmed oleksid kvaliteedilt ja töökindluselt võrreldavad uute seadmetega. Taaskasutatud seadmete müüjad tegelevad elektroonikakaupade turu negatiivse kuvandi muutmiseks, pakkudes konkurentsivõimelist garantiid, lihtsustatud saatmis- ja tagastusprotsesse ning suurepärase klienditeenindust. Need ettevõtted püüavad tõsta üldist turustandardit ning harida kliente elektroonika taaskasutamise positiivsetest mõjudest. [40]

Elektroonikaseadmete utiliseerimine

Kompaktsemaks muutudes on elektroonikaseadmed (EEE seadmed) sageli raskemini parandatavad ning tehnoloogia kiire areng vähendab praeguste mudelite efektiivset eluiga. Lisaks võivad elektroonikaseadmete tootjate äristrateegiad mõjutada elektroonikaromude taaskasutust ja parandamist. Näiteks leiti, et Apple, oluline nutitelefonide ja teiste elektroonikaseadmete tarnija, oli aastal 2017 süüdi vanemate nutitelefonide meelega aeglustamises akude eluea vähenemise tõttu. Siiski ei teavitanud Apple kliente tol ajal, et nende seade võib vajada akuvahetust, mis viis tarbetute seadmevahetusteni. [35]

Elektroonikaromu teke on maailmas kasvav mure, mida paljud valitsused ja organisatsioonid, nagu ÜRO, rõhutavad elektroonikaromu ringlussevõtu vajadust ja valitsuse poolt jõustatud haldamise tähtsust. Varem transporditi elektroonikaromu tihti arengumaadesse, et vältida arenenud riikides rangeid ohtlike jäätmete kõrvaldamise eeskirju. See piiriülene liikumine on nüüdseks ebaseaduslik, ning fookus on nihkunud nende toodete ringlussevõtu ja taaskasutuse suunas. [35]

Euroopa Liidu jäätmete raamdirektiivist (2008/98/EÜ) lähtuva põhimõtte järgi on paika pandud hierarhia, mille kohaselt tuleb esmajärjekorras jäätmeteket vältida ja kui see osutub võimatuks, tuleb jäätmeid nii palju kui võimalik ette valmistada korduskasutuseks, siis ringlusse võtta ja muul viisil taaskasutada, et ladestada prügilasse võimalikult vähe jäätmeid (Joonis 6). [41]



Joonis 6: Euroopa Liidu jäätme hierarhia ja ringlusstrateegiad [41]

Elektri- ja elektroonikaseadmete jäätmed (edaspidi EES jäätmed) on üks kiiremini kasvavaid jäätmevooge maailmas. Globaalse elektroonikajäätmete hulga tekkimise suurenemiseks prognoositakse 2 miljonit tonni aastas. Euroopa Liidus on EES-l aastane kasvumäär 2%. [42]

EES jäätmed on jäätmeseaduse mõistes probleemtooted, sest nad sisaldavad tervisele ja keskkonnale ohtlike aineid ja komponente. Selliste jäätmete lahuskogumine muudest jäätmetest aitab kaasa ohtlike ainete mittejõudmisele keskkonda ja toetab EES jäätmetes sisalduvate materjalide taaskasutamist, mis omakorda aitab kaasa esmase tooraine kokkuhoiule. [43]

Euroopas reguleerib EES direktiiv elektroonikaromude (e-jäätmete) elutsükli lõpuetappi. Esimene määrus võeti kasutusele aastal 2002, uus versioon avaldati aastal 2012. Kuni aastani 2015 kasutas direktiiv kokku kogutud seadmete ja taaskasutatud seadmete eesmärgi. Alates aastast 2015 tutvustas direktiiv lisaks ka eesmärgi "ettevalmistatud taaskasutamiseks või ringlusse võtmiseks". Eesmärgid on määratletud protsendina turule lastud seadmete arvust. Viimastel aastatel oleme näinud eesmärkide tõusu, mis näitab ametivõimude ambitsiooni suurendada ringlusastet, kasutades selleks EES õigusakti, kuna see oli algse EES kujunduse üks peamisi eesmärgi. [44]

Alates 2019. aastast on igal aastal saavutatav minimaalne kogumise määr 65% asjaomases liikmesriigis kolmel eelneval aastal turule lastud elektri- ja

elektroonikaseadmete keskmisest massist või 85 % kõnealuse liikmesriigi territooriumil tekkinud elektroonikaromude massist. [32]

1.3 KHG protokoli järgi kliimamõju hindamine

Ettevõtte kasvuhoonegaaside (KHG) ehk süsiniku jalajälg on kvantitatiivselt väljendatud kasvuhoonegaaside heite koguhulk, mida organisatsioon oma tegevuse käigus tekitab. KHG jalajälge saab mõõta ka toodete ja teenuste puhul. KHG protokoll jagab ettevõtte süsiniku jalajälje kolme erineva mõjuala vahel [45]:

Mõjuala 1 hõlmab otseste kasvuhoonegaaside heidet ettevõtte tegevusest tulenevalt. Telekommunikatsiooniettevõtte puhul võib see hõlmata kasvuhoonegaaside heidet oma kontorihoonetest ja andmekeskustest, samuti ettevõtte sõidukite heitgaase. Hindamaks mõjuala 1 heitmeid, peaks ettevõtte koguma andmeid oma energia tootmise ja transpordi kohta, mis toimub ettevõtte enda sõidukitega ning arvutama nende põhjal tekkivaid kasvuhoonegaase. [45]

Mõjuala 2 keskendub energia tootmisele, mida ettevõtte tarbib, kuid mis ei ole otseselt seotud selle tegevusega. See hõlmab peamiselt elektrienergia tarbimist, mida ettevõtte kasutab oma seadmete ja rajatiste toimimiseks. [45]

Mõjuala 3 käsitleb kaudseid heitmeid, mis tulenevad ettevõtte tegevusest, kuid mida ei tekita otse ettevõtte ise. Ettevõtte peab arvestama mõjuala 3 heitmetega, mis on seotud näiteks nende tarnijate tegevusega, töötajate tööreisidega või klientide seadmete tootmisega. Selleks peab ettevõtte looma süsteemi, mis võimaldab neil koguda andmeid nende kaudsete heitmete kohta ning hinnata nende mõju keskkonnale. Mõjualas 3 on erinevaid tegevuskategooriaid 15, millest viis on osaks seadmete elukaarest: [45]

1. sisseostetud/hangitud tooted ja teenused;
2. allavoolu/väljatarnega seotud transport/kaubavedu - organisatsiooni poolt müüdud materjalide, kaupade ja toodete transporti, kus kasutatakse teise organisatsiooni sõidukeid;
3. allavoolu tegevustega seotud liisitud vara – renditud tooted, mis tarbivad kliendi juures energiat;
4. müüdud toodete kasutamine – müüdud tooted, mis tarbivad kliendi juures energiat;
5. müüdud toodete olemusringi lõpus toimuv käitlemine – müüdud tooted, mis pärast eluea lõppu on jäätmed. [45]

1.4 Uurimisprobleem

Lähtudes teoreetilise osa käsitluses välja toodud kitsaskohtadest, on autor püstitanud oma magistritöö uurimisprobleemiks järgneva:

puudub teadmine, milline on parim jätkusuutlik lähenemine elektroonikaseadmete käitlemisele.

Uurimistöö keskendub elektroonikaseadmete tarneahela kujundamisele, rõhutades ökoloogilist ja ärilist jätkusuutlikkust teenust osutavas ettevõttes. Magistritöö raames võetakse ökoloogilise jätkusuutlikkuse hindamisel mõjuala 3 kliimamõju arvutus, mis pakub ülevaadet elektroonikaseadmete kogu elutsükli süsiniku jalajäljest ning sellega seotud tegevustest. Lisaks süsiniku heitmete hindamisele analüüsitakse majanduslikku mõju ettevõttele ning kliendikogemust. Selleks uuritakse, milline on elutsükli kulu erinevate käitlusviiside korral ning kuidas need valikud mõjutavad tarbijate kasutajakogemust.

Uurimistöö eesmärk on analüüsida konkreetsete elektroonikaseadmete elutsükli alates tootmisest kuni toote kasutusaja lõpuni. Selle käigus uuritakse erinevaid tarneahela etappe, sealhulgas tootmine, transportimine, kasutamine ja utiliseerimine et mõista, millised on konkreetsete tegevuste keskkonna- ja majanduslikud tagajärjed ning kuidas see kokkuvõttes mõjutab kliendikogemust.

2. UURIMISOBJEKT

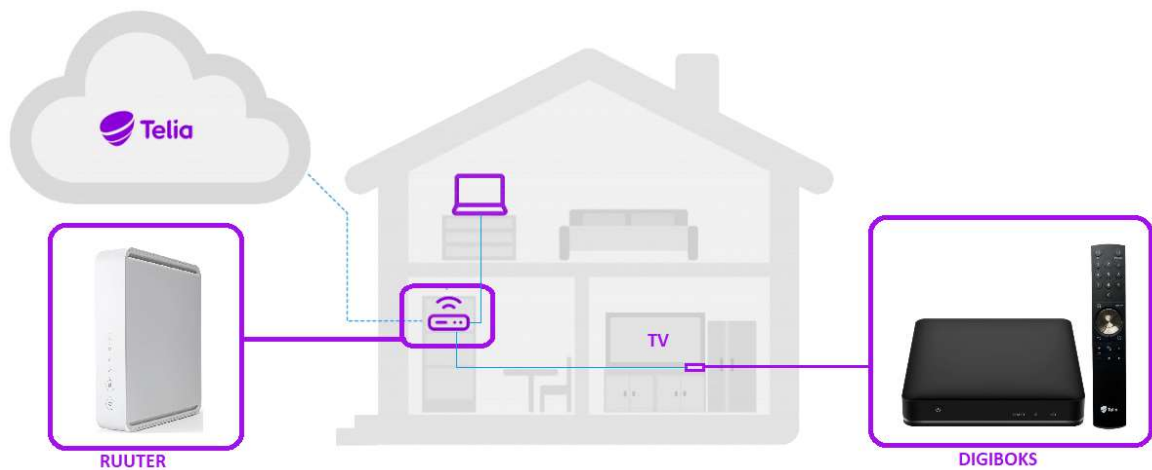
2.1 Telia Eesti AS

Telia on osa rahvusvahelisest Telia Company grupis, mis on üks Euroopa suurimaid telekommunikatsiooniettevõtteid ja kus töötab kokku umbes 19 000 töötajat Põhja- ja Baltimaades ja teenindab 25 miljonit klienti. Telias töötab veidi üle 1500 inimese. Telia on Eesti juhtiv IT- ja telekommunikatsiooniettevõtte, mis pakub erinevaid side-, meelelahutuse ja IT-teenuseid era- ja äriklientidele. Telia hoiab Eestis juhtivat positsiooni kõigis oma fookusvaldkondades, milleks on internet (nii mobiilne kui kaabliühendusel põhinev internetiteenus), Telia TV (nii televiisoris, arvutis kui nutiseadmetes), erinevad IT-teenused (nt serverite ja töökohtade haldus, riist- ja tarkvarateenused, küberturbe lahendused) ja kõnesidelahendused (mobiilis, lauatelefonis ja arvutis). Teliale kuulub ka telekanal Inspira. [46]

Lisaks taristuarendusele ja tehnoloogilisele uuendusmeelsusele panustab Telia ka jätkusuutlikkusse ja ühiskondlikku vastutustundlikkusse. Ettevõtte on pühendunud keskkonnasõbralikele praktikatele ning toetab mitmeid kohalikke algatusi ja heategevusprojekte.

2.2 Vaadeldavad seadmed

Käesolevas magistritöös vaadeldakse seadmeid, mis on vajalikud Telia koduteenuste kasutamiseks. Üks peamisi seadmeid on ruuter, mis loob koduses võrgus internetiühenduse, võimaldades ühendada mitmeid seadmeid, nagu nutitelefonid, arvutid, nutitelerid jne. Lisaks internetile on televisiooniteenuse kasutamiseks vajalik kas nutiteler või eraldi digiboks, mis võimaldab saada ligipääsu digitaaltelevisiooni teenustele (Joonis 7).



Joonis 7: Vaadeldavad seadmed (ruuter ja digiboks). Allikas: autori koostatud.

2.3 Telia Eesti AS tarneahel

Uute seadmete soetamine

Telia eelistab tarnijaid, kes on oma keskkonnatöös proaktiivsed ja süstemaatilised ning pühendunud oma keskkonnamõju jõulisele vähendamisele. Telia julgustab tarnijaid pakkuma ideid ja uuenduslikke lahendusi, mis võimaldavad vähendada negatiivset mõju ja suurendada positiivset mõju [47]. Tarnija peab ennetavalt uurima ja rakendama ringlusel põhinevaid ärimudeleid. See nõuab tegevust sellistes valdkondades nagu ringlusse võetud sisendid (nt. bio põhised või ringlusse võetud materjalid ja taastuvenergia), toode kui teenus (keskkonnajälje piiramine, müües pigem funktsiooni kui füüsilist toodet), ressursside taaskasutamine (ringlussevõtu laiendamine) ja toote kasutusaja pikendamine (nt toote eluea pikendamine ja korduvkasutamise laiendamine). [47]

Uute seadmete ja Telia poolt müüdavate seadmetega seotud keskkonnamõju vähendamiseks on Telia võtnud omale eesmärgiks vähendada 2025. aastaks kaudsete kasvuhoonegaaside heitmeid 29% võrreldes baasaastaga 2018. Selle eesmärgi saavutamiseks on olulisel kohal koostöö tarnijatega, kelle käest Telia seadmeid ostab. Telia eesmärk on, et 2025 aasta lõpuks oleks 72% Telia tarnijatest võtnud kasutusele teaduspõhised kliimaeesmärgid. [48]

Seadmetega seotud laotegevused

Teenusseadmete laovaru on Telias hoitud keskses laos, kust toimub esinduste ja tehnikute kaubavaru täiendamine ning otse transport klientidele. Laos toimub lisaks seadmete varu hoidmisele ka väljastuskomplektide ettevalmistus ning tagastatud seadmete käsitlemine ja uuest väljastuseks ettevalmistamine.

Laotegevustega seotud süsinikheide on mõjuala 3 tegevuskategoorias 1, milleks on „sisse ostetud kaubad ja teenused“. Kuna laoteenuse pakkuja ei ole võimeline teenusepõhiselt Teliale väljastama konkreetseid heitkoguseid, siis selles tegevuskategoorias on Telia kasutanud eriheitetegureid ning tulemus on saadud teenuse kulu ja vastava eriheiteteguri korrutisena.

Seadmete transport kliendile

Seadmete transpordiks kliendile on Telial neli võimalust: seadmete tarnimine Telia tehnikuga, kullertarne, tarne läbi Telia esinduse ja tarne pakiautomaati. Vaadeldavatest seadmetest väljastati 2023 aasta jooksul kliendile 63,5% esindustest, 21,4% tehnikute poolt, 13,8% pakiautomaadiga ja 0,3% kulleriga. Esindustesse kauba täiendamine kesklaost toimub regulaarselt.

