

TARTU ÜLIKOOLI PÄRNU KOLLEDŽ

Ettevõtluse ja projektijuhtimise õppekava

Marleen Lillipuu

**IKT-LAHENDUSTE KASUTAMINE RINGMAJANDUSLIKE
PÕHIMÕTETE RAKENDAMISEL TAIMEKASVATUSE
MIKROETTEVÕTETES**

Lõputöö

Juhendaja: Antti Roose, PhD

Kaasjuhendaja: Kristo Tõnissoo, MBA

Pärnu 2026

Soovitan suunata kaitsmisele

(allkirjastatud digitaalselt)

Antti Roose

(allkirjastatud digitaalselt)

Kristo Tõnissoo

Kaitsmisele lubatud

TÜ Pärnu kolledži programmijuht

(allkirjastatud digitaalselt)

Daniela Kond

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

(allkirjastatud digitaalselt)

Marleen Lillipuu

SISUKORD

| | |
|--|----|
| Sissejuhatus | 4 |
| 1. Ringmajandusmudel taimekasvatases | 7 |
| 1.1. Ringmajandusmudeli rakendamine taimekasvatuse ettevõttes | 7 |
| 1.2. IKT roll ja võimalused taimekasvatases | 10 |
| 1.3. IKT-lahenduste rakendamise piirangud ringmajandusmudeli arendamisel mikroettevõttes | 13 |
| 2. IKT kasutamine ringmajanduse edendamiseks taimekasvatuse mikroettevõttes | 16 |
| 2.1. Uurimismetoodika ja valimi kirjeldus | 16 |
| 2.2. Uuringu tulemused ja analüüs | 19 |
| 2.2.1. IKT-lahenduste rakendamine ringmajanduse põhimõtete kohaselt | 19 |
| 2.2.2. Toetusmeetmete kasutamine ja kättesaadavus | 23 |
| 2.2.3. IKT-lahenduste rakendamise praktikad ja takistused | 24 |
| 2.3. Järeldused ja ettepanekud | 26 |
| Kokkuvõte | 31 |
| Viidatud allikad | 33 |
| Lisad | 41 |
| Lisa 1. Intervjuu küsimused | 41 |
| Lisa 2. Koodipuu | 43 |
| Summary | 44 |

SISSEJUHATUS

Ringmajanduse eesmärk on hoida ressursid võimalikult kaua kasutuses, et nende kasutust maksimeerida ja vähendada jäätmeteket (Geissdoerfer *et al.*, 2017, lk 759). Ringmajanduslike põhimõtete rakendamist toetavad erinevad info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (edaspidi IKT) lahendused nagu automatiseeritud kastesüsteemid, sensorid, andmeanalüütika ja tarkvarapõhised väetamissüsteemid (Värzaru, 2025, lk 1–2). Need tehnoloogiad võimaldavad põllumeestel minimaliseerida vee ja energia tarbimist, seejuures suurendada tootlikkust (OECD, 2018; Värzaru, 2025, lk 3). IKT kasutuselevõtt ringmajandusmudeli raames võimaldab ettevõtjatel optimeerida tootlikkust, ressursside kasutamist ning võtta rakendusse ringmajanduslikud meetmed (GACERE, 2025, lk 3–5).

Euroopa põllumajanduspoliitika strateegiakava näeb ette investeringute, sh toetuste suurendamist põllumajanduse kaasajastamiseks (Regionaal- ja Põllumajandusministeerium, 2026). Samas, väikeettevõtete jaoks on sageli probleemiks keerukas bürokraatia, toetuste taotlemise ajamahukus, kõrged omafinantseeringu nõuded ning vähene teadlikkus. Lisaks viitavad statistilised andmed põllumajandussektori struktuursele ebavõrdsusele. Euroopa Liidu põllumajandussektoris olevatest ettevõtetest valdava osa moodustavad väikeettevõtted (maakasutus alla 5 ha), kuid need hõivavad oma tegevusega kogu põllumajandusmaast vaid 6% (European Commission, 2023a, lk 11). See viitab väikeste põllumajandusettevõtete piiratud tootmisressurssidele.

Suuremad põllumajandusettevõtted on viimaste aastate jooksul teinud rohkem investeringuid keskkonnasäästlikkuse ja kliimamuutustega kohanemise valdkonnas kui väiksemad ettevõtted. Ligikaudu pooled väiksematest põllumajandusettevõtetest (46%) ei teinud aastatel 2020–2023 ühtegi kestlikkusega seotud investeringut, samal ajal kui suurte

ettevõtjate puhul jääb vastav näitaja vaid 20–29% vahemikku. (Fi-compass, 2023, lk 89) Näitajatest joonistub välja väikeettevõtete piiratud investeerimisvõimekus, mis takistab IKT-lahenduste kasutuselevõttu.

Euroopa Liidu analüüsid viitavad ka avaliku rahastuse tähtsusele põllumajandusettevõtete investeringute tegemisel. Suur osa põllumajandussektori laenudest on seotud Euroopa Liidu Ühise Põllumajanduspoliitika (CAP) ja Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfondi (EAFRD) toetustega, ulatudes 29%-ni. Väiksemate ettevõtete seas on antud toetusmeetmete rakendamine aga madalam, ulatudes vaid 16%-ni. Osakaalude erinevus võib viidata toetusmeetmete piiratud ligipääsule väikeettevõtete seas, mis võib omakorda nõrgendada nende investeerimisvõimekust. (Fi-compass, 2023, lk 42)

Sellest tulenevalt seisneb käesoleva töö uurimisprobleem ringmajandust toetavate IKT-lahenduste väheses rakendamises taimekasvatuse mikroettevõtetes.

Lõputöö eesmärgiks on esitada ettepanekud toetusmeetmeid pakkuvatele organisatsioonidele, et parandada IKT-lahenduste kättesaadavust ja kasutamist taimekasvatuse mikroettevõtete seas. Töö tugineb mikroettevõtjate praktilisele kogemusele praktikate rakendamisel. Toetusmeetmete parem suunatus soodustaks innovatsiooni ja tehnoloogilist arengut mikroettevõtetes.

Eesmärgi kohaselt püstitati järgnevad uurimisküsimused:

- Millises ulatuses kasutatakse IKT-lahendusi ringmajandusmudeli juurutamisel ning millised on mikroettevõtjate kogemused nende praktikate kasutamisel?
- Millised on peamised takistused ringmajanduslike IKT-lahenduste laiemaks kasutuselevõtuks taimekasvatusega tegelevates mikroettevõtetes?

Lõputöö koosneb teoreetilisest ja empiirilisest osast, mis on struktureeritud alapeatükkideks. Lõputöö teoreetilises osas tuginetakse väike- ja keskmise (VKE) suurusega, sh mikroettevõtteid käsitlevatele allikatele (European Commission, n.d.-b).

Esimeses alapeatükis käsitletakse ringmajanduse põhimõtteid ja nende rakendamist taimekasvatustes, lähtudes laialt viidatud Geissdoerfer *et al.* (2016), Kirchherr *et al.* (2017) ja Potting *et al.* (2018) käsitlustest. Lisaks tuuakse välja maheviljeluse eripärad. Teine alapeatükk keskendub IKT rollile ringmajanduslike põhimõtete rakendamise võimestajana taimekasvatustes. IKT innovatsioonivõimekuse kirjeldamisel tuginetakse Spiezia (2011) käsitlusele, millele järgnevad täppispõllumajanduse lahenduste tutvustused. Tehnoloogiliste lahenduste kasutamise leviku kirjeldamiseks väiksemates põllumajandusettevõtetes võeti aluseks Gabriel & Gandorfer (2023) poolt läbiviidud uuring. Viimane teoreetilise osa alapeatükk keskendub mikroettevõtetes ilmnevatele takistustele, seoses ringmajanduse rakendamisega IKT-lahenduste toel. Keskendutakse ettevõtjate teadlikkusele ja finantsbarjääridele tuginevalt Arroyabe *et al.* (2024), Binek & Al-Muhannadi (2020), Kandel *et al.* (2026) ning Uvarova *et al.* (2020) käsitlustele.

Töö empiiriline osa koosneb sarnaselt teoreetilise osale kolmest alapeatükist. Esimene alapeatükk kirjeldab uurimismetoodikat ning valimit. Valimi koostamisel tuginetakse Pärnumaa Arenduskeskuse Toidukobara juhi Merle Einola ettepanekutele. Pärnumaa mikroettevõtjatega viidi läbi kvalitatiivne uuring poolstruktureeritud intervjuude näol. Kvalitatiivne uuring keskendub mikroettevõtjate kogetud hinnangutele, kuidas ringmajandusmudelid saab rakendada IKT lahendusi. Teine alapeatükk kajastab kvalitatiivse uuringu tulemusi, millised on uuringus osalenud Pärnumaa mikroettevõtjate kasutatavad IKT-lahendused ja kuidas ringmajanduslike põhimõtteid igapäevaselt rakendatakse. Alapeatükk on omakorda struktureeritud teemade kaupa eraldi peatükkideks. Tuginedes kvalitatiivse uuringu tulemustele ja mikroettevõtjate poolsetele soovitudele koostatakse ettepanekud toetusmeetmeid pakkuvatele asutustele empiirilise osa viimases peatükis.

Töö keelekontrolliks kasutati tehisaru (ChatGPT).

1. RINGMAJANDUSMUDEL TAIMEKASVATUSES

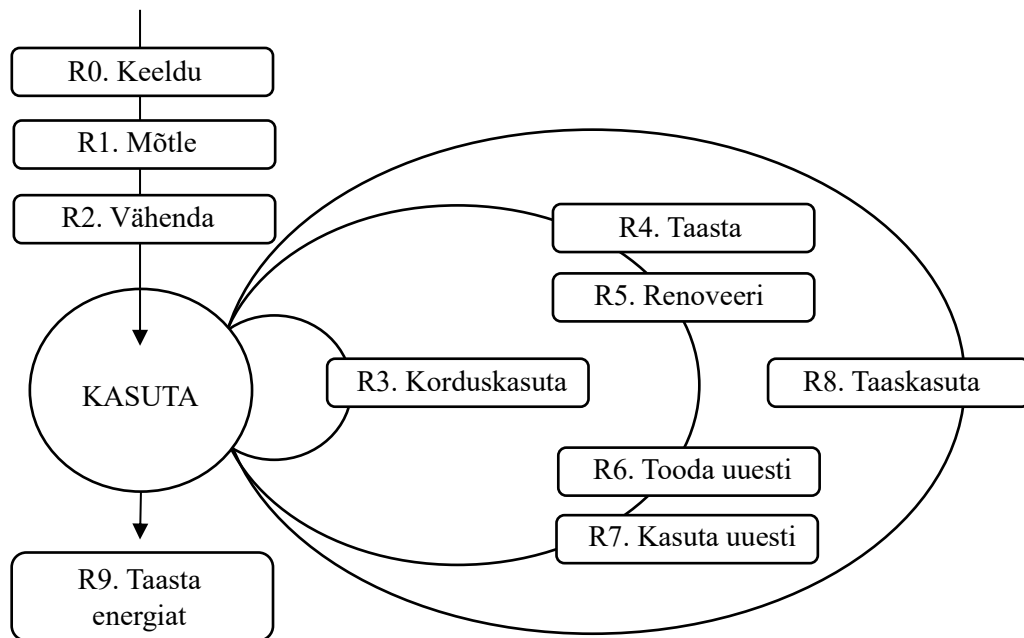
1.1. Ringmajandusmudeli rakendamine taimekasvatuse ettevõtetes

Kasvatav, sageli ka kriitiline keskkonnakoormus on loonud vajaduse kestlikumate majandusmodelite järele. Üheks laialdasemalt kasutusse võetud lähenemiseks on ringmajandus. Ringmajanduse põhieesmärgiks on vähendada jäätmeteket, hoida ressursid võimalikult kaua kasutuses ning säilitada materjalide väärtus läbi korduskasutuse, ringluse ja ressursside taastamise (Geissdoerfer *et al.*, 2016, lk 759; Nosková, 2025, lk 351).