Seadmete kasutus

Ruuter on seade, mida on kliendil vaja internetiühenduse saamiseks ning kliendi juures on need seadmed sisse lülitatud 24h ööpäevas iga päev. Digiboksi puhul on Telial suurem võimalus energiakasutust juhtida, kuna digiboks on vajalik ainult televisiooni vaatamise ajal. Selleks on loodud automaatne digiboksi väljalülitamine, kui kasutaja ei ole teatud aja jooksul televisiooni vaadanud. See võimaldab ööseks või pikemalt kodust ära olles sisse unustatud digiboksi automaatselt välja lülitada hoides kokku nii kliendi kulutatud elektrienergiat ning asjatud andmeedastust, mis sammuti kasutab energiat.

Seadmete tagastus

Telia Company keskkonnapoliitika põhimõte on ringluse tagamine kogu väärtusahelas, pidades esmajärjekorras silmas Telia enda tegevust ja võrgustikke, sealhulgas toodete ja teenuste ringlus. Ringluse edendamiseks rakendab Telia oma tegevuses ja kliendipakkumiste kujundamisel põhimõtet „Ennetamine, vähendamine, korduskasutamine, ringlussevõtt“ („Prevent, Reduce, Reuse, Recycle“) [49]. Korduskasutuse eelduseks on hästi toimiv seadmete tagastuse ahel ning selle võimalikult lihtsasti kasutatavaks tegemine klientidele. Mitmekülgse tagastusvõrgustiku pakkumise eesmärk on logistikaahela maksimaalne lühendamine ja seeläbi keskkonna- ja majandusliku mõju vähendamine. Täna on Telia klientidel võimalik seadmed tagastada esindusse, kulleriga, tehnikuga või läbi pakiautomaadi.

Seadmete taastamine ja taaskasutus

Mõjuala 3 KHG emisioonide vähendamiseks suunab täna Telia uuesti ringlusesse kasutuselt tagastatud kliendiseadmeid (ruuterid ja digiboksid), taaskasutab võimalusel võrguseadmeid ning müüb ka kasutatud seadmeid.

Kliendi kaebused/probleemid seadmetega

Telias on väga olulisel kohal kliendikesksus ja klientide rahulolu. Kõik kliendile suunatud keskkonnasõbralikud pakkumised peavad olema kvaliteetsed. Sama kehtib ka seadmete taaskasutuse juures. Parima kliendikogemuse tagab Telia kvaliteedipoliitika, mille eesmärgiks on kokkulepitud tasemel kliendikogemuse tagamine organisatsiooni läbivalt. Kvaliteedialast juhtimissüsteemi toimimist jälgitakse pidevalt – analüüsitakse klientidelt saadud tagasisidet ja rahulolu, hinnatakse äriprotsesside toimimist, jälgitakse toodete kvaliteeditaset, korraldatakse ennetavaid ja korrigeerivaid tegevusi ning juhtkonnapoolne kvaliteedipoliitika elluviimise pidev ülevaatus. [50]

Seadmete utiliseerimine ja jäätmekäitlus

Seadmete vastutustundlik utiliseerimine ja jäätmekäitlus on olulised nii Telias sisemiselt, kui ka Teliale kaupa või teenus müüvate ettevõtete juures. Selleks on Telia seadnud tarnijatele mitmed nõuded:

- Tarnija hindab oma äritegevuse keskkonnamõju terviklikkust olulusringi perspektiivist, muu hulgas materjalide ja energia kasutamine. Tarnija suhtub jäätmetekkesse ennetavalt kogu väärtusahela asjakohastes osades. See tähendab, et ringlusel põhinevaid põhimõtteid tuleb rakendada juba projekteerimisfaasis. Muud huvipakkuvad valdkonnad võiksid olla moodulprojekteerimine, osade väljavahetatavuse põhimõttel projekteerimine ja kasutuselt kõrvaldatud toodete töötlemine, mille puhul ei teki jäätmeid. [47]
- Tarnija tagab nõuetekohase jäätmekäitluse koostöös EL-i jäätmedirektiiviga, püüdes pidevalt liikuda jäätmehierarhias ülespoole. See tähendab, et tuleb püüelda hierarhia kõrgemate osade poole, tehes algatusi ja jõupingutusi materjalide ennetamiseks, korduskasutamiseks/taaskasutamiseks ja ringlussevõtuks. Tarnija peab kasutama üksnes selliseid ringlusse võtjaid, kelle keskkonnajuhtimissüsteem on sertifitseeritud vastavalt standardile ISO 14001, EMAS-ile või sarnastele standarditele. [47]

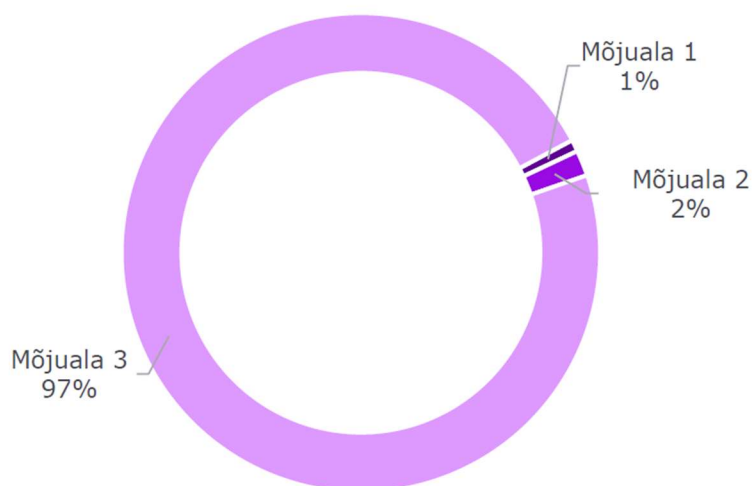
Elektronikajäätmete hulga vähendamiseks pakub Telia oma klientidele taaskasutatud nutitelefone, ruutereid ja digibokse. Lisaks võtab Telia oma esindustes vastu kõiki vanu

elektroonikaseadmeid, millele annab võimaluse korral uue elu või utiliseerib vastutustundlikult. [51]

2.4 Telia Eesti AS jätkusuutlikkus

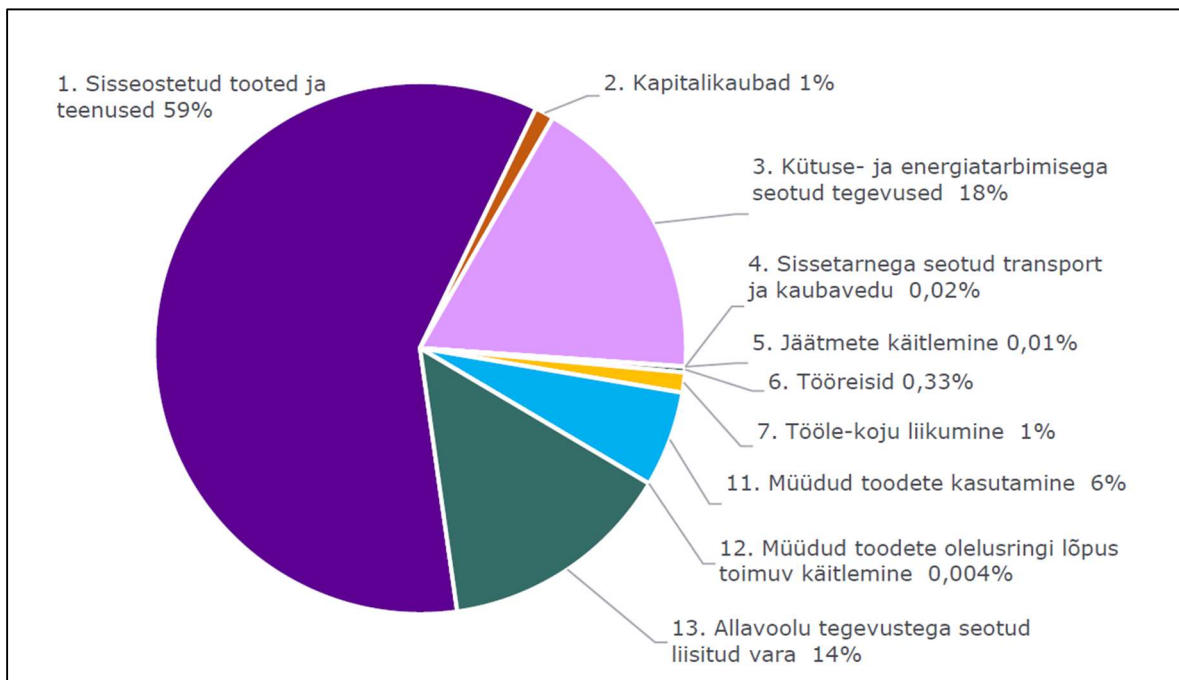
Kõigis Telia Company grupi ettevõtetes (sh Telia Eestis) on kokku lepitud kontserni keskkonnasõbralike tegevuste eesmärgid, milleks on saavutada 2040. aastaks kasvuhoonegaaside netonull-heide kogu väärtusahela lõikes [48].

Telia 2022. aasta mõjualade tulemused näitavad, et ettevõtte süsiniku jalajälg jaotus kolme erineva mõjuala vahel järgmiselt: mõjuala 1 kattis 1% kogu emissioonidest, mõjuala 2 hõlmas 2% ning suurima osakaaluga oli mõjuala 3, moodustades 97% kogu süsiniku jalajäljest (Joonis 8). See tähendab, et enamik KHG heitkogusest tekkis mõjualas 3, mida Telia otseselt ise ei juhi, kuid mida oli võimalik mõjutada tarneahela juhtimise kaudu. [52]



Joonis 8: Telia 2022. aasta KHG heitkoguste jagunemine mõjualade 1–3 vahel [52]

Mõjuala 3 heitkogused jagunesid 10 tegevuskategooria vahel selliselt, et suurima osa (59%) moodustasid sisse ostetud kaubad ja teenused, 18% kütuse- ja energiatarbimisega seotud tegevused, 14% allavoolu tegevustega seotud liisitud vara ja 6% müüdüd toodete kasutamine ning muud kategooriad kokku ülejäänud 3% (Joonis 9) [52].



Joonis 9: Telia 2022. aasta mõjuala 3 KHG heitkoguse jagunemine kohalduvate tegevuskategooriate vahel [52]

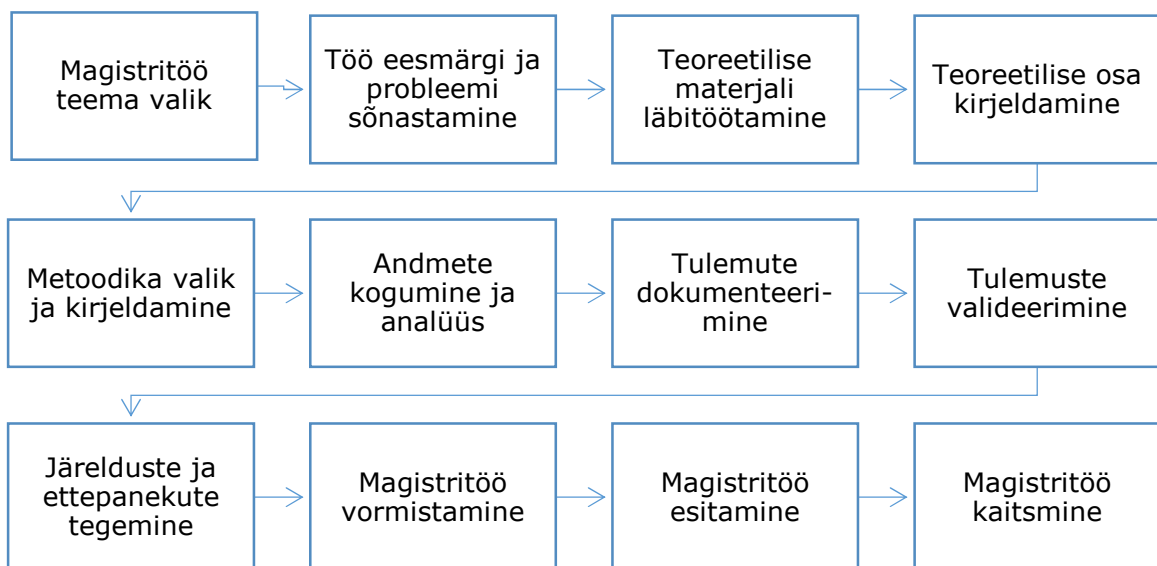
Magistritöös vaadeldavad seadmed (ruuterid ja digiboksid) sisalduvad mõjuala 3 heitkoguste kalkulatsiooni neljas tegevuskategoorias.

1. Tegevuskategooria 1: sisse ostetud tooted ja teenused – selles kategoorias kajastuvad ostetud toodete tootmisel tekkinud heitkogused ning lisaks ka toodete ladustamiseks ja transpordiks (nii kliendisüunaline, kui ka tagastuslogistika) sisse ostetud teenused [45];
2. Tegevuskategooria 13: allavoolu tegevustega seotud liisitud vara – siin sisalduvad seadmed, mis on kliendi renditud kliendile teenuse kasutamiseks ja tarbivad kliendi juures energiat [45];
3. Tegevuskategooria 11: müüdüd toodete kasutamine – siin kategoorias sisalduvad seadmed, mis kliendid on Teliast ostnud ja kasutavad Telia teenuste tarbimiseks [45];
4. Tegevuskategooria 12: müüdüd toodete olemusringi lõpus toimuv käitlemine – organisatsiooni poolt aasta jooksul müüdüd kaupade ja toodete kasutusaja järgse jäätmekäitlusega seotud kaudne KHG heide. Üldjuhul arvestatakse siia jäätmekäitlusettevõtete ja ümbertöötlemisettevõtete (sh teisest tooret kasutavate ettevõtete) poolt jäätmeteks muutunud kaupade ja toodete käitlemise käigus tekitatud (nende mõjuala 1 ja 2) KHG heide. [45]

3. METOODIKA

3.1 Uurimisstrateegia

Antud magistritöö uurimisstrateegia eesmärk on tagada töö eesmärgi saavutamine ning vastata selgelt ja süstemaatiliselt püstitatud küsimustele. Magistritöö uurimisstrateegia keskendub esmalt teoreetilise materjali põhjalikule analüüsile ja töö ülesehituse kujundamisele. Seejärel rakendatakse sobivaid uurimismeetodeid vastavalt püstitatud uurimisküsimustele. Käesoleva magistritöö eesmärgist ja uurimisküsimustest lähtuvalt kasutab autor uurimisstrateegiana juhtumiuurimust ning uuringu objektiks on Telia Eesti AS teenuste osutamiseks vajalikud kliendiseadmed. Joonisel 10 on välja toodud magistritöö etapid.



Joonis 10: Magistritöö etapid. Allikas: koostatud autori poolt

Magistritöö sobilikuks uurimisstrateegiaks valis autor juhtumiuuringu, millega selgitatakse teooriale tuginedes välja toote elukaare jooksul tekkinud keskkonnamõju, majanduslik mõju ettevõttele ning kliendi kasutajakogemus kahe erineva kasutustsenaariumi korral:

1. kliendile väljastatakse alati ainult uus seade ning peale kasutusaja lõppu see seade utiliseeritakse vastavalt parimale võimalusele (nt. edasimüük);
2. klientidele väljastatakse kasutatud seadmeid ning ettevõtte on ise korraldanud seadmete klientidelt tagastuse ning taaskasutuse protsessi, et taastada seadmete algne seisund ja valmistada ette uuesti väljastamiseks.

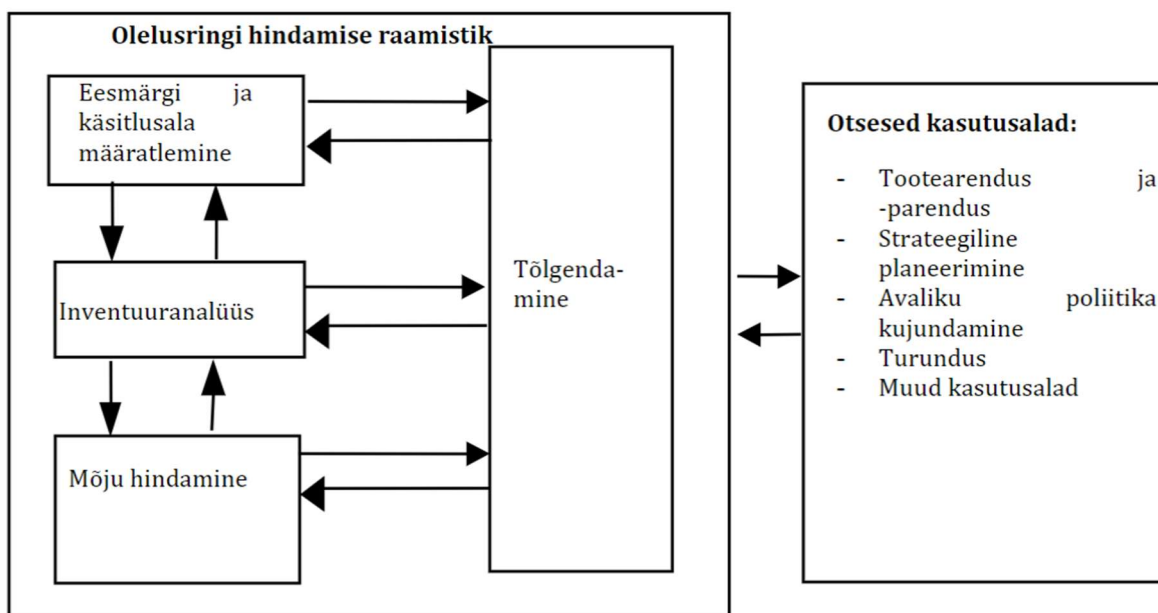
Käesolevas töös hinnati teenuse osutamiseks kasutatavate seadmete jätkusuutlikust elutsükli jätkusuutlikkuse hindamise põhimõtteid kasutades. Elutsükli jätkusuutlikkuse hindamine (edaspidi LCSA) on üks sobivamaid tööriistu toodete ja komponentide taas kasutatavuse hindamiseks. LCSA on integreeritud elutsükli põhine meetod, mis hõlmab toote elutsükli keskkonnamõju hindamist (edaspidi LCA), elutsükli kuluarvestust (edaspidi LCC) ja sotsiaalset elutsükli hindamist (edaspidi S-LCA). [53]

$$LCSA = LCA + LCC + SLCA$$

Antud magistritöö kitsenduseks võrreldes täieliku seadme elutsükli jätkusuutlikkuse hindamisega on asjaolu, et töös keskendutakse toote keskkonna- ja majanduslikule mõjule ja jäetakse välja toote sotsiaalse elutsükli hindamine, mis ei ole antud magistritöö eesmärk.

3.1.1 Toote elutsükli keskkonnamõju hindamine

LCA on meetod ressursitarbimise ja keskkonnamõjude hindamiseks, mis on seotud toote, protsessi või tegevuse kogu elutsükliga. Vastavalt ISO 14040:2006 standardile hõlmab see neli etappi (Joonis 11): eesmärgi püstitamise ja käsitusala määramine, inventuuranalüüs (materjalide bilanss, otsesed emissioonid, kaudsed emissioonid jne), mõjude hindamine ja tulemuste tõlgendamine. LCA on osutunud kasulikuks tööriistaks ka hindamaks toodete utiliseerimise valikute keskkonnamõju, kuna see pakub raamistikku jäätmete alternatiivsete käitlemisstrateegiate keskkonnamõju kvantifitseerimiseks. [53]



Joonis 11: LCA etapid [54]

LCA esimene etapp on eesmärgi püstitamine ja käsitlusala määramine. Eesmärgi ja käsitlusala määratlemise etapp kirjeldab uuritavat tootesüsteemi, selle eesmärki ja piire. Eesmärgi ja ulatuse määratlemise sammud [55]:

1. Mõõtühiku defineerimine, et kvantifitseerida ja võrrelda uuritavat toodet või teenust ja võimalikke alternatiivseid tooteid. Eriti oluline, kui tegemist on erinevaid tooteid/teenuseid võrdlevate uuringutega. [56]
2. Toote süsteemi ulatuse määramine, otsustades, millised tegevused ja protsessid kuuluvad uuritava toote elutsükli hulka. [56]
3. Hindamiskriteeriumite valimine ja uuringu piirangute seadmine (geograafiline, ajaline, analüüsitud protsessid, funktsionaalne ühik, tehnoloogia, analüüsi detailide tase jne). [56]
4. Vastava vaatenurga valimine uuringus kasutamiseks: kas tegemist peaks olema tingimusliku uuringuga, hinnates mõjusid, mida võib oodata ühe alternatiivi eelistamisel teise üle, või peaks see olema mõjuhinnangu uuring, hinnates mõjusid, mis on seotud uuritava tegevusega? [56]

Eesmärgi määratlemine ja sellest tulenev ulatuse määratlemine on väga olulised otsustamiseks, kuidas uuringu tulemusi tõlgendada, kuna need on aluseks andmekogumise ja süsteemi modelleerimise ning hindamise viisi määramisele. Neil on seega tugev mõju LCA tulemustel põhinevate järelduste ja soovitude usaldusväärsusele. [56]

LCA teine etapp on kvantitatiivne faas, mis toob välja sisendeid ja väljundeid konkreetsele protsessile. Selles faasis toimub andmete kogumine analüüsi läbiviimiseks. [55]

Analüüsi käigus uuritakse kõiki protsesse, mis kuuluvad antud toote või teenuse elukaare juurde ja kuna enamasti on see väga laiaulatuslik, siis sageli kasutatakse üldistatud andmeid paljude protsesside jaoks. Need andmed pärinevad andmebaasidest üksikprotsessilõikude või toote elukaare kohta, näidates sisendi- ja väljundivooge uuritava protsessi jaoks, nt materjali tootmine, soojuse või elektrienergia tootmine, transport või jäätmete käitlemine. [56]

Inventuuranalüüsi teostatakse järk-järgult. Andmete kogumisel ja süsteemi põhjalikumal uurimisel võivad ilmuda täiendavad nõuded või piirangud, mis nõuavad andmekogumise protseduuride kohandamist, et tagada uuringu eesmärgi saavutamine. Mõnikord võivad tekkida olukorrad, mis vajavad uuringu eesmärgi või ulatuse ülevaatamist. Pärast andmekorjet viiakse läbi arvutustoimingud, milleks on andmete kasutuskohasuse tõendamine (valideerimine) ja andmete sidumine protsessidega. [54]

Mõju hindamise etapis hinnatakse võimaliku keskkonnamõju olulisust, kasutades eelmise etapi tulemusi. Selleks seostatakse kogutud andmed spetsiifiliste keskkonnamõjukategooriatega. [54] Peamised keskkonnamõjude kategooriad on loodusvarade kasutamine ja tegevuste ökoloogilised mõjud [55]. Mõjukategooriate valik ja nende hindamine protsessis võib muuta selle etapi subjektiivsemaks ja seetõttu on oluline mõju hindamisel eelduste selge kirjeldamine aruandes [54]. Mõjude hindamine koosneb viiest elemendist, millest esimesed kolm on kohustuslikud vastavalt ISO 14040 standardile [56]:

1. Mõjukategooriate, mõjukategooria indikaatorite ja iseloomustumusmodelite valik [54]. Iga mõjukategooria jaoks valitakse vastav mõõdik, mis võimaldab hinnata vastava mõju suurust [56]. Tüüpilised mõjukategooriad on näiteks [57]:
 - ressursside ammendumine;
 - globaalne soojenemine;
 - osoonikihi hõrenemine;
 - osooni või sudu moodustumine;
 - hapestumine;
 - tahkete jäätmete, ohtlike jäätmete ja radioaktiivsete jäätmete teke.
2. Tulemuste seostamine mõjukategooriatega (liigitamine) [54].
3. Mõjukategooria indikaatorite väärtuste arvutamine (iseloomustamine) [54].
4. Mõjukategooriate indikaatorite tulemuste suhestamine tasutainfoga (normaliseerimine) [54]. Normaliseerimine annab teavet iga iseloomustatud hinnangu suhtelise suuruse kohta erinevates mõjukategooriates [57].
5. Rühmitamine või kaalumine: rühmitamine või kaalumine toetab võrdlust mõjukategooriate vahel. Kaalumine annab iga mõjukategooria kohta kvantitatiivse väljenduse selle suhtelise raskuse kohta võrreldes teiste mõjukategooriatega [57].

Olelusringi hindamise neljas faas on tulemuste tõlgendamine. Selles faasis võrreldakse tulemusi ja infot alguses seatud eesmärkide ja ulatustega, hinnatakse ja tuuakse välja soovitused keskkonnamõjude vähendamiseks, mis protsessis tekivad. Selles etapis lõpetatakse uuring, hinnates ulatust, andmete kvaliteeti ning kogu protsessi jooksul ilmnenu ebakindlust. [55]

Tulemuste tõlgendamise etapis peaks välja tooma ka fakti, et keskkonnamõju hindamine toimub suhtelisel lähenemisel ja tulemused peegeldavad võimalikku

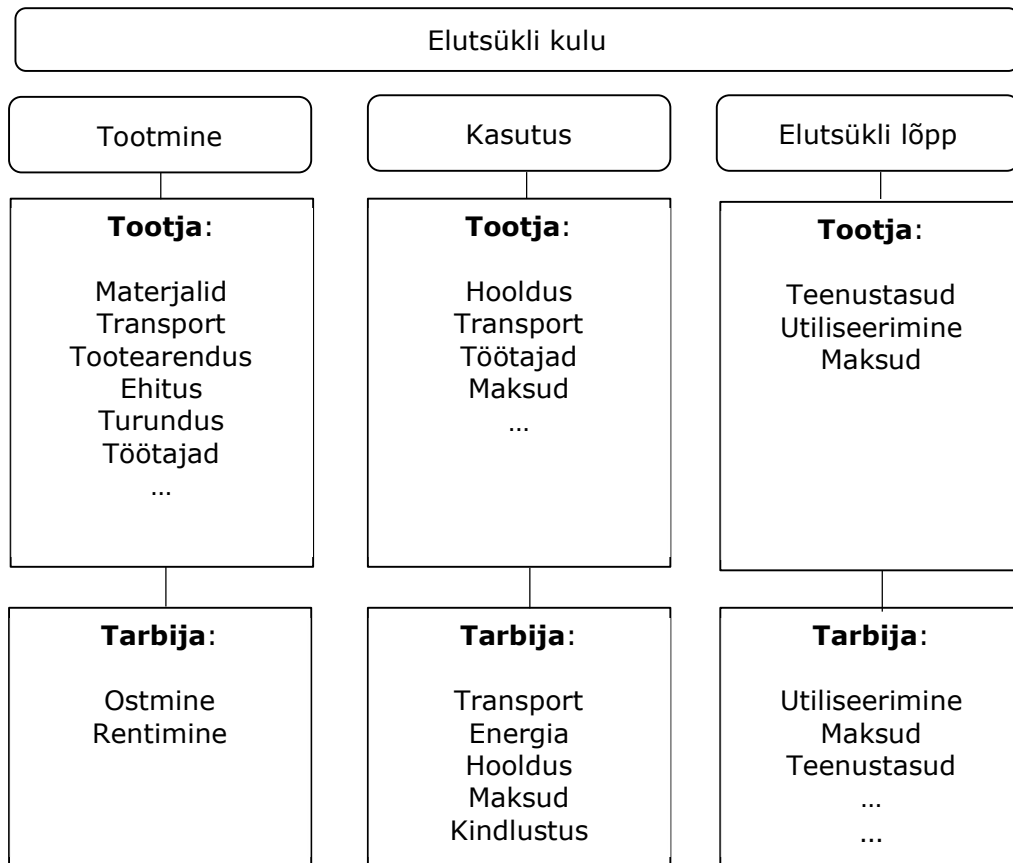
keskkonnamõju. Olelusringi hindamine (LCA) ei kata toote majanduslikke ja sotsiaalseid aspekte, aga LCA metoodika järgi saab ka neid aspekte uurida. [54]

3.1.2 Toote elutsükli majandusliku mõju hindamine

Vastupidiselt LCA metoodikale, mis on standardiseeritud kahe ISO standardiga, pole elutsükli majandusliku mõju hindamine (edaspidi LCC) struktureeritud konkreetse rahvusvahelise standardi järgi [58].

LCC on eristuv selle poolest, et keskendub pikaajalisele toote või teenuse elutsükli perspektiivile kuluarvestuse. Täpsemalt hõlmab LCC kulusid, mis tekivad mitte ainult tootmise etapis, vaid ka toote elutsükli varasemates ja/või hilisemates etappides. Kuna need kulud on seotud otsustega, mis tehakse tuleviku vaatest, on ettevõtetel soovitatav neid juba varases etapis arvestada. Garantii- ja garantiikulud on sobivad näited, kuna kuigi sellised kulud tekivad hilisemates etappides, tuleb need müügihinnale lisada. [59]

LCC on meetod kogukulude arvutamiseks seotud toote ja selle kogu elutsükliga [53]. Toote elutsükkel võib jagada kolmeks etapiks: tootmine (või ostmise), kasutamine, hooldamine ja utiliseerimine (Joonis 12) [60].