Kuna ringmajandust tõlgendatakse valdkonniti erinevalt, kasutatakse nende põhimõtete kirjeldamiseks strateegilisi raamistikke (Kirchherr *et al.*, 2017, lk 228–230). Käesolevas töös lähtutakse ringmajanduse praktiliste tegevuste selgitamisel 4R- ja 9R-raamistikest.

Klassikaline 4R-raamistik (*reduce, reuse, recycle, recover*), keskendub ressursside tarbimise ja jäätmetekke piiramisele, toodete eluea pikendamisele korduskasutuse kaudu ning materjalide suunamisele taaskasutusse ja ümbertöötlemisse (Euroopa Kontrollikoda, 2023, lk 6; Kirchherr *et al.*, 2017, lk 223).

4R-raamistik on osa laiemast 9R-raamistikust (vt joonis 1), mis hõlmab lisaks ka tegevusi *refuse, rethink, repair, refurbish, remanufacture* ja *repurpose*. Potting *et al.* seovad 9R-strateegiad kolme peamise tegevussuunaga. Nendeks on nutikam tootmine ja kasutus, toodete eluea pikendamine ning materjalide ringluses hoidmine. (2017, viidatud Hunger *et al.*, 2024, lk 4 vahendusel)



Joonis 1. Ringmajanduse 9R-raamistik. Allikas: Potting *et al.*, 2018, lk 11

Taimikasvatases toimub ringmajandusmudeli rakendamine eeskätt erinevate taastava põllumajanduse praktikatena, mis soodustavad toitainete ringlust ja parandavad mullaviljakust. Tootmisjääke komposteeritakse, kasutatakse külvikordi ja kasvatatakse kattekultuure (Lal, 2020, lk 123A–124A).

Komposteerimine on bioloogiline protsess, mille käigus mikroorganismid muudavad orgaanilised jäätmed toitainerikkaks materjaliks (Manaea *et al.*, 2024, lk 2), parandades mulla omadusi, kvaliteeti ja viljakust (Iraji *et al.*, 2025, lk 13). Komposteerimise oluliseks eeliseks on selle rakendamise lihtsus, mistõttu on meetod kättesaadav ka piiratud ressurssidega väiksematele ettevõtetele ja majapidamistele (Arrigoni *et al.*, 2024, lk 309).

Lisaks on kasutusel ka külvikordade vaheldamine, mis põhineb mitmeaastasel planeerimisel ning erinevate kultuuride järjestikusel kasvatamisel samal põllualal (Al-Musawi *et al.*, 2025, lk 2). See lähenemine aitab mitmekesistada mulla struktuuri ning optimeerida toitainete kasutust, parandades seeläbi mulla kvaliteeti ja tootlikkust. Uuringud on näidanud, et mitmekesised külvikorrad, eriti need, mis hõlmavad kaunvilju, suurendavad mulla mikroobide mitmekesisust, parandavad vee säilitamise võimet ja vähendavad erosiooni riski.

Vähene erosiooni risk toetab omakorda taimede kasvu ja saagikust. (Tamburini *et al.*, 2020, lk 4; Wang *et al.*, 2025, lk 13) Kattekultuure kasvatatakse ajavahemikul, mil põllul ei toodeta põhikultuure, eesmärgiga säilitada mulla viljakus, toetada bioloogilist aktiivsust ning hoida pinnas aktiivsesena ka kasvuperioodide vahel (Çerçioğlu *et al.*, 2025, lk 1–2).

Lisaks spetsiifilistele põllumajanduspraktikatele rakendatakse ringmajanduse põhimõtteid ka vihma- ja reovee korduskasutuse kaudu. Vihmavett kogutakse korduvkasutuseks (Szoldrowska *et al.*, 2025, lk 2), mis ühtlasi parandab põllumajanduslikku tootlikkust (Hristov *et al.*, 2021, lk 4–5). Levinud on ka plastikmaterjalide korduskasutamine taimekasvatuses, näiteks peenrakatted ja toetusvahendid. Seejuures on loodud võimalused ringmajanduse edendamiseks keskkonnasäästlikumate ja biolagunevate materjalide kasutamise näol. Nende laiemat kasutuselevõttu takistavad aga kõrgemad kulud, piiratud kättesaadavus ning ebakindlus tegeliku keskkondliku kasu osas. (Thrän *et al.*, 2024, lk 98)

Saagikuse kvaliteeti ja tootlikkust mõjutab oluliselt viljelusviis. Olenevalt ettevõttesisestest väärtustest ja eesmärkidest praktiseeritakse vastavalt tava- või maheviljelust. Maheviljeluse praktikad on fokuseeritud loodusvarade kestlikule kasutamisele, bioloogilise mitmekesisuse säilitamisele ning lõpp-produktina kvaliteetsete toiduainete tootmisele. (Komor *et al.*, 2025, lk 2) Maheproduktide tootmist nähakse keskkonnasäästlikuna seetõttu, et saaduste kasvatamine ei hõlma tehislise pestitsiidide kasutamist. Tänu vähesele sünteetiliste lisandite kasutusele on leitud, et pinnas ja põhjavesi püsivad puhtamad. (Coppola *et al.*, 2022, lk 3–4; Verdi *et al.*, 2022, lk 2). Teisalt on tehislikud lisandid tootlikkuse säilitamisel efektiivsed. Seetõttu võib maheviljelusettevõtete tootlikkus olla kuni 30% madalam tavaviljelusega tegelevatest ettevõtetest (Coppola *et al.*, 2022, lk 2; European Commission, 2023b, lk 10).

Mikroettevõtete puhul ei kujune ringmajanduslikud praktikad tavaliselt terviklikuks majandusmudeliks, vaid pigem üksikuteks, praktilisteks tegevusteks, mis lähtuvad ettevõtja vajadustest. Seetõttu suureneb vajadus töökorraldust toetavate lahenduste järele, mis aitaksid ressursikasutust jälgida, planeerida ja analüüsida. (Bassi & Guidolin, 2021, lk 20–21) Sellest tulenevalt moodustavad ringmajanduslikud praktikad aluse IKT-lahenduste kasutuselevõtule taimekasvatuse mikroettevõtetes.

1.2. IKT roll ja võimalused taimekasvatuses

Uuenduslikud IKT-lahendused võimestavad ringmajandusmudeli rakendamist, toetades ressursside juhtimist, andmepõhist otsustamist ja tootmisprotsesside optimeerimist (Kristoffersen *et al.*, 2020, lk 242–243). Taimekasvatuses rakendatakse IKT-lahendusi eelkõige täppis põllumajanduse tehnikates.

Täppis põllumajandus toetub andmepõhisele tootmisjuhtimisele ja sisendite kasutamisele vastavalt mulla, ilmastiku ja taimede tegelikule seisundile. See aitab vähendada liigset ressursikasutust ning toetab keskkonnasäästlikumaid tootmisviise (vt tabel 1). (Värzaru, 2025, lk 3) Kasutusel on sensorid, navigatsiooniseaded, droonid ning asjade internet (IoT) (Petrović *et al.*, 2024, lk 1).

Tabel 1. IKT-lahenduste rakendamise viisid ringmajandusmudeli toetuseks taimekasvatuses.

| IKT-lahendus | Rakendus ringmajanduslikus taimekasvatuses | Allikas |
|--------------------------------|---|--|
| Andurid (sensorid) | Mulla ja keskkonnatingimuste mõõtmine | Soussi <i>et al.</i> , 2024, lk 5–6; Pascoal <i>et al.</i> , 2024, lk 4, 20 |
| Asjade internet (IoT) | Andmete kogumine ja edastus | Miller <i>et al.</i> , 2025, lk 2; Patel & Patel, 2016, lk 6123 |
| Droonid | Põldude seisundi jälgimine | Ronzhin <i>et al.</i> , 2025, lk 7; Guebsi <i>et al.</i> , 2024, lk 13 |
| Kastmis – ja väetamissüsteemid | Veekasutuse ja väetamise optimeerimine | Pascoal <i>et al.</i> , 2024, lk 4, 20; Silva <i>et al.</i> , 2024, lk 2 |
| Otsustustoe süsteemid (DSS) | Andmehaldus ja otsuste toetamine | Zhai <i>et al.</i> , 2020, lk 1–2 |
| Tehisintellekt | Andmete analüüs | Manono <i>et al.</i> , 2026, lk 9–12 |
| Päikesepaneelid | Energiavarustus | Morkūnas <i>et al.</i> , 2022, lk 2–3, 6; Maraveas <i>et al.</i> , 2021, lk 17 |

Asjade interneti (IoT) areng on loonud võimaluse koguda ajakohaseid andmeid mulla, taimede ja keskkonnatingimuste kohta (Miller *et al.*, 2025, lk 2). IoT tähistab internetiga ühendatud füüsiliste seadmete võrgustikku, mis võimaldab sensorite ja tarkvaralahenduste abil andmeid koguda ning edastada (Patel & Patel, 2016, lk 6123). Täppis põllumajanduses on oluline rõhk just sensoritel, mis toetavad andmepõhist otsustamist võimaldades jälgida põllukultuuride kasvu ja ressursikasutust. Peamiselt kasutatakse neid eesmärgiga hinnata

mulla omadusi, määrata mulla pH ja toitainete sisaldust, hinnata mulla niiskustaset ning optimeerida taimede kasvutingimusi. (Soussi *et al.*, 2024, lk 5–6)

Mulla niiskustaseme hindamise põhjal saab niisutusüsteeme juhtida vastavalt taimede tegelikule veevajadusele ning vältida liigset veekasutust. Samuti aitavad temperatuuri- ja õhuniiskuse andurid ennetada olukordi, mis võivad soodustada taimehaiguste teket või pidurdada taimede arengut. (Pascoal *et al.*, 2024, lk 4, 20). Sarnasel põhimõttel kasutatakse sensortechnoloogiaid ka väetamise optimeerimiseks. Nende abil on võimalik planeerida toitainete andmist vastavalt taimede tegelikele vajadustele seejuures reguleerides taimede kasvukeskkonda. (Silva *et al.*, 2024, lk 2)

Sarnaselt sensoritele võimaldavad droonid koguda kiiresti ja madalate kuludega andmeid hallatavate põldude kohta. Droonid pakuvad võrreldes tavalise satelliidipildiga detailsemat ja ajaliselt täpsemat teavet. Seejuures on võimalik varakult tuvastada taimede stressi, toitainete puudust või haiguste levikut. Lisaks seirele kasutatakse droone ka pritsimisel ja külvitöödel. Droonide kättesaadavus ja suhteliselt kerge rakendamine muudavad need sobivaks lahenduseks ka väiksematele tootjatele. (Ronzhin *et al.*, 2025, lk 7) Lisaks võimaldab droonide kasutamine tööprotsesse põllul oluliselt kiirendada, hoides kokku ajalist ressursi (Guebsi *et al.*, 2024, lk 13).