Joonis 12: Elutsükli kuluarvestuse komponendid [60]

3.2 Toote elutsükli majandusliku ja keskkonnamõju integreeritud hindamine

Toote või teenuse LCA analüüsi alusel tehtavad otsused peavad lõppkokkuvõttes arvestama alternatiivsete toodete majanduslike tagajärgi. Siiski ei ole majanduslikud aspektid osaks LCA-metoodikas ja neid ei käsitleta traditsiooniliste LCA-tööriistadega. LCA ja LCC põhimõttelised erisused on toodud tabelis 3. [61]

Tabel 3: LCA ja LCC erinevused [61]

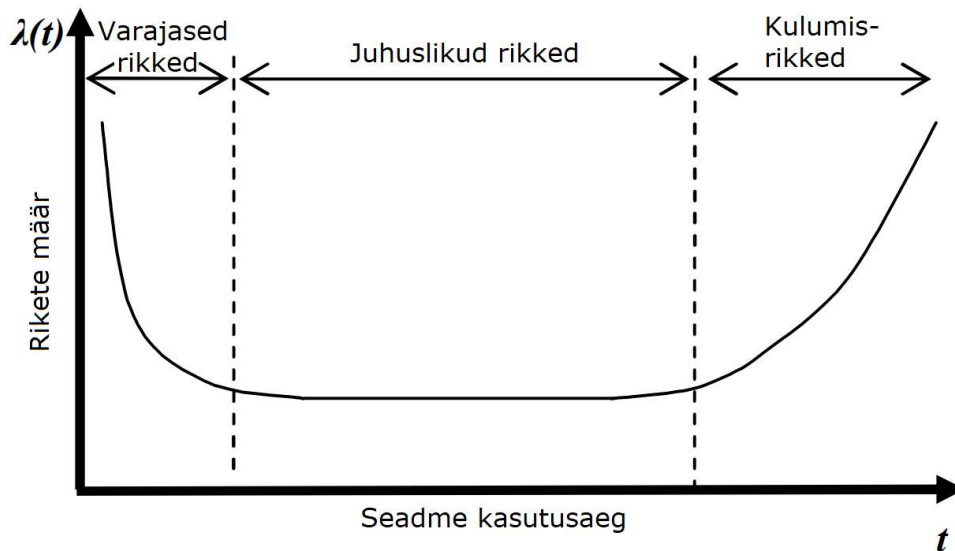
Tööriist/ Meetod	LCA	LCC
Eesmärk	Võrrelda alternatiivsete, sama funktsiooni täitvate, tootesüsteemide suhtelist keskkonnamõju	Määrata alternatiivsete investeeringute ja äriliste otsuste kulutõhusus
Tegevused, mis loetakse osaks elu-tsüklist	Kõik protsessid, mis on põhjuslikult seotud toote füüsilise elutsükliga, hõlmates toote enne kasutamist toimuvat tarneahelat, toote kasutamist ja sellele järgnevaid protsesse, toote eluea lõppu ja sellega seotud protsesse	Tegevused, mis põhjustavad otseseid kulusid või tulusid investeeringu majandusliku eluea jooksul
Arvestatud näitajad	Reostusained, ressursid ning materjalide ja energia kasutus	Kulude ja tulude rahavood, mis mõjutavad otseselt otsustajat
Ühikud näitajate jälgimiseks	Peamiselt mass ja energia; aeg-ajalt maht või muud füüsilised ühikud	Rahalised ühikud (nt dollar, euro jne)
Ajaline määratlus ja ulatus	Mõjuhindamine võib käsitleda kindlat ajavahemikku (näiteks 100-aastane ajahorisont globaalse soojenemise potentsiaali hindamiseks), kuid tulevikumõjusid tavaliselt ei diskonteerita	Aeg on oluline. Kulude ja kasude olevikuväärtuse arvutamine (diskonteerimine)

Elutsükli jätkusuutlikkuse hindamine (edaspidi LCSA) üldine eesmärk on pakkuda toote süsteemi ühendatud hindamist. LCSA tulemused näitavad mitte ainult negatiivseid mõjusid, vaid ka kasusid. Soovitav on tulemusi lugeda kombineeritud viisil, lähtudes eesmärgi ja ulatuse määratlusest. Hindamistulemused võivad aidata selgitada: kas on olemas majanduslike hüvede ja keskkonna- või sotsiaalsete koormuste vahelisi kompromisse; millised elutsükli etapid ja mõjude alamkategoriad on kriitilised; ja kas toode on ühiskonna ja keskkonna seisukohalt sõbralik. [62]

3.3 Kliendikogemuse analüüs

Kõigil toodetel on teatud tõrke tõenäosus. Toote töökindlus tähendab seda, et tootega esinevaid rikkeid on oodatud määral. Kõrgem töökindlus aitab kaasa madalamatele toote elutsükli kuludele, keskkonnamõju vähendamisele ning kliendirahulolu suurendamisele. [63]

Kliendirahulolu mõju hindamiseks on oluline teada kasutatavate toodete vea esinemise tõenäosust. Toote töökindluse ennustamine on aga harva täpne ja usaldusväärne. Üks levinud viis toote töökindluse esitamiseks on elukäigu kõver, mille puhul leitakse esmalt vea esinemise sagedus toote erinevate kasutusaegade puhul. See kõver võib olla esindatud kolme põhietapina: varajased rikked, juhuslikud rikked (või püsiv rikke määr) ja kulumisrikked (või eluea lõpu rikked) (Joonis 13). [64]



Joonis 13: Toote töökindluse kõver [64]

3.4 Tulemuste valideerimine

Tulemuste valideerimine tagab uuringu usaldusväarsuse ning selle, et tulemusi ei mõjuta uurijate subjektiivne vaatenurk [65]. Käesolevas magistritöös valis autor andmete valideerimiseks eksperthinnangu meetodi.

Valdkonna eksperdi hinnang või kokkuvõttev arutelu on andmete ja uurimisprotsessi ülevaatus kellegi poolt, kes on tuttav uurimistööga või uuritava nähtusega [66]. Eksperti ülesanne on pakkuda tuge, vaidlustada teadlaste eeldused ja esitada raskeid küsimusi meetodite ja tõlgenduste kohta läbi mille saab hinnata uuringu usaldusväarsust. [66]

Magistritöös kasutatakse tulemuste valideerimiseks kvalitatiivse uurimismeetodina struktureerimata ekspertintervjuud, mis viidi läbi Telias. Ekspertina kaasati uurimistöösse Raina Jürgens, kes töötab Telias protsessijuhi rollis ning vastutab jätkusuutlikkuse valdkonnas Mõjuala 3 arvutuste eest.

Intervjuu viidi läbi Telia kontoris vestluse vormis. Intervjuu alguses tutvustas autor intervjuueeritavale lõputöö teemat ja töö käigus tehtud analüüsi. Intervjuu eesmärk oli

hinnata valitud metoodika sobilikkust käsitletava probleemi uurimiseks ning valideerida saadud tulemuste õigsust.

Kohtumistel puudus ankeetküsimustik. Magistritöö peamistest uurimisküsimustest lähtuvalt olid küsimused järgmistel teemadel:

- metoodika ja andmed keskkonnamõju hindamisel;
- seadmete elukaare osad;
- parimad praktikad ettevõtete keskkonnamõju hindamisel;
- teema olulisus.

4. TULEMUSED JA SOOVITUSED

4.1 Eesmärgi ja käsitusala määratlemine

Antud magistritöö eesmärgiks on tuginedes teoreetilisele osale leida teenuses kasutatavate elektroonikaseadmete jätkusuutlikkus erinevate kasutusstsenaariumite puhul, mis oleks aluseks Telia elektroonikaseadmete jätkusuutlikuks käitlemiseks.

Seadmete elukaare hindamiseks ja tervikahela keskkonnamõju arvutamise aluseks võeti Telia koduteenuste (internet ja televisioon) kasutamiseks vajalikud seadmed – ruuterid ja digiboksid ning keskkonnamõju hindamisel lähtuti KHG protokolliga järgi arvutatud kliimamõjust. Selliste seadmete valiku põhjus seisneb asjaolus, et mahult moodustavad need kõige suurema osa kliendiseadmete portfelist ja nende seadmetega toimub kõige rohkem tehingud, mistõttu on nende seadmete majanduslik ja keskkonnamõju kõige suurem.

Telia näitel teostati analüüs tv- ja internetiteenuse osutamiseks kasutatavate kliendiseadmete (ruuter ja digiboks) keskkonnamõju kohta, võttes arvesse kahte erinevat lähenemist. Esimese lähenemise puhul keskenduti keskkonnamõjule seadmete kogu elukaare vältel, kus eeldati, et klientidele pakutakse üksnes uusi seadmeid. Teisel juhul, kasutades Telia kogutud andmeid, et hinnata keskkonnamõju, mis tekib seadmete taaskasutamisest.

Esimese lähenemise korral tehti kindlaks, milline oleks keskkonnamõju, kui klientidele antaks välja ainult uusi seadmeid. See hõlmas nii uute seadmete tootmisega seotud keskkonnamõju kui ka nende hilisema kasutamise mõju.

Teises lähenemises vaadeldi, milline oleks keskkonnamõju, kui ettevõtte otsustaks taaskasutada seadmeid nii palju kui võimalik. Selleks kasutati Telia poolt kogutud andmeid, et hinnata taaskasutamisest tekkivaid heitmeid ja ressursikasutust ning arvutada välja kogu seadme elutsükli keskkonnamõju.

Tervikliku seadmete elukaare hindamiseks jagati see seitsmesse etappi: seadmete sisseost tarnijatelt, seadmete ladustamine, seadmete väljastus kliendile, seadmete kasutus kliendi juures, seadmete tagastamine, seadmete taaskasutuseks ettevalmistamine ja seadmete utiliseerimine. Iga etapi kohta koguti andmeid võimalikult detailselt ja selle põhjal valiti parim võimalus konkreetse etapi arutuse tegemiseks.

4.2 Olelusringi inventuuranalüüs

Seadmete ostude, laoliikumiste, transpordi ja taaskasutuse andmed pärinevad erinevatest Telia sisemistest andmebaasidest, mis on koondatud kokku ühtsesse andmeallikasse ning nende andmete analüüsimiseks kasutati tööriista Tableau. Lisaks kasutati kliimamõju hindamiseks erinevate tegevuste heitkoguste sisend-väljund andmetel (Environmentally-extended input-output, EEIO) põhinevaid eriheitetegureid.

Uute seadmete soetamine

Seadmetest on kasutusel erinevat tüüpi digiboksid ja ruuterid. Uuemat tüüpi seadmetele üleminek algas aastal 2022 ja aastast 2023 alates ostetakse uute seadmetena sisse ainult uuemat tüüpi seadmeid (tüüp 1). Seadmete sisseostude jagunemine on toodud tabelis 4.

Tabel 4: Seadmete sisseostude jagunemine seadmete järgi aastatel 2021-2023.

Tootegrupp	Toode	2021	2022	2023
Digiboks	Digiboks tüüp 1	-	76,55%	100,00%
Digiboks	Digiboks tüüp 2	100,00%	23,45%	-
Ruuter	Ruuter tüüp 1	84,99%	66,94%	100,00%
Ruuter	Ruuter tüüp 2	15,01%	33,06%	-

Seadmete ladustamine

Vaadeldavate seadmete laovaru iseloomustamiseks selgitati välja nende seadmete keskmine laos olev kogus aastal 2023 ning keskmine laos hoidmise aeg päevades (Tabel 5).

Tabel 5: Toodete laovaru keskmine kogus ja keskmine laovaru päevades

Tootegrupp	Toode	Keskmine laos olevate toodete arv (tk)	Keskmine laovaru päevades
Digiboks	Digiboks tüüp 1	15866	78
Digiboks	Digiboks tüüp 2	1403	89
Digiboks	Keskmine	17269	84
Ruuter	Ruuter tüüp 1	8586	174
Ruuter	Ruuter tüüp 2	586	165
Ruuter	Keskmine	9172	169

Seadmete väljastus kliendile

Seadmete väljastuskanalitest analüüsiti kahte peamist tarneviisi – tarded pakiautomaati ja väljastused esindusest. Tarnete osakaalud aastal 2023 on toodud tabelis 6. Töös ei analüüsitud tehnikute poolt väljastust ja kullertarneid, kuna tehnikute poolt tarnitakse seadmeid klientidele, kes vajavad tehnika abi seadmete ühendamisel ja siin ei saa kliendikäitumist tarneviisi osas suunata ning kullertarnete osakaal on väga väike.

Tabel 6: Seadmete väljastuse osakaalud

Väljastusviis	Digiboks	Ruuter
Esindus	83%	77%
Pakiautomaat	17%	23%

Esindusse seadmete vedu toimub sõltuvalt esindusest 3-5 korda nädalas kulleriga kesklaost, pakiautomaati tarne vastava teenusepakkuja pakiautomaati Telia kesklaost.

Esindustest kauba väljastamine kliendi vaatest toimub sarnaselt pakiautomaadi väljastusega. Seadmete väljastamise analüüsimisel selgitati välja, kui pikk on vahemaa kliendil vastastava väljastuskohani ja kuidas ta seda läbib. Selleks, et vahemaid hinnata, vaadeldi kõiki aastal 2023 väljastatud kliendiseadmete tellimusi, väljastuskoha aadresse ja kliendi kodukoha aadressi. Selle põhjal arvutati iga kliendi tellimuse puhul vahemaa kliendi kodukoha ja väljastuspunkti vahel.

Pakiautomaati tarnete puhul on keskmiseks vahemaaks 4,54 km. 42% tellimuste puhul oli vahemaaks kuni 1 km ja 90% tellimuste puhul kuni 10 km. (Tabel 7). Võttes aluseks Poolas läbi viidud uuringu, mille tulemusel 36% pakiautomaadikasutajaid läks pakile järgi jalgsi [24], siis võime järeldada, et need on inimesed, kes elavad kuni 1km kaugusel automaadist. Telia klientide puhul on 42% tarneid sellisesse pakiautomaati, mille kaugus kliendi kodust on alla 1 km. Ülejäänud 58% tellimuste puhul eeldame, et pakiautomaadile mingi järgi isikluku sõiduautoga või muu ühistranspordiga ja nende tellimuste puhul oli keskmiseks vahemaaks 7,48 km.

Tabel 7: Kliendi elukoha kaugused pakiautomaadist, kuhu kaup telliti.

Vahemaa	Osakaal	Kumulatiivne osakaal
1 km	42%	42%
1-2 km	18%	60%
2-3 km	10%	70%
3-4 km	5%	75%
4-5 km	4%	79%
5-6 km	4%	83%
6-7 km	2%	84%
7-8 km	2%	86%
8-9 km	2%	88%
9-10km	2%	90%
üle 10 km	10%	100%

Esindusest väljastuste puhul on keskmiseks vahemaaks 11,8 km. 4% tellimuste puhul oli vahemaaks kuni 1 km ja 33% tellimuste puhul kuni 10 km (Tabel 8).

Tabel 8: Kliendi elukoha kaugused esindusest, kust kaup osteti.

Vahemaa	Osakaal	Kumulatiivne osakaal
1 km	4%	4%
1-2km	7%	11%
2-3km	4%	15%
3-2km	4%	19%
4-3km	3%	23%
5-2km	4%	26%
6-3km	2%	29%
7-2km	1%	30%
8-3km	1%	32%
9-10km	1%	33%
üle 10 km	67%	100%

Siin lähtume samast eeldusest, et inimesed, kes elavad kuni 1km kaugusel (4%) lähevad pakile järele jala, teised isikliku sõiduautoga või muu ühistranspordiga. Ülejäänud 96% tellimuste puhul eeldame, et pakiautomaadile mingi järgi isikliku sõiduautoga või ühistranspordiga ja nende tellimuste puhul oli keskmiseks vahemaaks 13,49 km.

Seadmete kasutus kliendi juures

Seadmete kasutusega kliendi poolt tekkiva keskkonnamõju põhjuseks on kulutatud elektrienergia. Kulutatud elektrienergia arvutamiseks on selgitati välja seadmete elektrienergia kulu ning seadmete sisselülitatud olekus oldud aeg.

Ruuterid on seadmed, mida kliendil on vaja internetiühenduse loomiseks ning need on üldjuhul sisse lülitatud pidevalt. Seadmetest on kasutusel kahte tüüpi seadmeid, millest esimese tüübi seadme (tehniliselt uuem seade) võimsus on 20 W ja teise tüübi võimsus 10 W [67],[68]. Lisaks on elukaare hindamiseks vaja teada, kui kaua on üks seade keskmiselt ühe kliendi juures kasutusel. Kuna seadmed on aja jooksul uuemate vastu vahetatud ja uusi on väljastatud alles liiga vähe, siis kliendi juures kasutuses oleku aja hindamisel vaadeldi kõiki seadmete liikumisi viimase 5 aasta jooksul olemata seadme mudelist. Andmed on toodud tabelis 9.

Tabel 9: Ruuterite ühe tsükli kasutusaja emissioonid

Ruuter	Olek	Seadme võimsus (W)	Keskmine kasutusaeg (aasta)	Energiakulu kasutusaja jooksul (kwh)
Tüüp 1	Uus	20	2,48	434
Tüüp 1	Kasutatud	20	2,51	440
Tüüp 2	Uus	10	2,48	217
Tüüp 2	Kasutatud	10	2,51	220

Digiboks on seade, mis võimaldab kasutajal Telia televisiooni vaadata ja nende puhul saab energiakulu arvutada sarnaselt ruuteritele. Erandina ei ole need seadmed pidevalt sisse lülitatud, seega tuleb arvestada ka realselt töötamise aega ning ooterežiimis olemise aega. Energiakasutuse ooterežiimis leidis autor mõõtmise teel. Andmed on toodud tabelis 10.

Tabel 10: Digiboksi ühe tsükli kasutusaja emissioonid

Olek	Seadme võimsus (W)[69]	Energiatarve ooterežiimis (W)	Ööpäevas sisse lülitatud (h)	Keskmine kasutusaeg (aasta)	Energiakulu kasutusaja jooksul (kwh)
Uus	12	1,43	6,49	2,75	103,31
Kasutatud	12	1,43	6,49	2,81	105,56

Seadmete tagastamine

Seadmete tagastamise logistikaahel on sarnane seadmete väljastamisele. Kliendil on võimalik seadmed tagastada nii pakiautomaadi kaudu, kui esindusse viia. Erinevate tagastusviiside osakaalud aastal 2023 on toodud tabelis 11.

Tabel 11: Tagastamise viiside osakaalud

Seade	Tagastusviis	Osakaal
Digiboks	Tagastus esindusse	80%
Digiboks	Tagastus pakiautomaadi kaudu	20%
Ruuter	Tagastus esindusse	84%
Ruuter	Tagastus pakiautomaadi kaudu	16%

Klientidel on võimalus ka seade välja osta lepingu lõpetamisel või lepinguperioodi jooksul. Sel juhul seadet Teliale ei tagastata. Tagastamise osakaal on toodud tabelis 12.

Tabel 12: Tagastamise osakaalud

Seade	Tagastamata seadmed	Tagastatud seadmed
Digiboks	9%	91%
Ruuter	6%	94%

Kliendi poolt läbitud vahemaad ja liikumisviisid on samad, mis seadmete väljastuse puhul.

Seadmete taaskasutuseks ettevalmistamine

Seadmete taaskasutuseks ettevalmistamise juures on esimeseks etapiks seadmete korrasoleku kontroll ning testimine. Kasutuskõlbmatud seadmed utiliseeritakse ja kasutatavad seadmed puhastatakse, lisatakse vajalikud lisad, et saavutada uuesti täiskomplektsus ning pakitakse uuesti väljastamiseks. Seadmete korrasoleku hindamise tulemused 2023 aasta kohta on toodud tabelis 13.

Tabel 13: Seadmete kontrolli tulemused

Seadme grupp	Katkised	Terved
Digiboks	3,97%	96,03%
Ruuter	7,29%	92,71%

Seadmete ettevalmistamise juures lisatakse seadmele lisatarvikud, mis on kasutuskõlbmatud või mida ei tagastatud (näiteks digiboksi pult, toiteadapter, kaablid vms).

Seadmete utiliseerimine

Kõik seadmed, mis tagastatakse ja testimise tulemusena selguvad, et on katkised, utiliseeritakse. Utiliseerimisel jäätmed demonteeritakse ja jäätmed jagunevad järgnevalt:

Pakend:

- papp;
- kaubaalused.

Seadme koostisosad:

- must metall;
- ABS plast ehk akrüülnitriilbutadieenstüreen;
- PCB ehk trükkplaat.

Eraldatud pakend liigitub 100% taaskasutuseks. Seadme demonteeritud materjal jaguneb järgnevalt:

- taaskasutus: 91,34%;
- energia taaskasutus (põletamine): 8,66%;
- prügilasse ladestamine: 0,005%.

4.3 Olelusringi mõju hindamine

Vastavalt ISO 14040-le käsitlevad olelusringi mõju hindamise esimesed kaks kohustuslikku elementi järgmist:

1. mõjukatgoriate, kategooria indikaatorite ja iseloomustusmudelite valik;
2. LCI tulemuste seostamine valitud mõjukatgoriatega (liigitamine). [70]

4.3.1 Mõjukatgoriate, mõjukatgoria indikaatorite ja iseloomustusmudelite valik

Antud magistritöös hinnatakse keskkonnamõjudest kliimamõju. Vastav mõjukatgoria on „globaalsoojenemine“, mida põhjustavad atmosfääri paisatud kasvuhoonegaasid ning indikaatortulemise ühik on kg CO₂-ekvivalenti [71].

4.3.2 Tulemuste seostamine mõjukatgoriatega (liigitamine)

Uute seadmete soetamine

Uute seadmete tootmisega seotud kliimamõju arvestamiseks on ettevõttel kaks võimalust: kui tootja on võimeline arvutama oma tootmise keskkonnamõju ja seeläbi igale tootele määrama vastavalt CO₂e heitmete koguse, siis kasutatakse seda ja kui tootja ei ole võimeline seda ise arvutama, siis saab kasutada kohandatud eriheitetegureid. Kuna magistritöös vaadeldavate seadmete puhul tootjad vastavaid andmeid ei avalda, siis tootmisel tekkiva CO₂e arvutamiseks kasutatakse kohandatud eriheitetegureid.

Vastavalt kohandatud heitetegurile [72] ja seadmete sisseostu hinnale arvutati keskmised tootmise süsinikehitmed erinevat tüüpi kasutatavatele digiboksidele (Tabel 14) ja ruuteritele (Tabel 15).

Tabel 14: Ühe digiboksi tootmise süsinikehitmed aastatel 2021 - 2023 (kgCO_{2e})

Tootegrupp	Toode	2021	2022	2023
Digiboks	Digiboks tüüp 1	-	10,48	10,26
Digiboks	Digiboks tüüp 2	8,39	9,93	-
Digiboks	Keskmine	8,39	10,34	10,26

Tabel 15: Ühe ruuteri tootmise süsinikehitmed aastatel 2021 - 2023 (kgCO_{2e})

Tootegrupp	Toode	2021	2022	2023
Ruuter	Ruuter tüüp 1	11,74	12,00	11,73
Ruuter	Ruuter tüüp 2	11,10	11,60	-
Ruuter	Keskmine	11,60	11,84	11,73

Seadmete ladustamine

Seadmete ladustamise kliimamõju hindamiseks kasutati kohandatud eriheitetegureid. Vastav süsinikehite leiti korrutades seadmete aastane ladustamise kulu vastava eriheiteteguriga. Tulemused on toodud tabelis 16.

Tabel 16: Hoiustamise süsinikuheide kokku tootegrupi põhiselt

Tootegrupp	Eriheitetegur (kgCO _{2e} /EUR) [72]	Ladustamise süsinikuheide kokku (kgCO _{2e})
Digiboks	0,3431	31467
Ruuter	0,3431	16231

Seadmete ladustamise andmete põhjal arvutati ühe seadme aastase laos hoidmise kliimamõju jagades kogu aastase süsinikuheite aastas keskmiselt laos olevate toodete arvuga. Selleks, et teada saada, kui suur on süsinikuheide ühe konkreetse seadme realselt laos oldud aja jooksul, korrutati aastase süsinikehite koguse keskmise laovarude suurusega (päevades) ja jagati 365 päevaga. Arvutuse tulemus on toodud tabelis 17.

Tabel 17: Seadmepõhine laos hoidmise süsinikuheide

Tootegrupp	Hoiustamise süsinikuheide kokku (kg CO ₂ e)	Keskmine laos olevate toodete arv	Keskmine laovaru päevades	Ühe seadme hoiustamise süsinikuheide (kgCO ₂ e)
Digiboks	31467	17269	84	0,42
Ruuter	16231	9172	169	0,82

Seadmete väljastamine kliendile

Kliendile seadmete väljastamise kliimamõju hindamisel lähtutakse sõiduauto ja bussiga läbitud kilomeetri eriheiteteguritest ning kliimamõju tuletatakse korrutades eriheiteteguri vastava transpordiviisi keskmise läbitud kilomeetrite arvuga. Erinevate transpordiviiside ja väljastuskohtade võrdlus on toodud tabelis 18.

Tabel 18: Transpordiviiside ja erinevate väljastuskohtade võrdlus

Mõõdetav suurus	Pakiautomaat	Esindus
Tellimuste osakaal, millele mindi järgi jala	42%	4%
Tellimuste osakaal, millele mindi järgi sõiduautoga või ühistranspordiga	58%	96%
Vahemaa sõiduauto või ühistranspordiga	7,48 km	13,49 km
Eriheitetegur (sõiduauto) [73]	0,168 kg CO ₂ e / km	0,168 kg CO ₂ e / km
Eriheitetegur (buss)[73]	0,0965 kg CO ₂ e / km	0,0965 kg CO ₂ e / km
Ühe tarne süsinikeite kogus ühistranspordi korral	0,72 kg CO ₂ e	1,3 kg CO ₂ e
Ühe tarne süsinikeite kogus isikliku sõiduauto korral	1,26 kg CO ₂ e	2,27 kg CO ₂ e
Keskmine süsinikeite kogus	0,57 kg CO ₂ e	1,71 kg CO ₂ e

Arvestades tabelis 6 toodud tellimuste väljastamise kanalite osakaale, arvutati keskmise seadmepõhise väljastuse osakaal. Täpsemate andmete puudumisel on lihtsustusena jagatud ühistranspordi ja isikliku sõiduauto kasutajad võrdselt 50% ja 50% (Tabel 19).

Tabel 19: Ühe seadme väljastuse süsinikeite kogus

Seade	Esindusest väljastuse osakaal	Esindusest väljastuse süsinikeite (kg CO ₂ e)	Pakiauto-maadist väljastuse osakaal	Pakiauto-maadist väljastuse süsinikeite (kg CO ₂ e)	Väljastuse keskmine süsinikeite (kg CO ₂ e)
Digiboks	83%	1,71	17%	0,57	1,52
Ruuter	77%	1,71	23%	0,57	1,45

Seadmete kasutus kliendi juures

Lähtudes seadmete kasutustsükli jooksul kasutatud elektrienergia hulgast ning tavaelektri (segajääk) eriheitetegurist, arvatati kasutustsükli jooksul tekkiva emissioonide hulk. Ruuterite puhul on tulemus toodud tabelis 20 ja digibokside puhul tabelis 21.

Tabel 20: Ruuterite kasutustsükli KHG emissioonid

Ruuter	Olek	Energiakulu kasutustsükli jooksul (kwh)	Eriheitetegur (kgCO ₂ /kWh) ^[74]	Emissioon kasutustsükli jooksul kokku (kgCO ₂ e)
Tüüp 1	Uus	434	0,71518	310
Tüüp 1	Kasutatud	440	0,71518	315
Tüüp 2	Uus	217	0,71518	155
Tüüp 2	Kasutatud	220	0,71518	157

Tabel 21: Digiboksi kasutustsükli KHG emissioonid

Digiboks	Olek	Energiakulu kasutustsükli jooksul (kwh)	Eriheitetegur (kgCO ₂ /kWh) ^[74]	Emissioon kasutustsükli jooksul kokku (kgCO ₂ e)
Tüüp 1	Uus	103,31	0,71518	73,88
Tüüp 1	Kasutatud	105,56	0,71518	75,49

Seadmete tagastamine

Seadmete tagastamise kliimamõju arvutamisel lähtutakse sarnaselt väljastustele meetodikale vastava transpordiviisi eriheiteteguritest ning kliimamõju arvutatakse transpordiks läbitud kilomeetritelt. Ühe seadme tagastuse keskmine KHG emissioonide

hulk on toodud tabelis 22 arvestades, et kõiki seadmeid ei tagastata (digibokside puhul ei tagastata 9% ja ruuterite puhul 6% seadmetest).

Tabel 22: Ühe seadme tagastuse süsinikeite kogus

Seade	Esindusse tagastuste osakaal	Esindusse tagastuste süsinikeite (kg CO ₂ e)	Paki-automaati tagastuste osakaal	Pakiautomaati tagastuste süsinikeite (kg CO ₂ e)	Tagastuse keskmine süsinikeite (kg CO ₂ e)
Digiboks	80%	1,71	20%	0,57	1,35
Ruuter	84%	1,71	16%	0,57	1,44

Seadmete taastamine

Seadmete taastamise puhul tekib kliimamõju lisatarvikutest, mis on vajalikud lisada kompleksuse taastamiseks, pakkematerjalidest ning seadmete taastamise teenusest.

Lisatavad tarvikud on uued, seega nende kliimamõju arvutamisel lähtuti sarnaselt uutele seadmetele kohandatud eriheiteteguritest ja lisadele kulutatud rahasummast. Kliimamõju arvutus on toodud tabelis 23.

Tabel 23: Seadmete taastamise lisatarvikute süsinikeite kogus

Seade	Taastamise lisatarvikute kulu (EUR)	Eriheitetegur (kg CO ₂ e/EUR) ^[72]	Süsinikeite (kg CO ₂ e)
Digiboks	6,51	0,0959	0,62
Ruuter	0,09	0,0959	0,01

Lisaks seadmete taastamise lisatarvikutele tuleb arvestada ka seadmete taastamise teenuse kliimamõju. Selleks kasutati taas kohandatud eriheitetegurit, mis korrutati seadmete taastamise teenuse kuluga. Tulemused on toodud tabelis 24.