Suurte andmemahtude kasutamine eeldab lahendusi, mis toetavad nende süstemaatilist analüüsi. Sestap on põllumajanduses üha enam tähelepanu pööratud otsustustoe süsteemidele (Decision Support Systems, DSS), mis toetavad tootjaid otseselt keerukamate otsuste tegemisel, võimaldades paremini planeerida tootmistegevusi, kasutada ressursse eesmärgipärasemalt ning kohaneda muutuvate ilmastiku- ja kasvutingimustega. Selliste süsteemide kasutamist peetakse oluliseks sammuks nutikamate ja kestlikumate tootmisviiside suunas. (Zhai *et al.*, 2020, lk 1–2) Seejuures on leitud, et tehisintellekt võib suurendada otsustustoe süsteemide tõhusust, juhul kui seda kasutada abivahendina, mis aitab analüüsida keerulisemaid andmeid. Samas sõltub nende tulemuslikkus sellest, kui täpsed ja usaldusväärsed on edastatavad andmed. Kvaliteeti võivad mõjutada ka kiiresti muutuvad keskkonnatingimused. (Manono *et al.*, 2026, lk 9–12)

IKT-lahenduste rakendamist toetavad ka taastuenergia lahendused, eelkõige toimepidevuse tagamiseks. Näiteks kasutatakse päikeseenergia põhinevaid sensoreid protsesside automatiseerimiseks ja mulla seisundi hindamiseks. Päikeseenergia kasutamine aitab käitada seadmeid ja ühtlasi alandada energiakulusid. (Morkūnas *et al.*, 2022, lk 2–3, 6)

Katmikalal kultuuride kasvatamisel on levinud energiasäästlikud kasvuhoone lahendused katusele paigaldatud päikesepaneelide näol. Kuigi kasvuhoone põhised lahendused aitavad täita energiasäästlikkuse eesmärke, sõltub nende kasu suuresti ilmastikutingimustest ja rakendamise piirkonnast. Piirkondades, kus on päikesekiirgust vähem ei pruugi päikesepaneelid täita oma esmast eesmärki, aga võivad pakkuda kasu temperatuuri reguleerimise näol. (Maraveas *et al.*, 2021, lk 17)

Uuringud on näidanud, et väiksemates põllumajandusettevõtetes kasutatakse tehnoloogilisi lahendusi enamasti kombineeritult, mitte eraldiseisvalt (Gabriel & Gandorfer, 2023, lk 83). Taimekasvatuse mikroettevõtetes rakendatakse IKT-lahendusi eelkõige tööprotsesside lihtsustamiseks, tootmise planeerimiseks, ressursikasutuse jälgimiseks ja otsuste toetamiseks. Seejuures väheneb mikroettevõtjate käsitöö maht ja ajalise ressursi kulu. (Gabriel & Gandorfer, 2023, lk 78; Varbanova *et al.*, 2025, lk 600)

Sealjuures nähakse IKT-lahendusi innovatsiooni toetava vahendina, mis aitab ettevõtetel olemasolevaid arendustegevusi ja innovatsiooniprotsesse paremini rakendada (Spiezia, 2011, lk 100–102). Uuringud näitavad, et väikeettevõtete innovatsioonivõime kujuneb ringmajanduse ja IKT-lahenduste koosmõjust. Suurem IKT-lahenduste osakaal ettevõtte tegevuses on seotud kõrgema innovatsioonivõimega. (Arroyabe *et al.*, lk 7173–7174)

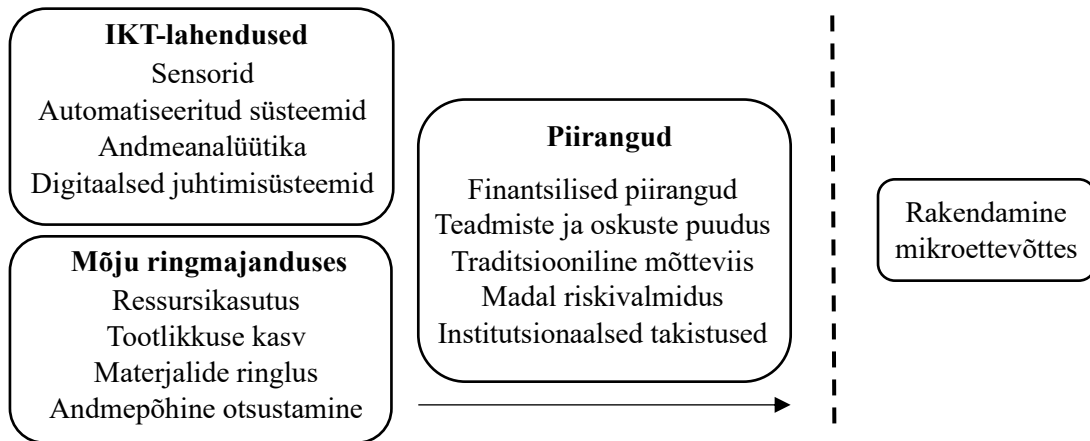
Kuigi IKT-lahendused suurendavad ringmajanduslike praktikate rakendamist sõltub nende tegelik kasutuselevõtt ettevõtte valmisolekust ja olemasolevatest sisenditest. Seetõttu ei ole IKT-lahenduste rakendamine ringmajandusmudeli arendamisel mikroettevõtete jaoks alati tõrgeteta.

1.3. IKT-lahenduste rakendamise piirangud ringmajandusmudeli arendamisel mikroettevõttes

Ringmajanduse põhimõtete rakendamisel kerkib nii ettevõttesiseselt kui ka väliskeskkonnast tulenevalt rida takistusi:

- liigne tuginemine traditsioonidele ja pikaajalistele kogemustele (Scuderi *et al.*, 2022, lk 9–10);
- ebapiisavad teadmised tehnoloogiliste lahenduste võimalustest (Kandel *et al.*, 2026, lk 9; Varbanova *et al.*, 2025, lk 600);
- madal riskivalmidus (Binek & Al-Muhannadi, 2020, lk 10);
- piiratud kapitali- ja investeerimisvõimekus (Kandel *et al.*, 2026, lk 6; Uvarova *et al.*, 2020, lk 138; Pellegrini *et al.*, 2023, lk 583);
- keerukas ligipääsetavus toetusmeetmetele (Uvarova *et al.*, 2020, lk 138–140).

Vastavalt alapeatükis käsitletud kirjandusele on joonisel 2 esitatud mikroettevõtete IKT-lahenduste toel ringmajanduslike põhimõtete rakendamisega seotud peamised tegurid ja takistused.



Joonis 2. IKT-lahenduste tegurid ja takistused ringmajandusmudeli rakendamisel mikroettevõtetes. Allikas: Autori süntees allikatest Arroyabe *et al.*, 2024 lk 7177; Bassi *et al.*, 2021, lk 15; Binek & Al-Muhannadi, 2020, lk 10; Guebsi *et al.*, 2024, lk 13; Kandel *et al.*,

2026, lk 9; Kristoffersen *et al.*, 2020, lk 242–243; Manono *et al.*, 2026, lk 9–12; Maraveas *et al.*, 2021, lk 17; Miller *et al.*, 2025, lk 2; Morkūnas *et al.*, 2022, lk 2–3, 6; Paoloni *et al.*, 2022, lk 186; Pascoal *et al.*, 2024, lk 4, 20; Patel & Patel, 2016, lk 6123; Pellegrini *et al.*, 2022, lk 584, 586; Ronzhin *et al.*, 2025, lk 7; Rupeika-Apoga & Petrovska, 2022, lk 13; Scuderi *et al.*, 2022, lk 9–10; Silva *et al.*, 2024, lk 2; Soussi *et al.*, 2024, lk 5–6; Zhai *et al.*, 2020, lk 1–2; Uvarova *et al.*, 2020, lk 138, 141; Varbanova *et al.*, 2025, lk 600 ja Värzaru, 2025, lk 3.

Taimekasvatuse väikeettevõtetes, sh mikroettevõtetes, lähtutakse otsuste tegemisel praktilisest kogemusest ja traditsioonilistest väljavaadetest. Käitumisviisi mõjutab ka laiem ühiskondlik arusaam, et põllumajandus ongi tugevalt traditsioonidel põhinev valdkond. See aga pärsib nii tehnoloogiliste lahenduste kui innovatsiooni laiemat rakendamist (Uvarova *et al.*, 2020, lk 138, 141; Arroyabe *et al.*, 2024, lk 7177). Põllumajandussektoris tuginetakse endiselt põlvkondade edasikantud tarkustele (Scuderi *et al.*, 2022, lk 9–10). Seejuures on põllumajandustootjate seas piiratud ja tagasihoidlik arusaam digilahendustest (Kandel *et al.*, 2026, lk 9; Varbanova *et al.*, 2025, lk 600).

Spetsiifiliste teadmiste ja oskuste puudujääk on seotud ka sobiva inimressursi piiratud kättesaadavusega mikroettevõtetes. Probleemi süvendab piiratud tehnoloogiline kogemus, vajaliku haridusega spetsialistide nappus ning kestlikkusele suunatud mõtteviisi vähene osakaal töötajate seas. (Bassi *et al.*, 2021, lk 15; Pellegrini *et al.*, 2022, lk 584, 586) Ettevõtjate teadlikkuse arendamisel peetakse oluliseks koostööd haridusasutustega ja teiste valdkonnasiseste ettevõtetega. Samuti rõhutatakse pideva partnerluse eelist ettevõtte positsiooni tugevdamiseks ning konkurentsivõimelisuse tagamiseks turul. (Pellegrini *et al.*, 2022, lk 587, 591).

IKT-lahenduste rakendamist piiravad ennekõike mikroettevõtetes finantsilised barjäärid (Rupeika-Apoga & Petrovska, 2022, lk 13), sageli just kõrge alginvesteeringute vajadus ja pikk tasuvusperiood. Seetõttu võivad esialgsed kulud ületada investeeringust oodatava kasu. (Kandel *et al.*, 2026, lk 6; Uvarova *et al.*, 2020, lk 138) Mikroettevõtete alakapitaliseerituse tõttu on neil ka raske ligipääs laenurahale (Pellegrini *et al.*, 2023, lk 583).

Ringmajanduslike põhimõtete rakendamine mikro- ja väikeettevõtetes eeldab institutsionaalset tuge, et uued lahendused edukalt kasutusele võtta (Arroyabe *et al.*, 2024, lk 7177). Toetusprogrammide rakendamist väikeettevõtetes võivad raskendada keerukad haldusprotsessid, mis muudavad toetuste taotlemise ajamahukaks ja administratiivselt koormavaks. Samal ajal eeldavad mitmed rahastusprogrammid suuremat kapitalivõimekust, mistõttu on mikroettevõtete ligipääs rahastusvõimalustele sageli piiratud. (Uvarova *et al.*, 2020, lk 138–140) Esinevad takistused on ettevõttepõhised ning eeldavad sihipärasemaid ja paindlikke toetusmeetmeid ja koolitusprogramme (Binek & Al-Muhannadi, 2020, lk 38–40; Rupeika-Apoga & Petrovska, 2022, lk 16).

Käesoleva töö teoreetiline raamistik keskendub kolmele aspektile: (1) IKT-lahenduste praktilised kasutamise viisid taimekasvatuse mikroettevõtetes, (2) IKT-lahenduste rakendamise takistused ning (3) seosed ringmajanduslike praktikatega. Need aspektid on empiirilises osas aluseks andmete analüüsiks.

2. IKT KASUTAMINE RINGMAJANDUSE EDENDAMISEKS TAIMEKASVATUSE MIKROETTEVÖTETES

2.1. Uurimismetoodika ja valimi kirjeldus

Uuringus analüüsitakse info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahenduste rakendamist ringmajanduse põhimõtete kohaselt Pärnumaa mikroettevõtetes.

Uuringu läbiviimiseks valiti kvalitatiivne uurimismeetod (vt tabel 2). Meetodi eelis on otsene juurdepääs mikroettevõtetes kogetud praktikatele ja paindlik läbiviimisvorm. Sügavam analüüs toob esile uuringus osalejate reaalsed, samuti originaalsed vaatenurgad, mis tugevdavad uute tegurite ja seoste tekkimist. (Almalki, 2016, lk 291)

Kvalitatiivse andmekogumise viisina rakendati poolstruktureeritud teemaintervjuu vormi. Poolstruktureeritud teemaintervjuu võimaldab intervjuusse kaasata spontaanseid täpsustavaid lisaküsimusi seejuures säilitades teemapõhise fookuse (DeJonckheere & Vaughn, 2019, lk 2–3). Lisaks intervjuudele koguti kvalitatiivseid andmeid kirjalikult. Kirjalikult andmete kogumiseks kanti intervjuu küsimused üle *Wordi*’i faili, mis edastati valimile e-kirja teel. Intervjuu küsimused lähtusid teoreetilisest alusest. Küsimused on struktureeritud ning jagunevad nelja erinevasse plokki, mis käsitlevad ettevõtete tootlikkust, tugimeetmeid, teadlikkust ning ettevõtete poolseid ettepanekuid (vt lisa 1).

Täiendava analüüsi meetodina kasutati andmepõhist analüüsi. Selleks, et toetusmeetmete kättesaadavust mikroettevõtete seas paremini hinnata, uuriti määratud toetuste jagunemist valimis olevate ettevõtete seas. Andmete kogumiseks kasutati Põllumajanduse Inforegistrite Ameti (edaspidi PRIA) ja Keskkonna Investeeringute Keskuse (edaspidi KIK) andmebaase.

Kvalitatiivsete tulemuste paremaks analüüsimiseks koostati korduvate märksõnade põhjal koodipuu (vt lisa 2), mis kajastab tulemi struktuuri. Andmeanalüüs viidi läbi temaatilise sisuanalüüsi abil. Analüüsi käigus kodeeriti vastused esialgsete märksõnade alusel, mis kujunesid uurimisküsimustest ja läbi viidud intervjuudest. Seejärel koondati sarnased koodid temaatilisteks kategooriateks (nt automatiseeritud lahendused, administratiivne haldus, takistused rakendamisel, ressursikasutus ja väärimdamine, toetusmeetmed ja teadlikkuse täiendamine), mis moodustasid analüüsi aluseks oleva koodipuu.

Tabel 2. Uuringu metoodika

| Andmeanalüüsi meetod | Valim/Allikas | Aeg | Väljund |
|------------------------------------|---|-------------|---|
| Poolstruktureeritud teemaintervjuu | Pärnumaa taimekasvatusega tegelevate mikroettevõtete juhid | Märts 2026 | Mikroettevõtete juhtide kogemused ringmajanduslike põhimõtete rakendamisel, IKT lahenduste kasutamisel ja toetusmeetmete taotlemise ja ligipääsetavusega. |
| Kirjalik küsitlus | Pärnumaa taimekasvatusega tegelevate mikroettevõtete juhid | Märts 2026 | Mikroettevõtete juhtide kogemused ringmajanduslike põhimõtete rakendamisel, IKT lahenduste kasutamisel ja toetusmeetmete taotlemise ja ligipääsetavusega. |
| Toetusmeetmete analüüs | PRIA ja KIK-i andmebaasid sh toetusprogrammide raames väljamakstud toetused | Aprill 2026 | Ülevaade toetust saanud ettevõtetest ja toetusprogrammidest |

Lähtudes antud töö uurimisprobleemist moodustasid valimi Pärnumaa mikroettevõtted, kes tegelevad taimekasvatuse valdkonnas. Intervjuud viidi läbi ettevõtete juhtide või juhatuse liikmetega vahemikus 12.03.2026–30.03.2026. Valimi struktuur koostati Pärnumaa arenduskeskuse toidukobara kogukonnajuhhi Merle Einola ettepanekute põhjal. Intervjuud viidi läbi füüsilise kohtumisena või üle veebisilla. Veebisilla vahendusel organiseeritud intervjuud salvestati *Microsoft Teams* keskkonnas ning näost-näku kohtumised jäädvustati telefoni helisalvesti abil. Intervjuud salvestati eelnevalt saadud nõusolekute alusel. Kõik intervjuud transkribeeriti kasutades *Microsoft Teams* keskkonda ning kanti hiljem üle *Microsoft Word* formaati. Valim anonümiseeriti, kasutades mikroettevõtete eristamiseks

vastavalt tähist „M”. Alljärgnev tabel kirjeldab valimi struktuuri ning annab ülevaate intervjuudest.

Tabel 3. Mikroettevõtete intervjuude ja kirjalike vastuste ülevaade

| Intervjueeritava tunnus | Ettevõtte vanus aastates | Intervjuu kestus | Kuupäev |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------|
| M1 | 15 | 31 min | 12.03.2026 |
| M2 | 2 | 23 min | 12.03.2026 |
| M3 | 10 | 15 min | 18.03.2026 |
| M4 | 10 | 45min | 22.03.2026 |
| M5 | 7 | 38 min | 26.03.2026 |
| M6 | 10 | 42 min | 27.03.2026 |
| M7 | 10 | 19 min | 30.03.2026 |
| M8 | 17 | 17 min | 30.03.2026 |
| M9 | 9 | Kirjalik vastus | 28.03.2026 |
| M10 | 12 | Kirjalik vastus | 22.03.2026 |
| M11 | 10 | Kirjalik vastus | 10.03.2026 |

Aktiivse põllumajandusmaa kasutamine on olnud viimase 10. aasta jooksul järjepidevalt langustrendis. Kui aastal 2015 oli kogu Eesti arvestuses kasutatavat põllumajandusmaad 993 595 hektarit, siis aastaks 2025 on aktiivse põllumaa osakaal langenud umbes 1,2%. (Statistikaamet, 2025). PRIA andmete kohaselt maksti aastal 2025 põllumajandusega tegelevatele ettevõtetele rekordarv toetusi ligi 400 miljoni väärtuses. Pärnumaa oli kõikide maakondade arvestuses toetuse saajate osakaalu jagunemisel teisel kohal kui PRIA kaudu toetati 1992 ettevõtet. (PRIA, 2026) Samuti moodustab Eesti aktiivsetest põllumajanduse ettevõtetest enamuse alla 10 töötajaga ettevõtte, mis kinnitab mikroettevõtete suurt osakaalu (Statistikaamet, 2026). Seetõttu on näha, et põllumajandusega tegelevate mikroettevõtete tegevus, sh jätkusuutlikkuse tagamine on seotud riiklike toetusmeetmete ja nende kättesaadavusega.

Uuringu valim jäi väikesemahuliseks ning piirkondlikult piiratuks, mistõttu ei saa tulemusi üldistada kõigile Eesti taimekasvatuse mikroettevõtetele. Lisaks kasutati andmekogumisel nii poolstruktureeritud intervjuusid kui ka kirjalikke vastuseid, mis võis mõjutada vastuste põhjalikkust ja võrreldavust. Valitud meetodika võimaldab vastata uurimisküsimustele

analüütiliselt ja tõlgendavalt, tuues esile ettevõtjate hinnangud ja praktikad seoses IKT-lahenduste kasutamise ja ringmajanduslike põhimõtete kohaselt.

2.2. Uuringu tulemused ja analüüs

2.2.1. IKT-lahenduste rakendamine ringmajanduse põhimõtete kohaselt

Käesolevas peatükis analüüsitakse poolstruktureeritud intervjuude ja kirjalike vastuste tulemusi. Tulemused on rühmitatud struktureeritud teemaplokkidesse, mis hõlmasid mikroettevõtete tootmisprotsessi ja teadlikkust ringmajanduslikest põhimõtetest ning info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahendustest.

Valimisse kuulusid Pärnumaa mikroettevõtted, kes tegelevad taimekasvatusega või ettevõtte tegevuse kõrvalharuna ka saaduste väärindamisega. Valimisse kuuluvad ettevõtted tegelesid nii avatud põllukultuuride ja maheteravilja kasvatamisega, köögiviljade kasvatamisega katmikalal kui ka aiakultuuride ehk marjade kasvatamisega. Saaduste väärindamine hõlmas endas veinide, mahlade, mooside, siirupite ning kuivatatud snäkkide tootmist. Ettevõtted olid valdavalt traditsioonilised pereettevõtted, mille igapäevatoos osaleb keskmiselt 1–2 töötajat. Kasvuhoone põhine tootmine oli väiksema mahuline, koosnedes kuni 3000 taimest. Avamaal põllumajandusliku toodangu maht varieerus 1 hektarist kuni 5 hektari maani.

Uuringu tulemuste põhjal esines mikroettevõtete seas info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahenduste kasutamist vähesel määral. Ettevõtted jagunesid kolme erinevasse kategooriasse. Suuremas osas põhjendati lahenduste piiratud kasutamist väikese tootmismahu, missioonipõhise ettevõtluse ja vähese praktilise vajadusega. Ettevõtjad väärtustasid käsitööd ja traditsioonilisi põllumajandusmeetodeid. „Ma lähtun sellest, et toidutootmisel peaks kõik tooraine ja otsused käima läbi inimkäte“ (M7). Samuti ilmnes, et automatiseeritud lahenduste puhul kaheldi toodete kvaliteedis ning peeti oluliseks säilitada lihtne ja kodune visuaal tootmiskeskkonnas (M6, M7).

Valimis oli ka ettevõtteid, mis rakendasid IKT lahendusi igapäevastes tootmis- ja viljelusprotsessides. Kasutusel olid temperatuuri- ja niiskusandurid (M4), küttesüsteem (M9), automaatlülid (M4, M11), elektrilised dosaatorid (M9) ja niisutussüsteemid (M4)

ning PRIA „Põlluraamatu Abimasin“ (M11). Lahendusi kasutati peamiselt tööprotsesside lihtsustamiseks, ajakulu vähendamiseks ja tootmise planeerimiseks. M4 tõi välja, et termoregulaatoriga küttesüsteem võimaldas tagada vajaduspõhise kütmise ja seejuures vähendada energiakulu. Lisaks kasutati nii avamaal kui kasvuhoones ilmajaamadel põhinevaid lahendusi (M2, M4).

Lisaks täheldati ka juhtumeid, kus IKT-lahendusi rakendati katsepõhiselt, kuid hiljem neist loobuti. Põhjusteks olid tehnilised probleemid, liigne energiakulu ja vähene praktiline kasu. Näiteks ei arvestanud automaatsed kastmissüsteemid taimede individuaalse veevajadusega ning nende kasutamist peeti ajamahukaks (M2, M3). Lahenduste esialgse kasutuselevõtu ajendiks oli teadmatus ning füüsilise töö minimeerimine. Samuti leiti, et kõik tootmisprotsessid ei vaja automatiseerimist ning osa mikroettevõtjaid eelistas inimtööjõul põhinevat lähenemist (M7).

IKT-lahendusi rakendanud ettevõtted tõi välja, et nende kasutamise eesmärgid ei olnud ajas oluliselt muutunud (M2, M4, M9, M11). Samas märgiti vajadust süsteemide uuendamise ja paremini integreeritud lahenduste järele, kuna olemasolevad süsteemid toimisid sageli eraldiseisvalt (M4). Eraldiseisvate komponentide kasutamine oli seotud alustavate ettevõtjate piiratud investeerimisvõimekusega. Samuti rõhutati, et tehnoloogilised investeeringud toetavad konkurentsivõimelisust (M7), tootmisprotsessi, innovatsiooni arengut ning aitavad olemasolevaid ressursse eesmärgipärasemalt kasutada (M9, M11). Suuremahulisi muudatusi siiski vajalikuks ei peetud, kuna ettevõtete eesmärk ei olnud tootmismahu ega mastaabi märgatav kasvatamine.