Tabel 24: Seadmete taastamise teenuse süsinikeite kogus

Seade	Eriheitetegur (kg CO ₂ e/EUR) ^[72]	Süsinikeite kogus ühe seadme kontrollimisel ja taastamisel (kgCO ₂ e)
Digiboks	0,3431	1,22
Ruuter	0,3431	1,26

4.4 Tõlgendamine

Seadmete eluea jooksul tekkivate süsinikehitmete koguste hindamisel liideti kokku erinevate etappides tekkivad süsinikehitmed. Tulemused on toodud tabelis 25.

Tabel 25: Ühe seadme kasutustsükli jooksul tekkivate süsinikehitmete kogus (kgCO_{2e})

Elutsükli etapp	Uus Digiboks	Kasutatud digiboks	Uus ruuter	Kasutatud ruuter
Sisseost	10,26	0,00	11,73	0,00
Ladustamine	0,29	0,29	0,56	0,56
Väljastused	1,52	1,52	1,45	1,45
Kasutus (ainult uuemad)	73,88	75,49	310,39	314,68
Tagastus	1,35	1,35	1,44	1,44
Taastamine	0,00	0,83	0,00	0,86
Kokku	87,43	80,00	325,83	319,65

Suurim kogus süsinikehitmest tekib seadme kasutuse ajal. Seega on väga oluline seadmete valiku juures nende energiatõhusus. Eriti oluline on see ruuterite puhul, mis on pidevalt sisselülitatud olekus.

Lisaks on analüüsi tulemusel võimalik näha, et seadmete taaskasutusega on võimalik vähendada emiteeritavate süsinikehitmete hulka vaatamata lisanduvatele tegevustele seoses seadmete taastamisega. Erinevused on kokkuvõtlikult toodud tabelis 26.

Tabel 26: Seadmete eluea jooksul tekkivate süsinikehitmete erinevused

Seade	Kasutatud seade võrrelduna uue seadmega (%)	Kasutatud seade võrrelduna uue seadmega (kgCO_{2e})
Digiboks	-12%	-7,62
Ruuter	-2%	-6,18

4.5 Toote elutsükli majandusliku mõju arvutus

Toote elutsükli majandusliku mõju hindamiseks tuleb leida kõik elukaare etapid, kus toote eluea jooksul kulu tekib. Uuritavate toodete elukaar ja kulukäituriid (faktorid, mis mõjutavad kuluobjekti kulu) on toodud tabelis 27.

Tabel 27: Kliendiseadmete elutsükli majandusliku mõju kulukäituriid.

Tegevus	Kulukäituriid
Soetamine	<ul style="list-style-type: none"> • Seadme soetusmaksumus
Ladustamine	<ul style="list-style-type: none"> • Laos hoidmise kulu • Laost väljastamise kulu
Transport kliendile	<ul style="list-style-type: none"> • Transpordikulu
Kasutamine	<ul style="list-style-type: none"> • Riketega seotud kulud
Tagastamine	<ul style="list-style-type: none"> • Transpordikulu
Uuesti kasutuseks ettevalmistamine	<ul style="list-style-type: none"> • Seadmete kontroll • Puuduvate lisaseadmete asendused • Uuesti pakkimine
Utiliseerimine	<ul style="list-style-type: none"> • Edasimüügi tulud • Utiliseerimiskulu

Uute seadmete soetamine

Uute seadmete soetamine toimub Telia Company lepingu alusel välismaiselt tarnijalt. Seadmete ühikuhind on fikseeritud, minimaalsed tellimiskogused kokku lepitud, tarnetingimus on DDP (tarnitud, toll on tasutud) ja tarneaadress Telia keskladu, mis tähendab, et seadmete ostuga lisakulusid ei kaasne.

Laos hoidmise kulu

Laos hoidmise kulu hulka on arvestatud kõik laotegevustega kaasnevad kulud välise teenusepakkuja juures. Selle hulka kuuluvad seadmete vastuvõtmine, ladustamine, seadmete komplekteerimine ja väljastamine ning kõik üldised laotegevused nt. inventeerimine. Laoteenuse eest esitab partner arve kord kuud ja arvel on eristatud kulu erinevate tootegruppide kohta. Leidmaks antud töös vaadeldavate seadmete kulu, leiti esmalt kogu kliendiseadmete kogukulu ning sealt edasi vaadeldavate seadmete osakaal laos ning kogukulu jagati selle osakaaluga. Tulemused on toodud tabelis 28.

Tabel 28: Seadmete laoteenuse kulu

Seade	Aastane laokulu (EUR)	Keskmine seadmete hulk laos (tk)	Keskmine laos hoidmise aeg (päeva)	Ühe seadme laokulu (EUR)
Digiboks	91 715	17269	82	1,19
Ruuter	47 306	9172	110	1,55

Seadmete väljastuse kulu

Magistritöös vaadeldavate seadmete väljastused toimuvad peamiselt esinduse kaudu või läbi pakiautomaadi. Pakiautomaadi tarne puhul koosneb kulu ainult transpordiettevõtte teenusekulust, kuna seadmete kesklaos pakkimine ja väljastamine on arvestatud kesklaos tegevuste hulka. Seadmete transport pakiautomaati on kliendile tasuta.

Esindusse tarne kulu koosneb kauba transpordist kesklaost esindusse ja esinduses seadmete käsitlemise kulust. Kulleriga esinduste kauba täiendamine toimub igapäevaselt ning vaadeldavad kliendiseadmed on osa sellest saadetest. Transpordikulu leidmiseks leiti vaadeldavate seadmete osakaal saadetest ning saadete kulu jagati seadmete arvuga. Lisaks arvestati esindusest väljastuste puhul ka esinduses tekkiva kuluga. Selle kulu leidmiseks kasutati ühe seadme vastuvõtuks ja väljastuseks kuluvat aega ning see korrutati läbi ettevõttes kasutatava keskmise tööjõukuluga. Vastavad tarneviiside osakaalud on toodud tabelis 29.

Tabel 29: Seadmete väljastuse osakaalud

Tarneviis	Osakaal
Pakiautomaat	18%
Esindus	82%

Kaalutud keskmine kulu ühe väljastuse kohta on 12,70€.

Seadmete kasutusega kaasnevad kulud

Seadmete kasutuse ajal tekivad kulud olukorras, kus kliendi seadmel tekib rike ja seade on vaja välja vahetada. Teades erinevate seadmete vigade esinemise tõenäosusi, saame hinnata lisakulude suurusi. Uute seadmete puhul on tootjad eraldanud garantiifondi, mille arvelt rikkis seadmeid saab uute vastu vahetada ilma lisakuludeta, kasutatud seadmete puhul tuleb arvestada lisakuluna kasutatud seadme väljastust. Lisaks kaasnevad nii uute, kui ka kasutatud seadmete vahetuse korral kõik lao- ja logistikakulud seoses kauba tagastuse ja uue väljastusega kliendile. Lisakulude arvutus on toodud tabelis 30.

Tabel 30: Rikkis seadmete asendusega kaasnevad lisakulud ühe seadme kohta

Seadme grupp	Seadme olek	Seadme kulu (EUR)	Lao- ja logistikakulud kokku (EUR)	Rikke tõenäosus	Tekniv lisakulu (EUR)
Digiboks	Kasutatud	10,21	26,59	0,6%	0,22
Digiboks	Uus	0	26,59	0,4%	0,10
Ruuter	Kasutatud	3,92	26,95	1,1%	0,34
Ruuter	Uus	0	26,95	1,9%	0,52

Seadmete tagastuskulud

Seadmete tagastuskulud saab arvutada sarnaselt väljastuskuludele, sest tagastusviisid on samad, mis väljastuse puhul. Tagastusviiside osakaalud on toodud tabelis 31.

Tabel 31: Seadmete tagastusviiside osakaalud

Tagastusviis	Osakaal
Pakiautomaat	19%
Esindus	81%

Kaalutud keskmine kulu ühe väljastuse kohta on 12,57€.

Kulud seadmete taaskasutuseks ettevalmistamisel

Seadmete taaskasutuseks ettevalmistamine toimub teenusepakkuja juures laos. Tegemist on sama laoga, kus Telia hoiab kliendiseadmeid, seega lisa transpordikulud seadmete kontrolli ja ettevalmistusega ei kaasne. Seadmete taastamise kulu arvutuse aluseks on seadmete taastamisele kulumine töötaja tööaeg, lisaseadmed, mis on vajalik asendada seadme kompleksuse uuesti saavutamiseks ning seadme uuesti pakkimiseks kuluva pakkematerjali kulu. Lisaks arvestatakse seadmete taastamise ühikukulu sisse ka nende seadmete kontrollimise kulu, mis oli katkised ja uuesti ringlusesse ei lähe. Kulu arvutus ja kulu komponendid on toodud tabelis 32.

Tabel 32: Seadmete taastamisega seotud kulud ühe seadme kohta

Seade	Taastamise tööjõukulu (EUR)	Vigaste seadmete osakaal	Lisa-tarvikute kulu (EUR)	Pakke-materjalide kulu (EUR)	Kulu kokku (EUR)
Digiboks	3,54	3,97%	6,51	0,16	10,21
Ruuter	3,67	7,29%	0,09	0,16	3,92

Seadmete utiliseerimiskulud ja tulud

Kasutust mitteomavatest seadmetest vabanemiseks on võimalus need nõudluse olemasolul edasi müüa või kui nõudlus turul puudub, siis utiliseerida. Seadmete edasimüügi teostamiseks on Telia sõlminud lepingud edasimüüjatega, kes läbi oma võrgustiku leiavad seadmeid osta sooviva kliendi. Kuna tehnoloogia arengutase on maailmas erinev, siis Telias kasutust mitteomavad seadmed leiavad enamasti kasutust mingis teises riigis. Edasimüügi potentsiaal ja kasumlikkus sõltub oluliselt seadmete vanusest ja tehnilisest võimekusest.

Seadmed, mida ei ole võimalik edasi müüa, tuleb utiliseerida parimal võimalikul viisil. Selleks on Telia sõlminud lepingud utiliseerimisettevõtetega, kes need seadmed purustavad, eraldavad materjalid ja suunavad need uuesti ringlusesse.

Uued seadmed on peale kasutust keskmiselt 2,48 aastat vanad ning need on võimalik edasi müüa kasutatud seadmetena. Seadmed, mida Telia suunab ise taaskasutusse on kasutuses seni, kuni nende kasutus on tehnoloogiselt võimalik ja vahetatakse uuemate vastu siis, kui teenuste areng seda nõuab. Tehnoloogiliselt vananenud seadmeid üldiselt edasi enam müüa ei õnnestu. Uuena väljastatud seadmed, mis peale esimest kasutustsükli tagastatakse, omavad edasimüügi väärtust, mille suurus on keskmiselt 6,95% uue seadme soetushinnast. Madal edasimüügi hind on tingitud asjaolust, et seadmed on varustatud tarkvaraga, mis töötab sptsiiifiliselt Telia võrgus. Seadmed, mida on kasutatud kaks või enam kasutustsükli, omavad edasimüügi väärtust, mille suurus on keskmiselt 4,68% uue seadme soetushinnast. Vananenud seadmed, mida ei ole võimalik edasi müüa, purustatakse materjalide taaskasutuseks ja sellisel viisil on võimalik saada materjalide müügist tagasi 0,38% uue seadme väärtusest.

Kogukulu

Eelnevad kulu komponendid kokku liites on võimalik arvutada seadmete kogukulu. Erinevate seadmete kogukulud kasutustsükli jooksul on toodud tabelis 33.

Tabel 33: Ühe kasutustsükli kogukulu

Seade	Uus (EUR)	Kasutatud (EUR)
Digiboks	80,67	34,47
Ruuter	89,33	28,54

4.6 Seadmete kasutuse kliendikogemus

Kliendikogemuse hindamiseks uuriti seadmetega seotud rikkeid eesmärgiga aru saada, kas seadmete riketes on seos sellega, kas kliendile väljastati uus või kasutatud seade. Analüüsiks koguti andmed kõigi 2023 aastal registreeritud seadmerikete kohta ning valiti välja rikked, mis olid seotud antud magistritöös vaadeldavate seadmetega. Kuna uusi seadmeid väljastatakse rohkem, kui kasutatud seadmeid, siis tulemuste võrdlemiseks on rikete arv kaalutud vastavalt väljastuse osakaaluga. Tootegrupi põhised kaalutud keskmised rikete osakaalud on toodud tabelis 34.

Tabel 34: Seadmetega seotud rikete osakaalud

Seadme grupp	Seadme olek väljastusel	Kaalutud keskmine rikete osakaal
Digiboks	Uus	47%
Digiboks	Kasutatud	53%
Ruuter	Uus	61%
Ruuter	Kasutatud	39%

4.7 Tulemused

Käesolevas alapeatükis vaadeldakse põhjalikult uuringu tulemusi. Autor vastab töö alguses püstitatud uurimisküsimustele ning toob esile uurimuse olulisemad aspektid.

Milline on teenusseadmete elukaare keskkonnamõju?

Uute digibokside ja ruuterite elukaare kliimamõju võrrelduna kasutatud seadmetega on suurem. Uue digiboksi puhul on kasutustsükli süsinikehitmed kokku on 87,43 kgCO_{2e} ja ruuteri puhul 325,83 kgCO_{2e}. Kasutusfaas on mõlemat tüüpi seadmete peamine CO_{2e} heidete allikas. Uute digibokside puhul moodustas kasutusfaas 85% kogu elukaare kliimamõjust ja kasutatud digibokside puhul 94%. Ruuterite puhul on kasutuse osakaal veel suurem, kuna need seadmed on erinevalt digiboksidest pidevalt sisselülitatud olekus klindi juures. Uute ruuterite puhul on see 95% ja kasutatud ruuterite puhul 98%.

Kui palju on keskkonnamõju võimalik vähendada seadmeid taaskasutades?

Tulemused näitasid selgelt, et elektroonikaseadmete taaskasutusel on oluline roll nii keskkonna- kui ka majandusliku mõju vähendamisel. Seadmete taastamise süsinikehitmed moodustasid 12% uue seadme tootmise süsinikehitmetest digibokside puhul ja 11% ruuterite puhul.

Milline on seadmete taaskasutuse majanduslik mõju ettevõtetele võrreldes uute seadmete kasutamisega?

Uute ja kasutatud digibokside ning ruuterite kulude analüüs näitab olulisi erinevusi. Kasutatud seadmete puhul puudub sisseostukulu, kuna need on eelnevalt Telia poolt uue seadmena ostetud. Kasutatud seadmete puhul lisandub seadmete taastamise kulu, mis hõlmab seadmete kontrollimist, komplekteerimist ja pakendamist. Taastamiskulud on märkimisväärselt madalamad, kui uue seadme soetamise kulud moodustades digibokside puhul 18% ja ruuterite puhul 6% uue seadme soetuskulust. Ladustamise, väljastamise ja tagastamise kulud on võrdsed mõlemat tüüpi seadmete puhul. Uute seadmete kogukulud kasutustsükli jooksul on märgatavalt suuremad, kui kasutatud seadmetel. Seega on kasutatud seadmete majanduslik eelis.