Erinevalt IKT-lahenduste kasutamisest kirjeldati intervjuudes laialdaselt ringmajanduslike praktikate rakendamist ettevõtte igapäevatoos. Toodi välja kavatsust ressursse maksimaalselt ära kasutada (M1, M5, M7, M8, M11).

Peamiselt olid kasutusel järgmised ringmajanduslikud praktikad:

- külvikorrad ja viljavaheldus (M4, M11);
- vahe- ja kattedekultuuride kasvatamine (M2, M4, M11);

- jääkide komposteerimine (M2, M8, M10, M11);
- plastpakendite korduskasutus (M5, M8, M11);
- peenravaipade ja toorikute korduskasutus (M4, M5, M8, M11);
- taaskasutatud materjalide soetamine (M4);
- saaduste ja jääkide väärindamine (M3, M6, M7, M10);
- orgaaniliste väetiste ja materjalide kasutamine (bioväetised, mahesõnnik, kompost, hake, multš) (M1, M5, M6, M10, M11).

55% uuringus osalenud ettevõtjatest tegelesid maheettevõtlusega (M2, M4, M7, M9, M11). Mahetootmist seostati kõrgema kvaliteedi ja tarbijate positiivse hinnanguga, kuid samal ajal toodi välja raskusi taimehaiguste ennetamisel ja kvaliteedi säilitamisel. M2 kirjeldas olukorda, kus haiguse leviku tõttu tuli suur osa saagist hävitada. Lisaks riiklikele nõuetele täiendavaid ringmajanduslikke meetmeid mahetootjad üldjuhul ei rakendanud.

Igapäevases tegevuses lähtuti ringmajanduse põhimõtetest ning hoiduti laienemisest ja masstootmisest. Põhiliste eesmärkidenä toodi välja ressursikasutuse vähendamine, tootmise mugavus ja saagikuse kvaliteedi säilitamine. Kestlike lahenduste mõju hinnati erinevalt – osa ettevõtjaid pidas neid kulusid vähendavaks, teised kulusid suurendavaks. Ressursikasutuse vähendamiseks kasutati vihmavee ja kastmisvee korduskasutust (M1, M9), päikesepaneele (M4, M7, M10), LED-valgusteid (M6, M10) ning elektrilisi väetisedosaatoreid (M9). Samuti sorteeriti jäätmeid, komposteeriti orgaanilisi jääke ja suunati tootmisjäägid jäätmekäitluse. Ettevõtjate hinnangul sõltus keskkonnasõbralike lahenduste kasutamine ka tarbijate hinnatundlikkusest ja valmisolekust eelistada kallimaid alternatiive (M4).

Täiendavalt saab tõlgendada ringmajanduslike praktikate kasutamist 4R- ja 9R-raamistikuga. Kasutusel olevad praktikad seostusid peamiselt R2 (*reduce*), R3 (*reuse*), R5 (*refurbish*), R7 (*repurpose*) ja R8 (*recycle*) kategooriatega. Külvikordade, vahe- ja kattekultuuride kasvatamine, väetisedosaatorite ning orgaaniliste väetiste kasutamine seostus peamiselt R2 põhimõttega. Nende eesmärgiks oli vähendada sisendite vajadust ja liigset kasutamist tootmisprotsessis. Erinevate pakendite, materjalide ja vee korduskasutus liigitus R3 kategooriasse. Jääkide komposteerimine aga R8 kategooriasse. M11 tõi intervjuu käigus

välja tootmisprotsessis kasutusel olevate masinate renoveerimise, mis on kooskõlas R5 põhimõttega. Saaduste ja jääkide väärindamine seostus R7 põhimõttega seepärast, et olemasolevatele ressurssidele anti uus kasutusviis. Seega olid mikroettevõtetes enim esindatud 4R-raamistiku põhimõtted, mis hõlmasid tegevusi seoses vähendamise, korduskasutuse ja taaskasutamisega.

Ettevõtjate seas peeti ringmajandusega seotud teadlikkust oluliseks, kuid sihipäraselt enesetäiendamist esines harva. Otsuste tegemisel lähtuti peamiselt isiklikust kogemusest ja praktilistest teadmistest ning väliseid infokanaleid kasutati vähesel määral (M1, M3, M7). Teadmisi omandati ettevõtjate omavahelise koostöö, praktilise töö ja koolituste kaudu. Üks ettevõtja tõi välja ka tehisintellektil põhineva vestlusroboti kasutamise enesetäiendamisel (M9). Positiivselt hinnati Pärnumaa Arenduskeskuse koolitusi, mis pakkusid praktilisi teadmisi ja koostöövõimalusi. Samas leiti, et koolituste sisu kordus aastate lõikes ning koolitajatel puudus sageli praktiline kogemus (M7).

Mitmed ettevõtjad hindasid oma teadmisi IKT-lahendustest väheseks või pidasid neid ettevõtte väikese mastaabi ja toimivate, ennast tõestanud praktikate tõttu ebaoluliseks (M2, M6). Teadmiste edasiandmine toimus peamiselt põlvest põlve ning praktilise töö ja ettevõtjate omavahelise koostöö kaudu (M1, M3, M9, M10). Samuti toodi välja, et kuigi info on kättesaadav, puudub sageli ajaline ressurss teemadesse põhjalikumalt süveneda (M7, M8). Rakendati üksikuid, kuid toimivaid lahendusi ning suuremahulise innovatsiooni järele vajadust ei nähtud (M9). Kõik uuringus osalenud ettevõtted olid pereettevõtted, mistõttu ametlikke motiveerimissüsteeme töötajate teadlikkuse või tulemuslikkuse arendamiseks ei kasutatud.

IKT-lahenduste kasutamine mikroettevõtetes oli valdavalt valikuline ja seotud kindlate vajadustega. Ringmajanduslikke praktikaid rakendati aga igapäevategevustes laiemalt. Ettevõtted erinesid nii tehnoloogiliste lahenduste kasutamise kui ka varasema rakendamise kogemuse poolest. Esines ka juhtumeid, kus lahendustest loobuti sobimatuse või liigse kulukuse tõttu. Mikroettevõtjate teadlikkus seostus eelkõige praktilise kogemuse ja omavaheliste koostöövõimalustega.

2.2.2. Toetusmeetmete kasutamine ja kättesaadavus

Riiklikud toetusmeetmed olid Pärnumaa ettevõtjate hinnangul olulised mikroettevõtte arenguks ja investeeringute tegemise aluseks. Enamik uuringus osalenud ettevõtteid pöördus toetuse taotlemise sooviga PRIA poole. Lisaks kaasati toetusi Keskkonna Investeeringute Keskuse (edaspidi KIK) abil.

Ettevõtted kaasasid finantsvahendeid toetusmeetmetes järgnevalt:

- Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfond (EAFRD) - PRIA (M6–M8, M10, M11);
- Euroopa Põllumajanduse Tagatisfond (EAGF) - PRIA (M7, M8, M10, M11);
- Keskkonnaprogramm (KP) - KIK (M6).

Intervjueeritavate kogemus toetuste taotlemisel oli erinev. Intervjuudest selgus, et toetusmeetmete kättesaadavust hinnati ametlikult heaks, kuid nende tegelik rakendamine erines mikroettevõtete lõikes. Esines ettevõtteid, kes hindasid toetusmeetmete ligipääsetavust ja taotlemise protsessi sujuvaks ja probleemivabaks (M1, M3, M8, M9, M11). Infole ligipääsetavust peeti kergelt kättesaadavaks ning toetusmeetmeid selgelt ja üheselt mõistetavaks. Samuti rõhutati mikroettevõtete turukeskse konkurentsivõime sõltuvust PRIA toetustest (M7).

Samas tõid intervjueeritavad esile mitmeid kriitilisi tähelepanekuid seoses toetusmeetmete finantsiliste barjääride ja mahuka administratiivse koormusega. M2 sõnul eeldas toetuse saamine konkreetse lahenduse soetamiseks esmalt ettevõtte poolset alginvesteeringut, mille järel kompenseeriti kindel osa kuludest toetuse abil. Ka muudatuse eduka ellu viimisega kaasnesid finantsilised kulutused. Alustava ettevõttena oli esmase investeeringu tegemiseks vabade vahendite leidmine raskendatud.

Täiendavalt ilmnas, et taotlusprotsesside keerukus ja ajamahukus vähendasid toetuste atraktiivsust, eriti väiksemahuliste investeeringute puhul. Taotluse mahukus ei sõltunud taotletava summa suuruselt, mistõttu leiti, et mikroettevõtjana ei ole toetusele kandideerimine mõttekas. Ettevõtjatelt sooviti strateegilisi arenguplaane, mis reaalsuses

kasutust ei leidnud. Samuti nõudsid plaanide koostamised suuri rahalisi väljaminekuid, kuid puudus kindel teadmine positiivsest rahastusotsusest (M6).

Ettevõtjate arvates sõltus toetuse saaja valik eeskätt arenguplaanide oskuslikust koostamisest mitte niivõrd praktiliste vajaduste hindamisest (M6, M7). Mikroettevõtja jaoks ei olnud mahukad arenguplaanid otstarbekad, sest otsuseid tehti paindlikult ja vastavalt vajadusele. Mitmed ettevõtjad kasutasid taotluste koostamisel ametlike PRIA konsultantide abi, et tagada taotluse formaalsus ning info korrektne edastamine (M4, M5). Osa ettevõteteid ei kasutanud toetusmeetmeid ettevõtte väiksemahulisuse või eelneva negatiivse otsuse tõttu toetuse taotlemisel (M1, M8).

Intervjuude põhjal selgus, et omafinantseeringu vajadus, ajamahukas ja halduslikult keeruline taotlusprotsess mõjutasid mikroettevõtete valmisolekut toetusi igapäevaselt kasutusele võtta. Samuti ei olnud taotluse maht alati vastavuses projekti tegeliku ulatusega. Protsessi lihtsustamiseks kasutati kogunud konsultantide abi või loobuti toetuse taotlemisest piiratud ressursside ja varasema negatiivse kogemuse tõttu.

2.2.3. IKT-lahenduste rakendamise praktikad ja takistused

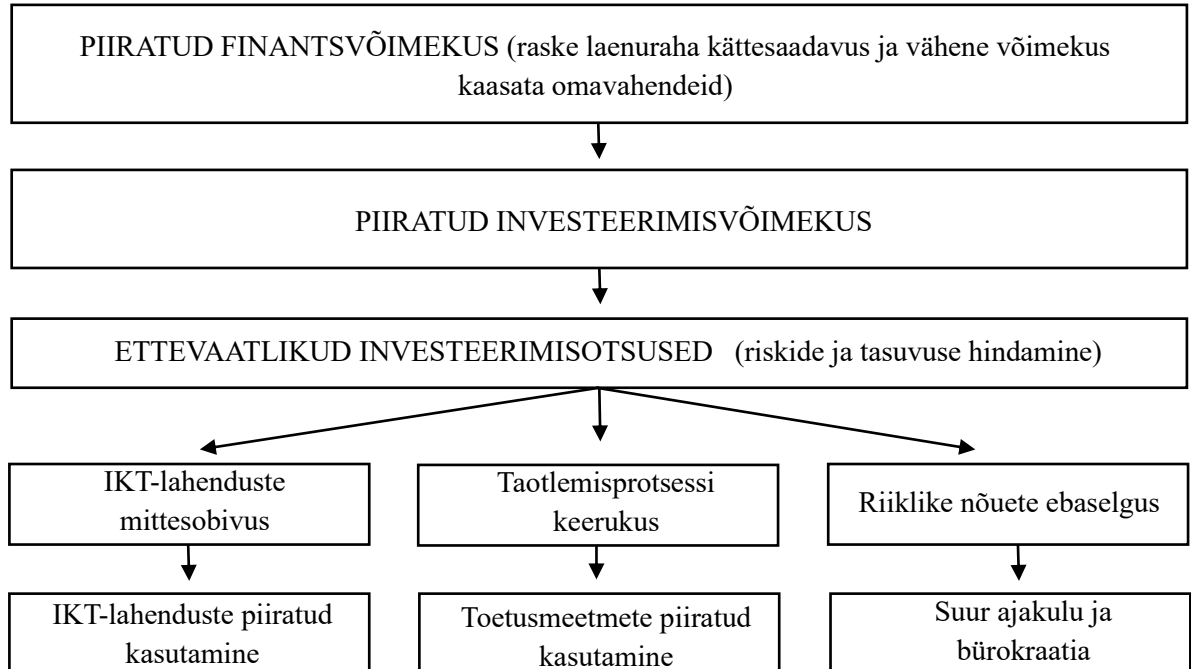
Intervjuu lõpus paluti uuringus osalejatel kirjeldada kõige tulemuslikumaks osutunud praktikaid, lahenduste rakendamisel esinenud õppetunde ja takistusi. Suurem osa ettevõtjaid lähtus ka siin vajaduspõhisest mõttemaailmast.

M9 märkis, et erialaste teadmiste kombineerimine IKT-lahenduste rakendamisega tagas efektiivse automatiseeritud küttesüsteemi loomise. M7 sõnul lõi edukuse erinevate kõrvalharudega ettevõtte peamise tegevusala täiustamine. Seejuures tõi M4 välja oskuse kohaneda muutustega ettevõttes restruktureeringute läbiviimisel. Vähesed IKT-lahenduste kasutamise tõttu keskenduti rohkem üldisele ettevõtluskultuurile ning rõhutati kogukonna omavahelise koostöö ja kogemuste jagamise olulisust (M5, M7). Siinkohal osutati käsitööstusliku ja kvaliteetse väiketootmise loomisele (M1, M5, M7). Osa valimist kirjeldas lahenduste rakendamise protsessi kulgu sujuvana, kuid esines ka mõningaid takistusi.

Mikroettevõtjad tõid välja järgmised takistused:

- piiratud finantsvõimekus (M3, M4);
- finantsbarjäär toetuse kaasamisel (M2, M3);
- IKT-lahenduse mittedobivus spetsiifilistele kultuuridele (M1);
- raskused taotluse korrektsel vormistamisel (M5);
- liigne bürokraatia ja taotlusprotsessi mahukus (M6);
- riiklike nõuete ebaselge kirjeldus ja muutumine (M8).

Takistusi analüüsid selgus, et mikroettevõtete poolt välja toodud kitsaskohtades esineb seoseid (vt joonis 3) ning põhiküsimus taandub mikroettevõtete investeerimisvõimekusele ja riskivalmidusele. Intervjuudes toodi välja, et rahalised piirangud mõjutavad nii IKT-lahenduste integreerimist kui toetusmeetmete rakendamist ettevõtte arendamiseks. M2 märkis, et omavahendite piiratus muutis keerukaks ligipääsu investeeringu tegemiseks vajalikule laenurahale. Otsuseid tehti ettevaatlikult ning lähtuti rangelt lahendusega kaasnevatest kuludest, tasuvusest ning olemasolevate ressursside kasutamisest.



Joonis 3. Mikroettevõtete takistused IKT-lahenduste rakendamisel ringmajandusmudeli edendamiseks.

Uuringus osalenud mikroettevõtete tulevikuplaanide fookus oli ressursse säästvate tootmistehnoloogiate soetamine ja arendamine (M1, M4), dokumentatsiooni digitaliseerimine (M2) ning ringmajandusvõtete uuenduslikule rakendamisele (M10). Tootmisprotsess oli M6 hinnangul liialt ajakulukas ja füüsilist ressursi nõudev, mistõttu soovitakse investeerida abimasinatesse igapäevaste kohustuste haldamiseks.

Tulemustest ilmnes, et ettevõtteid iseloomustab tugevalt vajaduspõhine praktiline lähenemine, kus otsuste tegemisel lähtutakse eelkõige tootlikkuse majanduslikust tasuvusest ning mitte niivõrd eraldi strateegilisest juhtimisest. IKT-lahendusi kasutati valikuliselt samas kui ringmajanduslikud meetodid olid mikroettevõtjate igapäevastes tegevustes laialt esindatud. Toetusmeetmed olid ettevõtete arendamiseks hädavajalikud, kuid mikroettevõtjate jaoks esines bürokraatlikke ja finantsilisi piiranguid.

2.3. Järeldused ja ettepanekud

Peamised järeldused uuringu tulemuste põhjal esitatakse vastavalt sissejuhatuses püstitatud uurimusküsimustele. Uuringu põhijäreldused on järgmised:

- Mikroettevõtjate hinnangul rakendatakse ringmajanduse põhimõtteid eeskätt olemasolevates taimekasvatuse tööprotsessides ning üldjuhul ilma täiendavate IKT-lahendusteta, keskendudes olemasolevate ressursside maksimaalsele ärakasutamisele.
- Mikroettevõtjate kogemuste kohaselt rakendatakse IKT-lahendusi tööprotsessides valikuliselt ja lisanduvalt, mitte niivõrd tervikliku või eraldiseisva uuendusena.
- IKT-lahenduste kasutuselevõttu taimekasvatuse mikroettevõtetes piiravad eelkõige finantsilised ja haldustegurid, aga ka riskivalmidus.

Pärnumaa taimekasvatuse mikroettevõtted kasutavad IKT-lahendusi valikuliselt lähtudes eelkõige oma väärtustest, põllumajanduse tavapraktikatest ning isiklikust kogemusest. Sarnast praktikat kinnitavad ka eelnevad empiirilised uuringud (Uvarova *et al.*, 2020, lk 141). Tehnoloogilisi lahendusi rakendatakse peamiselt eesmärgiga lihtsustada tööprotsesse ning parandada ettevõtte igapäevast toimimist. Mikroettevõtjate hinnangul võimaldavad

automatiseeritud lahendused saada paremat ülevaadet põllul või kasvuhoones toimuvast ning vähendada käsitsi tehtava töö mahtu, millega võib kaasneda ühtlasi ringmajanduslik efekt.

Varasemad uuringud on näidanud, et põllumajanduse väike- ja mikroettevõtted rakendavad täppispõllumajanduse tehnoloogiaid eeskätt ajalise ressursi ja sisendite optimeerimiseks (Gabriel & Gandorfer, 2023, lk 78; Varbanova *et al.*, 2025, lk 600), mis on kooskõlas ka käesoleva uuringu tulemustega. Samas toodi uuringus esile ka vastuolulist kogemust. Näiteks automaatse kastmissüsteemi kasutuselevõtuga kaasnes suurenenud energiakulu ning lahendus ei sobinud teatud kultuuride kasvatamiseks. Lisaks ei tekkinud ettevõtjate hinnangul mikroettevõtte väiksuse tõttu oodatud kasu. Sellest võib järeldada, et IKT-lahenduste kasutamisega kaasnev ettevõtjate poolne tajutud kasulikkus sõltub suuresti ettevõtte tootmismahust ja eesmärkidest.

Uuringu tulemused näitavad, et mikroettevõtjad rakendavad ringmajanduslikke meetodeid ja IKT-lahendusi valdavalt eraldiseisvate praktikadena. Enamik uuringus osalenud mikroettevõtteid juhindus ringmajanduslike meetodite rakendamisel eesmärgist kasutada olemasolevaid ressursse maksimaalselt ära. Selline lähenemine on kooskõlas ringmajanduse kontseptsiooniga, mille põhiliseks väärtuseks on kasutada olemasolevaid vahendeid sihipärasemalt ja vältida suurenevat jäätmete tekkimist (Noskova, 2026, lk 351; Euroopa kontrollikoda, 2023, lk 6). Seda kinnitab ka 4R- ja 9R- raamistike põhjal tehtud tõlgendus, mille järgi olid Pärnumaa mikroettevõtetes enim esindatud tegevused, mis seostusid ressursside vähendamise, korduskasutuse ja taaskasutamise põhimõtetega (R2, R3, R7 ja R8). Vähem esines praktikaid, mis eeldavad tootmisprotsesside terviklikku ümberkujundamist. Asjaolu viitab sellele, et ringmajandust rakendatakse eelkõige olemasolevate tööprotsesside ja ressursside optimeerimise kaudu ning mitte tervikliku strateegilise mudelina.

Samas esines Pärnumaa analüüsis lahknevust teiste sarnaste uuringutega. Erinevalt Kristoffersenist *et al.* (2020) pidasid Pärnumaa taimekasvatajad IKT rolli vähem oluliseks. Sarnaselt varasemalt uuritud juhtumitega kasutatakse IKT-lahendusi sageli eelnevalt loodud protsesside tõhustamiseks ja edasiarendamiseks, mitte täiesti uue tootmismudeli või-

protsessi loomiseks. Seda järeldust toetab ka Spiezia (2011) uuring, mille kohaselt tuleb tähtsustada IKT-d innovatsiooni toetavalt, mitte iseseisvalt uuendusi tekitavana. Pärnumaa mikroettevõtjate hinnangul ei põhine ringmajanduslike rakenduslikkus niivõrd tehnoloogilistes uuendustes, kuivõrd lihtsate, toimivate ja kestlike praktikate järjepidevas oskuslikus kasutamises.

Uuringu tulemused kinnitavad ka piiritletud uurimisprobleemi olemasolu, milleks on takistuste esinemine ringmajandusmudeli arendamisel IKT-lahenduste abil mikroettevõtetes. Selgus, et IKT-lahenduste kasutuselevõttu piiravad nii mikroettevõtete sisemine võimekus kui ka toetusmeetmete tingimused ja haldus.

Mikroettevõtjate peamiste sisemiste takistustena joonistusid välja piiratud investeerimisvõimekus ja ettevaatlikkus investeerimisotsuste tegemisel. Ettevõtjad soovivad lahenduste rakendamisega saavutada võimalikult kiiret, ka kohest investeeringu järgset kasu. Samas on piiratud investeerimisvõimekuse tõttu keeruline teha suuri alginvesteeringuid, mis tasuksid end lühikese aja jooksul ära (Kandel *et al.*, 2026, lk 6). Sellest võib järeldada, et piiratud investeerimisvõimekus suunab ettevõtjaid madala riskitasemega ja hoolikalt kaalutud investeerimisotsustele. See omakorda takistab mikroettevõtete innovaatilisust.

Väliskeskonnast tulenevaid takistusi analüüsid selgus, et rahaliste ressursside piiratus mõjutab otseselt nii mikroettevõtete otsustusprotsesse kui toetusmeetmete kasutamist. See kattub Paoloni *et al.* (2022, lk 186) empiirilise uuringu tulemusega, mille kohaselt on finantsasutustel keeruline hinnata täpselt mikroettevõtete tegevust ja usaldusväarsust, mistõttu ei olda valmis neid alati rahastama.

Omavahendite vähesus ja raskendatud ligipääs laenurahale, viitavad taimekasvatuse mikroettevõtete sõltuvusele välistest rahastusallikatest, sh riiklikest toetusmeetmetest, kuid nendega kaasnevad omafinatseeringu nõuded ja keeruline halduskorraldus võivad oluliselt piirata mikroettevõtete poolset nende kasutamist.