Milline on taaskasutatud seadmete töökindlus kliendi tagasiside pinnalt?

Vastupidiselt eeldusele, et taaskasutatud seadmete kasutamine võib mõjutada negatiivselt kliendikogemust, näitas analüüs vastupidist - taaskasutatud seadmete kasutamine ei halvendanud kliendikogemust. Digibokside puhul esines seadmetega seotud rikestest 47% uute seadmetega ja 53% juhtudest kasutatud seadmetega. Ruuterite puhul 61% uute seadmetega ja 39% juhtudest kasutatud seadmetega.

4.8 Tulemuste valideerimine

Järgnevalt esitab autor kokkuvõtlikult ekspertintervjuu tulemused, mis põhinevad autori märkmetel. Intervjuu küsimuste püstitamisel lähtus autor eelnevalt läbi töötatud teoreetilisest materjalist ning töös saadud tulemustest. Intervjuu eesmärk oli valideerida meetodi sobivust ning saadud tulemuste paikapidavust. Tulemused on esitatud tabeli kujul (Tabel 35).

Tabel 35: Ekspertintervjuu küsimused ja tulemused

Küsimus	Vastus
Kuidas hindad valitud meetodi sobivust püstitatud uurimisprobleemile?	Antud meetodikad annavad hea võimaluse uurida seadme erietappide kaudu majandusliku ja kliimamõju aspekti. See on asjakohane lähenemine äriettevõttele ja on sobiv töös püstitatud probleemi uurimiseks.
Kas kõik seadme elukaare etapid on kaetud?	Valitud toodete puhul on kõik olulised elukaare etapid kaetud ja nende põhjal saab anda üldistatud hinnangu.
Kas autor on kasutanud sobivaid andmeid analüüsi teostamisel?	Analüüsis on kasutatud nii tegevuspõhiseid, kui ka kohandatud eriheitetegureid. Lähenemine on õige, kuna alati ei ole konkreetse toote või tegevuse eriheitetegur teada. Kliimamõju hindamisel tuleb lähtuda põhimõttest, et alati tuleks kasutada kättesaadavatest andmetest kõige täpsemaid, mis sobivad konkreetse olukorda. Sama kehtib ka kohandatud eriheitetegurite kasutamise korral, sest on olemas erinevaid andmebaase ja tuleks kasutada seda, mis konkreetsele turule kõige täpsemalt sobib. Seda on ka käesolevas töös tehtud.
Kui oluline on jätkusuutlikkusega tegelemine Teliale?	Jätkusuutlikkusega tegelemine on oluline nii Telias sisemiselt, kui ka Telia klientide jaoks. See aitab kaasa innovatsioonile ja leida uusi kestlikke ärimudeleid. Tundub, et see on aina olulisem ka klientidele, sest 2024. aasta esimese viie kuuga on klientidelt sama palju päringud Telia toodete või teenuste keskkonna jalajälge kohta, kui 2023 aastal kokku.
Millise hinnangu annad saadud tulemustele?	Tulemused on leitud kasutades ühtset lähenemist ja parimaid võimalike eriheitetegureid. Tulemused on leitud seadmete olulisemate etappide kohta ja välja ei ole jäetud olulist. Tulemused ja järeldused asjakohased. Oluline on aga märkida, et kliimamõju võib erineda, aga oluliselt täpsem olla, kui oleks olemas toote ja/või teenusepõhised eriheitetegurid.

4.9 Soovitused Teliale

Järgnevalt on välja toodud soovitused, mida rakendades saaks Telia muuta kliendiseadmete kasutustsükli jätkusuutlikumaks:

- väljastada kasutatud seadmeid, kuna keskmine kasutatud seadme kogukulu on keskmiselt 63% väiksem uue seadme kogukulust ning seadmete taastamise süsinikheitmed on keskmiselt 89% väiksemad, kui uue seadme toomise heitmed;
- ettevõtte süsiniku jalajälje vähendamiseks tuleks seadmete valikul üheks kriteeriumiks tuua seadme energiatarbimine, kuna uuring tõi välja, et seadmete kasutamine tekitab toote elukaare etappidest kõige suurema KHG emissioonide hulga (keskmiselt 93% kogu emisioonidest);
- pakiautomaadi kaudu kaupade tarnimise ja tagastuse osakaalu kasvatamine, sest see lühendab logistikaahelat, on kliendile lähemal ja on seetõttu ka väiksema süsiniku jalajäljega;
- rakendada täielikult seadmete rentimise ärimudelit, mis võimaldaks Telial paindlikumat lähenemist seadmete kasutamisele ja uuendamisele;

Kokkuvõttes võib öelda, et uurimus pakub olulist panust arusaamisele elektroonikaseadmete taaskasutusega kaasnevatest mõjudest ning toob välja mitmeid olulisi suuniseid, kuidas ettevõtted saavad oma tegevust keskkonnasõbralikumaks muuta, säilitades samal ajal ka majandusliku jätkusuutlikkuse ja tarbijate rahulolu.

KOKKUVÕTE

Elektroonikaseadmete laialdane kasutamine avaldab suurt mõju keskkonnale ja majandusele. Oluline on suunata rohkem keskkonnasõbralikumatele lahendustele ja rakendada ringmajanduse põhimõtteid. Magistritöö keskendub elektroonikaseadmete elutsükli analüüsile ning nende mõjule ettevõttele ja tarbijakogemusele, uurides erinevaid käitlusviise ja nende mõjusid.

Magistritöö eesmärk oli uurida Telia poolt pakutavate elektroonikaseadmete jätkusuutlikkust, keskendudes interneti- ja televisiooniteenuste seadmetele nagu ruuterid ja digiboksid. Hindamise aluseks võeti nende seadmete kogu elutsükli keskkonnamõju ning majanduslik mõju, analüüsides kahte lähenemist: esimeses keskenduti uutele, teises aga taaskasutatud seadmetele. Hindamiseks jaotati seadmete elutsükkel seitsmeks etapiks, kogudes igast etapist detailselt andmeid, et teha parimad valikud jätkusuutliku käitlemise osas.

Uuring näitas, et elektroonikaseadmete taaskasutus on oluline nii keskkonna kui ka majanduse seisukohast. Taaskasutus aitab kaasa säästvate arengule ja võimaldab ettevõtetel suurendada oma keskkonnaalast vastutustundlikkust. Hoolimata levinud arvamusest, et taaskasutatud seadmete kasutamine võib tarbijakogemust halvendada, näitas uuring, et kasutatud seadmetega oli vähem rikkeid.

Uute digibokside ja ruuterite tootmisel tekib suur osa CO₂e heidetest: 10,26 kgCO₂e digiboksi ja 11,73 kgCO₂e ruuteri puhul. Ladustamise faasis on heited suhteliselt väikesed, kuid olulised, tulenevalt energiakasutusest ja logistikast. Väljastuste (sh. transport kliendile) on heitmed samad nii uute kui ka kasutatud seadmete puhul, hõlmates transpordi- ja logistikakulusid: 1,52 kgCO₂e. Kasutusfaas on mõlemat tüüpi seadmete peamine CO₂e heidete allikas: uue digiboksi puhul 55,78 kgCO₂e ja uue ruuteri puhul 310,39 kg CO₂e, ning kasutatud digiboksi puhul 57,21 kgCO₂e ja kasutatud ruuteri puhul 314,68 kgCO₂e. Kasutatud ja uue seadme kasutuse emissioonide vahe on tingitud keskmise kasutaja erinevustest. Tagastatud seadmete taastamise heitmed on vastavalt 0,83 kgCO₂e kasutatud digiboksi puhul ning 0,86 kgCO₂e kasutatud ruuteri puhul. Võrrelduna uue seadme tootmisega on taastamine umbes 90% väiksema süsiniku jalajäljega.

Uute ja kasutatud digibokside ning ruuterite eluea jooksul tekkivate kulude hindamine paljastab märkimisväärseid erinevusi. Kasutatud seadmete puhul puudub sisseostukulu, kuna need on juba varasemalt toodetud ning omandatud. Kasutatud seadmete puhul on arvestatud seadme taastamisega seotud kulusid, mille suuruseks on 10,21 EUR ja

kasutatud ruuterite puhul 3,92 EUR. See hõlmab seadmete kontrollimist, puuduvate tarvikute lisamist ja uuesti pakkimist. Ladustamise, väljastamise ja tagastamise kulud on võrdsed uute ja kasutatud seadmete puhul. See sisaldab transpordi- ja logistikakulusid seadmete kohaletoimetamisel klientidele ja nende tagastamisel ettevõttele. Uue digiboksi puhul on kogukulu kasutustsükli jooksul on 80,67 EUR ja uue ruuteri puhul 89,33 EUR. Kasutatud digiboksi ja ruuteri kogukulu on märkimisväärselt madalam, vastavalt 34,47 EUR ja 28,54 EUR. See näitab selgelt kasutatud seadmete olulist majanduslikku eelist.

Andmete analüüsil leiti, et digiboksidega seotud seadmeriketest oli kasutatud digiboksidega seotud rikete osakaal oli veidi suurem (53% kasutatud seadmetega seotud rikkeid ja 47% uute seadmetega seotud rikkeid). Ruuterite puhul oli aga vastupidine olukord, kus uute ruuteritega seotud seadmerikete osakaal oli märkimisväärselt suurem, ulatudes 61%-ni, võrreldes kasutatud ruuteritega seotud rikete osakaaluga, mis oli 39%.

Kokkuvõttes sai töö eesmärk täidetud. Uuring aitab mõista elektroonikaseadmete taaskasutuse olulisust ja pakub suuniseid, kuidas ettevõtted saavad muuta oma tegevust keskkonnasõbralikumaks, parandada majandusliku jätkusuutlikust ja säilitada samal ajal tarbijate rahulolu.

SUMMARY

The widespread use of electronic devices has a significant impact on the environment and the economy. It is important to shift towards more environmentally friendly solutions and implement circular economy principles. This master's thesis focuses on the life cycle analysis of electronic devices and their impact on businesses and customer experience, examining various handling methods and their effects.

The aim of the thesis was to investigate the sustainability of electronic devices in Telia Eesti AS, focusing on internet and television service devices such as routers and set-top boxes. The assessment was based on the entire life cycle environmental impact and economic impact of these devices, analysing two approaches: the first focusing on new devices and the second on refurbished devices. For the assessment, the life cycle of the devices was divided into seven stages, collecting detailed data from each stage to make the best choices for sustainable handling.

The study showed that the reuse of electronic devices is important from both environmental and economic perspectives. Reuse contributes to sustainable development and allows companies to increase their environmental responsibility. Despite the common perception that using refurbished devices might degrade the consumer experience, the study showed that there were fewer malfunctions with used devices.

The production of new set-top boxes and routers generates a large portion of CO₂e emissions: 10,26 kgCO₂e for a set-top box and 11,73 kgCO₂e for a router. Emissions during the storage phase are relatively small but significant due to energy consumption and logistics. The emissions for delivery (including transport to the customer) are the same for both new and used devices: 1,52 kgCO₂e. The usage phase is the main source of CO₂e emissions for both types of devices: 55,78 kgCO₂e for a new set-top box and 310,39 kgCO₂e for a new router, and 57,21 kgCO₂e for a used set-top box and 314,68 kgCO₂e for a used router. The difference in emissions between used and new devices is due to differences in average usage time. Emissions from refurbishing returned devices are 0,83 kgCO₂e for a used set-top box and 0,86 kgCO₂e for a used router. Compared to the production of a new device, refurbishing has about 90% smaller carbon footprint.

Evaluating the costs incurred over the lifetime of new and used set-top boxes and routers reveals significant differences. Used devices have no procurement cost, as they have already been produced and acquired. The costs considered for used devices include

refurbishment, amounting to 10,21 EUR for set-top boxes and 3,92 EUR for routers. This includes inspecting the devices, adding any missing accessories, and repackaging. Storage, delivery, and return costs are the same for both new and used devices, encompassing transportation and logistics costs for delivering the devices to customers and returning them to the company. The total cost over the usage cycle is 80,67 EUR for a new set-top box and 89,33 EUR for a new router. For used devices, the total cost is significantly lower, at 34,47 EUR for a set-top box and 28,54 EUR for a router. This clearly demonstrates the significant economic advantage of used devices.

Data analysis revealed that the proportion of device malfunctions related to set-top boxes was slightly higher for used devices (53% for used devices and 47% for new devices). However, for routers, the opposite was true, with a significantly higher proportion of malfunctions related to new routers, reaching 61%, compared to 39% for used routers.

In conclusion, the study helps to understand the importance of reusing electronic devices and offers guidelines on how companies can make their operations more environmentally friendly while maintaining economic sustainability and customer satisfaction.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] M. Rafiei ja L. A. Ricardez-Sandoval, „New frontiers, challenges, and opportunities in integration of design and control for enterprise-wide sustainability“, *Comput Chem Eng*, kd 132, lk 106610, jaan 2020, doi: 10.1016/j.compchemeng.2019.106610.
- [2] S. Rudolf *et al.*, „Extending the Life Cycle of EEE—Findings from a Repair Study in Germany: Repair Challenges and Recommendations for Action“, *Sustainability*, kd 14, nr 5, lk 2993, märts 2022, doi: 10.3390/su14052993.
- [3] A. Berwald *et al.*, „Design for Circularity Guidelines for the EEE Sector“, *Sustainability*, kd 13, nr 7, lk 3923, apr 2021, doi: 10.3390/su13073923.
- [4] „International Telecommunication Union (ITU)“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>, Kasutatud 09.02.2024.
- [5] Statistikaamet, „Eestimaalased kasutavad internetti järjest rohkem“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.stat.ee/et/uudised/infotehnoloogia-leibkondades-2023>, Kasutatud 04.02.2024.
- [6] Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet, „Side aastaraamat 2022“, [Online], Loetud aadressil: <https://ttja.ee/sites/default/files/documents/2023-08/Side%20aastaraamat%202022.pdf>, Kasutatud 10.02.2024.
- [7] J. Malmodin, N. Lövehagen, P. Bergmark, ja D. Lundén, „ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome“, *Telecomm Policy*, lk 102701, jaan 2024, doi: 10.1016/j.telpol.2023.102701.
- [8] A. S. G. Andrae, „From an Environmental Viewpoint Large ICT Networks Infrastructure Equipment must not be Reused“, *WSEAS TRANSACTIONS ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT*, kd 19, lk 375–382, apr 2023, doi: 10.37394/232015.2023.19.34.
- [9] F. B. Kadumudi *et al.*, „Flexible and Green Electronics Manufactured by Origami Folding of Nanosilicate-Reinforced Cellulose Paper“, *ACS Appl Mater Interfaces*, kd 12, nr 42, lk 48027–48039, okt 2020, doi: 10.1021/acsami.0c15326.
- [10] M. P. Cenci *et al.*, „Eco-Friendly Electronics—A Comprehensive Review“, *Adv Mater Technol*, kd 7, nr 2, veebr 2022, doi: 10.1002/admt.202001263.
- [11] C.-C. Lee, S. Qin, ja Y. Li, „Does industrial robot application promote green technology innovation in the manufacturing industry?“, *Technol Forecast Soc Change*, kd 183, lk 121893, okt 2022, doi: 10.1016/j.techfore.2022.121893.
- [12] S. Boldoczki, A. Thorenz, ja A. Tuma, „The environmental impacts of preparation for reuse: A case study of WEEE reuse in Germany“, *J Clean Prod*, kd 252, lk 119736, apr 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119736.