Kuigi kaasrahastuse programmid (nt PRIA ja KIK) toetavad innovatsiooni, ei tarvitse need lahendada mikroettevõtete peamist probleemi, algsete investeeringute jaoks vajaliku kapitali

puudumist. Enamasti tuleb mikroettevõtjatel teha esialgne investeering omavahenditest ning alles seejärel on võimalik taotleda toetust. Positiivse otsuse korral kompenseeritakse tavaliselt kuni 70% investeeringu kogumaksumusest.

Tulenevalt mikroettevõtjate soovitudest tehakse toetusmeetmete rakendusasutustele järgnevad ettepanekud:

- Välja töötada spetsiaalselt mikroettevõtjatele suunatud toetusmeetmeid.

Toetusmeetmete arendamisel tuleks arvestada lisaks tootmismahule ka ettevõtte tegevuse sisu ja eesmärgiga. Tuleks lähtuda kriteeriumitest nagu ettevõtte mõju kestlikkuse loomisele, ringmajanduslike põhimõtete rakendamine, innovaatus ning loodav lisandväärtus. Samuti tuleks luua rohkem toetusi nišitootmiseks.

Uuringus olevaid mikroettevõtteid toetatakse peamiselt pindalatoetuse abil, mille toetuse suurus arvestatakse põllumaa suuruse järgi. Mikroettevõtete seas on maakasutus piiratud (1-5 ha), mistõttu jääb saadav pindalatoetus ettevõtluse arendamisel ja uuendamisel ebapiisavaks. Samuti toodi välja, et toetusmeetmed ei keskendu üldjuhul spetsiifiliselt köögivilja kasvatamisele ja käsitööstuslikule ehk nišipõhisele tootmisele.

- Vähendada halduskoormust, eelkõige väikeprojektidel.

Mikroettevõtjatele suunatud toetusmeetmete puhul võiks rakendada lühendatud taotlusvormi ja aruandlust, keskendudes eelkõige projekti eesmärgipärasusele, vajalikkusele ja oodatavale mõjule. Mikroettevõtetal puudub ajaline ressurss ja vajalikkus mahukate auditite ja pikaajaliste arenguplaanide koostamiseks. Otsuseid tehakse jooksvalt ja lühiajalist perspektiivi arvestades. Ühtlasi tuleks lihtsustada taotluste sisulist ülesehitust ja ka vormi ning keelt. Taotluste koostamisel hinnatakse uuringus osalejate sõnul eelkõige oskuslikku ametnikele, hindajatele sobivat keelekasutust ja ülesehitust, mitte niivõrd mikroettevõtete praktilist vajadust toetuste kaasamisel.

- Võimaldada toetuste väljamaksmist osamaksetena.

Toetuste väljastamist võiks rakendada maksimaalselt 4 osas. Iga järgneva väljamakse eelduseks on eelneva etapi finantsvahendite täielik ära kasutamine ning kulusid tõendava dokumendi esitamine. Samal ajal tuleks vältida liigset halduskoormust, mistõttu

vahearuanne esitamist ei nõuta. Toetuse osade kaupa väljamaksmine toetaks investeringuid ja ka laiemat innovatsiooni mikroettevõtjate seas.

- Kaasata toetusprogrammide raames korraldatavatesse koolitustesse ettevõtjaid-praktikuid.

Praktilise taustaga koolitajate kaasamine looks sisutihedamad koolitused ning looksid rohkem väärtust ka kogenud taimekasvatuse mikroettevõtjatele.

Esitatud ettepanekud loovad eelduse toetusmeetmete tõhusamaks ja sihipärasemaks rakendamiseks, arvestades mikroettevõtete vajaduste ja piirangutega. Täiustatud toetusmeetmed suurendaksid omakorda taimekasvatuse mikroettevõtete valmisolekut kasutada IKT lahendusi igapäevaselt ettevõtte ja innovatsiooni arenguks.

KOKKUVÕTE

Lõputöö analüüsib info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahenduste kasutamist ringmajanduslike põhimõtete rakendamisel taimekasvatuse mikroettevõtetes. Teoreetilises osas keskenduti ringmajanduslike põhimõtete ja IKT-lahenduste võimalustele ning koosmõjule taimekasvatuses. Toodi välja nii traditsioonilised põllumajandussektoris levinud ringmajanduslikud lahendused kui ka IKT arenguga seotud innovatsiooni toetavad lahendused. Ringmajanduslikke põhimõtteid rakendatakse eelkõige lihtsate ja levinud praktikate kaudu nagu komposteerimine, külvikorrad ja vee korduskasutus. IKT-lahenduste kirjeldamisel rõhutati nende rolli ringmajanduslike põhimõtete rakendamise võimestajana. Toodi välja taimekasvatuse tootmisprotsesside optimeerimine ning sihipärane ressursikasutuse suurendamine, sensorite, andmeanalüüsi ja automatiseeritud süsteemide kaudu. Lisaks selgitati tegureid, mis mõjutavad IKT-lahenduste rakendamist mikroettevõtetes. Peamiste takistustena toodi välja vähene teadlikkus mikroettevõtjate seas, finantsilised piirangud, madal investeerimisvalmidus ning toetusmeetmete piiratud kättesaadavus. Teoreetilises osas tugineti teadusartiklitele ning varasemalt läbi viidud uuringutele.

Kvalitatiivse uuringu tulemusena selgus, et ringmajanduslikke põhimõtteid rakendatakse üldjuhul ilma keerulisemate tehnoloogiliste lahendusteta ning tuginetakse traditsioonilistele meetoditele, olemasolevate ressursside säästmisele ja sihipärasele kasutamisele. Pärnumaa taimekasvatuse mikroettevõtete seas on ringmajanduslikud meetmed igapäevaselt laialdasemalt rakendatud kui IKT-lahendused. Mikroettevõtjad rakendavad ringmajanduslikke praktikaid peamiselt praktilistel eesmärkidel, püüdes piiratud ressursid maksimaalselt ära kasutada. IKT-lahenduste kasutamine oli seevastu vähene, valdavalt vajaduspõhine. Lahendusi rakendati eelkõige tööprotsesside lihtsustamiseks ja ajakulu

vähendamiseks. Uuringust joonistusid välja selged takistused mikroettevõtetes IKT-lahenduste rakendamisel – finantsilised piirangud, madal riskivalmidus ja raskendatud ligipääs toetusmeetmetele.

Empiiriliste tulemuste põhjal tõi töö autor välja ettepanekud toetusmeetmeid pakkuvatele asutustele, et lihtsustada lisarahastuse kaasamist taimekasvatuse mikroettevõtetele. Praktilised soovitused hõlmasid endas nii toetusmeetmete varieeruvuse suurendamist, halduskoormuse vähendamist, taotlusvormide sisu lihtsustamist ning koolitusprogrammide sihipärasemat rakendamist. Välja toodud täiendused suurendaksid taimekasvatajatele suunatud toetusmeetmete lisandväärtust ning valmisolekut IKT-lahenduste laiemaks kasutuselevõtuks.

Antud uuringu kitsaskohaks oli valimi sarnasus ja piirkondlikkus. Valimisse sattusid enamjaolt mikroettevõtted, kes rakendasid IKT-lahendusi minimaalselt. Kasvule suunatud ettevõtetes, mida valimis polnud, võiks eeldada IKT kasutamist ulatuslikumalt. Uuringu tulemused piirnevad Pärnumaaga, kuid kindlasti ei saa ka väita, et need ei kehti mujal Eestis sarnases ettevõtluskeskkonnas.

Antud lõputöö edasiarendamise võimaluseks on täiendav üle-eestiline uuring. Valimi laiendamine loob võimaluse võtta arvesse eri piirkondadele omaseid tegureid ning looks usaldusväärsema aluse üldistuste tegemiseks. Lisaks looks see paremad eeldused IKT-lahenduste rakendamise ulatuse hindamiseks.

VIIDATUD ALLIKAD

- Almalki, S. (2016). Integrating quantitative and qualitative data in mixed methods research: Challenges and benefits. *Journal of Education and Learning*, 5(3), 288–296. <http://dx.doi.org/10.5539/jel.v5n3p288>
- Al-Musawi, Z. K., Vona, V., & Kulmány, I. M. (2025). Utilizing different crop rotation systems for agricultural sustainability: A review. *Agronomy*, 15(8), Article 1966. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081966>
- Arrigoni, J. P., Paladino, G., Garibaldi, L. A., Hedenström, E., Zhang, W., & Laos, F. (2024). Performance of small-scale composting in low ambient temperatures: Effects of adding animal by-products and recycling leachates. *Waste Management Bulletin*, 2(3), 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.09.003>
- Arroyabe, M. F., Arranz, C. F. A., & Fernandez de Arroyabe, J. C. (2024). The integration of circular economy and digital transformation as a catalyst for small and medium enterprise innovation. *Business Strategy and the Environment*, 33(7), 7162–7181. <https://doi.org/10.1002/bse.3858>
- Bassi, F., & Guidolin, M. (2021). Resource efficiency and circular economy in European SMEs: Investigating the role of green jobs and skills. *Sustainability*, 13(21), Article 12136. <https://doi.org/10.3390/su132112136>
- Binek, D., & Al-Muhannadi, K. (2020). Small and medium-sized enterprises within the circular economy: Challenges and opportunities. *Hungarian Agricultural Engineering*, 37(5), 73–84. <http://doi.org/10.17676/HAE.2020.37.5>
- Blum, N. U., Haupt, M., & Bening, C. R. (2020). Why “circular” doesn’t always mean “sustainable”. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, Article 105042. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105042>
- Coppola, G., Costantini, M., Fusi, A., Ruiz-Garcia, L., & Bacenetti, J. (2022). Comparative life cycle assessment of conventional and organic hazelnuts production systems in

- Central Italy. *Science of the Total Environment*, 826, Article 154107. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154107>
- Çerçioğlu, M., Udawatta, R. P., & Anderson, S. H. (2025). Use of cover crops for sustainable management of soil condition and health: A review. *Soil Security*, 18, Article 100177. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2025.100177>
- DeJonckheere, M., & Vaughn, L. M. (2019). Semistructured interviewing in primary care research: A balance of relationship and rigour. *Family Medicine and Community Health*, 7, Article e000057. <https://doi.org/10.1136/fmch-2018-000057>
- European Commission. (n.d.-b). *SME definition*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes/sme-fundamentals/sme-definition_en
- European Commission. (2023a). *EU agricultural outlook for markets, income and environment, 2023–2035*. Publications Office of the European Union. https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2024-01/agricultural-outlook-2023-report_en_0.pdf
- European Commission. (2023b, January). *Organic farming in the EU: A decade of organic growth*. https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/agri-market-brief-20-organic-farming-eu_en.pdf
- Euroopa Kontrollikoda. (2023). *Ringmajandus – aeglustunud edasimineku liikmesriikides vaatamata ELi meetmetele* (Eriarport nr 17/2023). https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-17/SR-2023-17_ET.pdf
- Finger, R. (2023). Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems. *European Review of Agricultural Economics*, 50(4), 1277–1309. <https://doi.org/10.1093/erae/jbad021>
- Fi-compass. (2023). *Survey on financial needs and access to finance of EU agricultural enterprises*. European Commission & European Investment Bank. <https://www.fi-compass.eu/library/market-analysis/survey-financial-needs-and-access-finance-eu-agricultural-enterprises>
- Gabriel, A., & Gandorfer, M. (2023). Adoption of digital technologies in agriculture—An inventory in a European small-scale farming region. *Precision Agriculture*, 24, 68–91. <https://doi.org/10.1007/s11119-022-09931-1>