- [13] E. Institute ja A. Andrae, *Environmental Engineering (EE); Circular Economy (CE) in Information and Communication Technology (ICT); Definition of approaches, concepts and metrics*. 2017.
- [14] M. Roura, D. Franquesa, L. Navarro, ja R. Meseguer, „Circular digital devices: lessons about the social and planetary boundaries“, *LIMITS Workshop on Computing within Limits*, juuni 2021, doi: 10.21428/bf6fb269.3881c46e.
- [15] Garcia-Muiña, González-Sánchez, Ferrari, Volpi, Pini, ja Settembre-Blundo, „Identifying the Equilibrium Point between Sustainability Goals and Circular Economy Practices in an Industry 4.0 Manufacturing Context Using Eco-Design“, *Soc Sci*, kd 8, nr 8, lk 241, aug 2019, doi: 10.3390/socsci8080241.
- [16] M. P. Cenci *et al.*, „Eco-Friendly Electronics—A Comprehensive Review“, *Adv Mater Technol*, kd 7, nr 2, veebr 2022, doi: 10.1002/admt.202001263.
- [17] W. Abualfaraa, K. Salonitis, A. Al-Ashaab, ja M. Ala'raj, „Lean-Green Manufacturing Practices and Their Link with Sustainability: A Critical Review“, *Sustainability*, kd 12, nr 3, lk 981, jaan 2020, doi: 10.3390/su12030981.
- [18] M. Qu, S. Yu, D. Chen, J. Chu, ja B. Tian, „State-of-the-art of design, evaluation, and operation methodologies in product service systems“, *Comput Ind*, kd 77, lk 1–14, apr 2016, doi: 10.1016/j.compind.2015.12.004.
- [19] „ISO 14006 'Environmental management systems - Guidelines for incorporating ecodesign'“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.evs.ee/en/evs-en-iso-14006-2020>, Kasutatud 12.02.2024.
- [20] S. Ahmad, K. Y. Wong, M. L. Tseng, ja W. P. Wong, „Sustainable product design and development: A review of tools, applications and research prospects“, *Resour Conserv Recycl*, kd 132, lk 49–61, mai 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.01.020.
- [21] K. Gutenschwager, M. Rabe, ja J. Chicaiza-Vaca, „Comparing Direct Deliveries and Automated Parcel Locker Systems with Respect to Overall CO2 Emissions for the Last Mile“, *Algorithms*, kd 17, nr 1, lk 4, dets 2023, doi: 10.3390/a17010004.
- [22] B. Ignat ja S. Chankov, „Do e-commerce customers change their preferred last-mile delivery based on its sustainability impact?“, *The International Journal of Logistics Management*, kd 31, nr 3, lk 521–548, aug 2020, doi: 10.1108/IJLM-11-2019-0305.
- [23] „Kantar Emor, 'Pakiautomaatide populaarsus üha kasvab'“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.kantaremor.ee/pressiteated/pakiautomaatide-populaarsus-uha-kasvab/>. Kasutatud 03.03.2024.
- [24] S. Iwan, K. Kijewska, ja J. Lemke, „Analysis of Parcel Lockers' Efficiency as the Last Mile Delivery Solution – The Results of the Research in Poland“,

- Transportation Research Procedia*, kd 12, lk 644–655, 2016, doi: 10.1016/j.trpro.2016.02.018.
- [25] L. Song, W. Guan, T. Cherrett, ja B. Li, „Quantifying the Greenhouse Gas Emissions of Local Collection-and-Delivery Points for Last-Mile Deliveries“, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, kd 2340, nr 1, lk 66–73, jaan 2013, doi: 10.3141/2340-08.
- [26] R. Niemeijer ja P. Buijs, „A greener last mile: Analyzing the carbon emission impact of pickup points in last-mile parcel delivery“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, kd 186, lk 113630, okt 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113630.
- [27] D. Gordic, J. Nikolic, V. Vukasinovic, M. Josijevic, ja A. D. Aleksic, „Offsetting carbon emissions from household electricity consumption in Europe“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, kd 175, lk 113154, apr 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113154.
- [28] D. B. Vargas, L. M. de S. Campos, ja M. M. M. Luna, „Brazil’s Formal E-Waste Recycling System: From Disposal to Reverse Manufacturing“, *Sustainability*, kd 16, nr 1, lk 66, dets 2023, doi: 10.3390/su16010066.
- [29] D. Moran *et al.*, „Quantifying the potential for consumer-oriented policy to reduce European and foreign carbon emissions“, *Climate Policy*, kd 20, nr sup1, lk S28–S38, apr 2020, doi: 10.1080/14693062.2018.1551186.
- [30] G. Anandh, S. PrasannaVenkatesan, M. Goh, ja K. Mathiyazhagan, „Reuse assessment of WEEE: Systematic review of emerging themes and research directions“, *J Environ Manage*, kd 287, lk 112335, juuni 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112335.
- [31] D. R. Cooper ja T. G. Gutowski, „The Environmental Impacts of Reuse: A Review“, *J Ind Ecol*, kd 21, nr 1, lk 38–56, veebr 2017, doi: 10.1111/jiec.12388.
- [32] Euroopa Parlament, „Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2012/19/EL“, [Online], Loetud aadressil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0019>, Kasutatud 22.02.2024.
- [33] M. D. Bovea, V. Ibáñez-Forés, ja V. Pérez-Belis, „Repair vs. replacement: Selection of the best end-of-life scenario for small household electric and electronic equipment based on life cycle assessment“, *J Environ Manage*, kd 254, lk 109679, jaan 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109679.
- [34] Jessica Lin, „Optimizing the Internal Reuse of Wireless Network Equipment“, 2013.
- [35] J. Van Yken, N. J. Boxall, K. Y. Cheng, A. N. Nikoloski, N. R. Moheimani, ja A. H. Kaksonen, „E-Waste Recycling and Resource Recovery: A Review on

- Technologies, Barriers and Enablers with a Focus on Oceania", *Metals (Basel)*, kd 11, nr 8, lk 1313, aug 2021, doi: 10.3390/met11081313.
- [36] „Consumer Electronics", [Online], Loetud aadressil: <https://www.statista.com/markets/418/topic/485/consumer-electronics/#statistic5>, Kasutatud 03.03.2024.
- [37] B. Borusiak, A. Szymkowiak, E. Horska, N. Raszka, ja E. Żelichowska, „Towards Building Sustainable Consumption: A Study of Second-Hand Buying Intentions", *Sustainability*, kd 12, nr 3, lk 875, jaan 2020, doi: 10.3390/su12030875.
- [38] S. M. Ayati, E. Shekarian, J. Majava, ja B. V. Wæhrens, „Toward a circular supply chain: Understanding barriers from the perspective of recovery approaches", *J Clean Prod*, kd 359, lk 131775, juuli 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131775.
- [39] A. Deshpande, P. Chouksey, ja A. Subash Babu, „Identification and Analysis of Customer's Requirements from Refurbished Electronics in Order to Create Customer Value", 2019, lk 223–243. doi: 10.1007/978-981-13-0277-0_19.
- [40] J. Suaverdez, „ELECTRONICS REUSE INDUSTRY: HOW TO OVERCOME CONSUMER HESITANCY?", kd 2023.
- [41] Kliimaministeerium, „Riigi jäätmekava aastateks 2014-2020", [Online], Loetud aadressil: <https://kliimaministeerium.ee/elukeskkond-ringmajandus/jaatmed/riigi-jaatmekava-2014-2020> . Kasutatud 05.03.2024.
- [42] J. Pollard, M. Osmani, C. Cole, S. Grubnic, ja J. Colwill, „A circular economy business model innovation process for the electrical and electronic equipment sector", *J Clean Prod*, kd 305, lk 127211, juuli 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127211.
- [43] MTÜ Eesti Elektri- ja Elektroonikaseadmete Ringlus, „EES jäätmed", [Online], Loetud aadressil: <https://eesringlus.ee/organisatsioonist/ees-jaatmed/>. Kasutatud 07.03.2024.
- [44] T. Andersen, B. Jæger, ja A. Mishra, „Circularity in Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive. Comparison of a Manufacturer's Danish and Norwegian Operations", *Sustainability*, kd 12, nr 13, lk 5236, juuni 2020, doi: 10.3390/su12135236.
- [45] P. K. K. M. H. Moora, „KHG jalajälje hindamise juhend", [Online]. Loetud aadressil: <https://envir.ee/media/7588/download>. Kasutatud 12.02.2024.
- [46] Telia Eesti AS, „Majandusaasta aruanne 2022", [Online], Loetud aadressil: <https://ariregister.rik.ee/est/company/10234957/file/9010242700>. Kasutatud 17.02.2024.

- [47] „Telia Company kontserni tarnija käitumiseeskiri“, [Online]. Loetud aadressil: https://www.telia.ee/images/documents/juhendid/est/tarnija_kaitumiseeskiri.pdf. Kasutatud 23.02.2024.
- [48] „Telia ühiskondliku mõju raport“, [Online]. Loetud aadressil: https://www.telia.ee/images/documents/TELIA_raport_EST_2024.pdf. Kasutatud 23.02.2024.
- [49] „Telia keskkonnapoliitika“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.telia.ee/images/documents/juhendid/est/Keskkonnapoliitika.pdf> . Kasutatud 04.02.2024.
- [50] „Telia jutimissüsteemi käsiraamat“, [Online], Loetud aadressil: https://www.telia.ee/images/documents/sertifikaadid/Telia_Eesti_juhtimissusteemi_kasiraamat_AVALIK.pdf . Kasutatud 07.02.2024.
- [51] „Telia Ühiskonnas“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.telia.ee/ettevotest/telia-uhiskonnas> . Kasutatud 06.02.2024.
- [52] Raina Jürgens, „Süsiniku jalajälg ettevõttes Telia Eesti AS“, Tartu, 2023.
- [53] B. Lu, B. Li, L. Wang, J. Yang, J. Liu, ja X. V. Wang, „Reusability based on Life Cycle Sustainability Assessment: Case Study on WEEE“, *Procedia CIRP*, kd 15, lk 473–478, 2014, doi: 10.1016/j.procir.2014.06.046.
- [54] „EVS-EN ISO 14040:2006+A1:2020 Keskkonnajuhtimine. Olelusringi hindamine. Põhimõtted ja raamistik“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-14040-2006-a1-2020-consolidated>, Kasutatud 29.03.2024.
- [55] I. C. Nunes, E. Kohlbeck, F. H. Beuren, A. B. Fagundes, ja D. Pereira, „Life cycle analysis of electronic products for a product-service system“, *J Clean Prod*, kd 314, lk 127926, sept 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127926.
- [56] M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, ja S. I. Olsen, Toim, *Life Cycle Assessment*. Cham: Springer International Publishing, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-56475-3.
- [57] Kun-Mo Lee ja Atsushi Inaba, „Life Cycle Assessment: Best Practices of International Organization for Standardization (ISO) 14040 Series“, 2004.
- [58] S. Toniolo, R. C. Tosato, F. Gambaro, ja J. Ren, „Life cycle thinking tools: Life cycle assessment, life cycle costing and social life cycle assessment“, *Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making*, Elsevier, 2020, lk 39–56. doi: 10.1016/B978-0-12-818355-7.00003-8.
- [59] T. Knauer ja K. Möslang, „The adoption and benefits of life cycle costing“, *Journal of Accounting & Organizational Change*, kd 14, nr 2, lk 188–215, juuni 2018, doi: 10.1108/JAOC-04-2016-0027.

- [60] J.-M. Rödger, L. L. Kjær, ja A. Pagoropoulos, „Life Cycle Costing: An Introduction“, *Life Cycle Assessment*, Cham: Springer International Publishing, 2018, lk 373–399. doi: 10.1007/978-3-319-56475-3_15.
- [61] G. A. Norris, „Integrating life cycle cost analysis and LCA“, *Int J Life Cycle Assess*, kd 6, nr 2, lk 118–120, märts 2001, doi: 10.1007/BF02977849.
- [62] A. Ciroth *et al.*, „Towards a Life Cycle Sustainability Assessment“, 2011.
- [63] F. Khan, „Equipment reliability: a life-cycle approach“, *Engineering Management Journal*, kd 11, nr 3, lk 127, 2001, doi: 10.1049/em:20010309.
- [64] D. V. Lemes, „RELIABILITY ANALYSIS OF ELECTRONIC EQUIPAMENT BASED ON WARRANTY FAILURE DATABASE“, 2008. [Online]. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:173173953>
- [65] „Data Analysis and Interpretation“, *Case Study Research in Software Engineering*, Wiley, 2012, lk 61–76. doi: 10.1002/9781118181034.ch5.
- [66] J. W. Creswell ja D. L. Miller, „Determining Validity in Qualitative Inquiry“, *Theory Pract*, kd 39, nr 3, lk 124–130, aug 2000, doi: 10.1207/s15430421tip3903_2.
- [67] „Genexis Pure ED500 ruuteri parameetrid ja juhised“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.telia.ee/abi/juhend/1943/genexis-pure-ed500-ruuteri-parameetrid-ja-juhised>, Kasutatud 01.03.2024.
- [68] Telia, „Telia X2 tehnilised andmed“, [Online], Loetud aadressil: <https://pood.telia.ee/vorguseadmed-ruuterid-ja-digiboksid/ruuter-Telia-X2-Technicolor-DGA4330/DGA4330-TELIA>, Kasutatud 01.03.2024.
- [69] „Telia digiboksi tehnilised andmed“, [Online], Loetud aadressil: <https://pood.telia.ee/vorguseadmed-ruuterid-ja-digiboksid/digiboks-DV8919X-EE-Android/DV8919X-TELIA>, Kasutatud 01.03.2024.
- [70] J. B. Guinée, „Selection of Impact Categories and Classification of LCI Results to Impact Categories“, 2015, lk 17–37. doi: 10.1007/978-94-017-9744-3_2.
- [71] E. P. Siret Talve, *Olelusingi hindamine*. 2005.
- [72] „OPEN IO andmebaas“, [Online], Loetud aadressil: <https://ghgprotocol.org/life-cycle-database>, Kasutatud 22.03.2024.
- [73] „Government conversion factors for company reporting of greenhouse gas emissions“, [Online], Loetud aadressil: <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>, Kasutatud 11.02.2024.
- [74] Kliimaministeerium, „KHG jalajälje arvutusmudel“, [Online], Loetud aadressil: <https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2023-11/KHG%20jalaj%C3%A4lje%20arvutusmudel%202023.xlsx>, Kasutatud 23.03.2024.