- GACERE. (2025). *Circular economy and digitalization: Working Paper*.
<https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2025-06/Circular%20Economy%20and%20Digitalization.pdf>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Guebsi, R., Mami, S., & Chokmani, K. (2024). Drones in precision agriculture: A comprehensive review of applications, technologies, and challenges. *Drones*, 8(11), Article 686. <https://doi.org/10.3390/drones8110686>
- Hristov, J., Barreiro-Hurlé, J., Salputra, G., Blanco, M., & Witzke, P. (2021). Reuse of treated water in European agriculture: Potential to address water scarcity under climate change. *Agricultural Water Management*, 251, Article 106872. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106872>
- Hunger, T., Arnold, M., & Ulber, M. (2024). Circular value chain blind spot – A scoping review of the 9R framework in consumption. *Journal of Cleaner Production*, 440, Article 140853. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140853>
- Iraji, F., Jiménez-Ballesta, R., Mongil-Manso, J., Pellejero, G., Miguélez, D., Najafi, P., & Trujillo González, J. M. (2025). The effects of compost application on soil properties: Agricultural and environmental benefits. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 14(4). <https://doi.org/10.57647/ijrowa-2025-8144>
- Kandel, G. P., Poláková, J., Hamouz, P., Hruška, A., Varvaris, I., & Manikas, I. (2026). The role of digitalisation in supporting farmers and strategic policies for food security and sustainability in Europe: A review. *Sustainable Futures*, 11, Article 101702. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2026.101702>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Komor, A., Pawlak, J., Wróblewska, W., Białoskurski, S., & Czernyszewicz, E. (2025). Spatial differentiation of the competitiveness of organic farming in EU countries in

- 2014–2023: An input–output approach. *Sustainability*, 17(17), Article 7614. <https://doi.org/10.3390/su17177614>
- Kristoffersen, E., Blomsma, F., Mikalef, P. & Li, J. (2020). The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of Business Research*, 120, 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>
- Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 123A–124A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>
- Manea, E. E., Bumbac, C., Dinu, L. R., Bumbac, M., & Nicolescu, C. M. (2024). Composting as a sustainable solution for organic solid waste management: Current practices and potential improvements. *Sustainability*, 16(15), Article 6329. <https://doi.org/10.3390/su16156329>
- Manono, B. O., Mwami, B. M., Mutavi, S., & Nzilu, F. (2026). Precision farming with smart sensors: Current state, challenges and future outlook. *Sensors*, 26(3), Article 882. <https://doi.org/10.3390/s26030882>
- Maraveas, C., Loukatos, D., Bartzanas, T., Arvanitis, K. G., & Uijterwaal, J. F. (2021). Smart and solar greenhouse covers: Recent developments and future perspectives. *Frontiers in Energy Research*, 9, 783587. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.783587>
- Miller, T., Mikiciuk, G., Durlík, I., Mikiciuk, M., Łobodzińska, A., & Śnieg, M. (2025). The IoT and AI in agriculture: The time is now – A systematic review of smart sensing technologies. *Sensors*, 25(12), Article 3583. <https://doi.org/10.3390/s25123583>
- Morkūnas, M., Wang, Y., & Wei, J. (2024). Role of AI and IoT in advancing renewable energy use in agriculture. *Energies*, 17(23), Article 5984. <https://doi.org/10.3390/en17235984>
- Nosková, M. (2025). Conceptualizing the circular economy: R-framework question. *Green and Low-Carbon Economy*, 3(4), 350–362. <https://doi.org/10.47852/bonviewGLCE52024847>
- OECD. (2018). *Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Estonia*. OECD Food and Agricultural Reviews. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264288744-en>
- OpenAI. (2026). *ChatGPT (5. mai versioon)* [suur keelemudel]. <https://chatgpt.com/>

- Paoloni, M., Tutino, M., Paoloni, N., & Santolamazza, V. (2023). Financing innovation in agri-food industries: An analysis of Italian micro, small and medium enterprises. *British Food Journal*, 125(13), 183–204. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2022-0342>
- Pascoal, D., Silva, N., Adão, T., Lopes, R. D., Peres, E., & Morais, R. (2024). A technical survey on practical applications and guidelines for IoT sensors in precision agriculture and viticulture. *Scientific Reports*, 14(1), Article 29793. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80924-y>
- Patel, K. K., & Patel, S. M. (2016). Internet of things (IoT): Definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5), 6122–6131. <https://doi.10.4010/2016.1482>
- Pellegrini, G., Silva de Mattos, C., Otter, V., & Hagelaar, G. (2023). Exploring how EU agri-food SMEs approach technology-driven business model innovation. *International Food and Agribusiness Management Review*, 26(3), 577–595. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2022.0122>
- Petrović, B., Bumbálek, R., Zoubek, T., Kuneš, R., Smutný, L., & Bartoš, P. (2024). Application of precision agriculture technologies in Central Europe: Review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, Article 101048. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101048>
- Potting, J., Hanemaaijer, A. (Eds.), Delahaye, R., Ganzevles, J., Hoekstra, R., & Lijzen, J. (2018). *Circular economy: What we want to know and can measure. System and baseline assessment for monitoring the progress of the circular economy in the Netherlands*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/pbl-2018-circular-economy-what-we-want-to-know-and-can-measure-3216.pdf>
- Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet. (2026). *PRIA maksis 2025. aastal toetustena välja rekordilise 396,3 miljonit eurot*. <https://www.pria.ee/uudised/pria-maksis-2025-aastal-toetustena-valja-rekordilise-3963-miljonit-eurot>
- Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., & Väisänen, J.-M. (2021). Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy: Multiple case study. *Resources*,

- Conservation and Recycling*, 164, Article 105155.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105155>
- Regionaal- ja Põllumajandusministeerium. (2026). *Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika strateegiakava 2023–2027*. <https://www.agri.ee/euroopa-liidu-uhise-pollumajanduspoliitika-strateegiakava-2023-2027>
- Ronzhin, A., Figurek, A., Surovtsev, V., & Dibirova, K. (2025). Digital transformation and precision farming as catalysts of rural development. *Land*, 14(7), Article 1464. <https://doi.org/10.3390/land14071464>
- Rosa, B. O., & Paula, F. O. (2023). Circular economy adoption by European small and medium-sized enterprises: Influence on firm performance. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 25(3), 421–438. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v25i3.4232>
- Rupeika-Apoga, R., & Petrovska, K. (2022). Barriers to sustainable digital transformation in micro-, small-, and medium-sized enterprises. *Sustainability*, 14(20), Article 13558. <https://doi.org/10.3390/su142013558>
- Scuderi, A., La Via, G., Timpanaro, G., & Sturiale, L. (2022). The digital applications of “Agriculture 4.0”: Strategic opportunity for the development of the Italian citrus chain. *Agriculture*, 12(3), 400. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030400>
- Silva, F. M., Queirós, C., Pereira, M., Pinho, T., Barroso, T., Magalhães, S., Boaventura, J., Santos, F., Cunha, M., & Martins, R. C. (2024). Precision fertilization: A critical review analysis on sensing technologies for nitrogen, phosphorous and potassium quantification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 224, Article 109220. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109220>
- Soussi, A., Zero, E., Sacile, R., Trincherro, D., & Fossa, M. (2024). Smart sensors and smart data for precision agriculture: A review. *Sensors*, 24(8), Article 2647. <https://doi.org/10.3390/s24082647>
- Spiezia, V. (2011). Are ICT users more innovative? An analysis of ICT-enabled innovation in OECD firms. *OECD Journal: Economic Studies*, 2011(1), 99–119. http://dx.doi.org/10.1787/eco_studies-v2010-1-en
- Srisathan, W. A., Worrakittikul, W., Rattanapon, K., Hongto, T., Phrommasakha Na Sakhonnakon, A., & Naruetharadhol, P. (2025). Digitalisation to zero-waste: The

- interplay of open eco-innovation and the circular economy in agricultural enterprises. *International Journal of Sustainable Engineering*, 18(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/19397038.2024.2446771>
- Szoldrowska, D., Włóka, D., & Smol, M. (2025). Circular economy of water: Rainwater harvesting (RWH) and reuse solutions. *Desalination and Water Treatment*, 323, Article 101257. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101257>
- Statistikaamet. (2026, 16. jaanuar). *Majandusüksused*. <https://stat.ee/et/avastatistikat/valdkonnad/majandus/majandusuksused>
- Statistikaamet. (2025). *PM0281: PÕLLUMAJANDUSMAA JA -KULTUURID | Maakondade ja üksuste jaotus, Põllumajandusmaa/põllukultuur, Vaatlusperiood ning Näitaja*. [Andmebaas]. https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/table/tableViewLayout2
- Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., & Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, Article 105256. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256>
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., van der Heijden, M. G. A., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- Thrän, J., Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Ufarte, A., García-García, C., Parra, S., & Sayadi-Gmada, S. (2024). Environmental and economic assessment of biodegradable and compostable alternatives for plastic materials in greenhouses. *Waste Management*, 175, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.049>
- Uvarova, I., Atstaja, D., & Korpa, V. (2020). Challenges of the introduction of circular business models within rural SMEs of EU. *International Journal of Economic Sciences*, 9(2), 128–149. <https://doi.org/10.20472/ES.2020.9.2.008>
- Varbanova, M., Dutra de Barcellos, M., Kirova, M., De Steur, H., & Gellynck, X. (2025). Sustainably implementing Agriculture 4.0 in SME manufacturing companies in

- Eastern Europe: A case study from Bulgaria. *International Food and Agribusiness Management Review*, 28(3), 599–620. <https://doi.org/10.22434/ifamr.1267>
- Vărzaru, A. A. (2025). Digital revolution in agriculture: Using predictive models to enhance agricultural performance through digital technology. *Agriculture*, 15(3), Article 258. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030258>
- Verdi, L., Dalla Marta, A., Falconi, F., Orlandini, S., & Mancini, M. (2022). Comparison between organic and conventional farming systems using life cycle assessment (LCA): A case study with an ancient wheat variety. *European Journal of Agronomy*, 141, Article 126638. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126638>
- Wang, H., Cui, Z., Yan, B., Ma, X., Gao, Y., Wu, B., Wang, Y., Lu, P., Li, Y., Han, J., & Li, Y. (2025). Diversifying crop rotation improves productivity of oilseed flax by increasing soil carbon sequestration and soil biological health. *Industrial Crops and Products*, 237, Article 122129. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.122129>

Lisad

Lisa 1. Intervjuu küsimused

Intervjuu kava

Intervjuu eesmärgiks on koguda infot ringmajanduslike põhimõtete ja info-ja kommunikatsioonitehnoloogia lahenduste rakendamisest põllumajandusega tegelevates Pärnumaa mikro-ja väikeettevõtetes ning mõista nendega seotud kogemusi, takistusi ja mõju ettevõtte tootmisprotsessidele.

Uuring viiakse läbi poolstruktureeritud teemaintervjuu vormis, mis salvestatakse vastavalt toimumiskohale. Kontakt intervjuu salvestatakse telefoni abil ning veebikõne salvestatakse Microsoft teamsi vahendusel.

Poolstruktureeritud teemaintervjuu jätab ruumi paindlikuks aruteluks, võimaldades intervjuueeritaval esitada oma arvamusi põhjendatult ja avatult.

Intervjuu käigus avaldatud andmed on konfidentsiaalsed ning kasutatakse vaid antud bakalaureusetöö koostamiseks.

Intervjuu pikkuseks on orienteeruvalt 30–45 minutit sisaldades 15–20 küsimust.

Intervjuu küsimused

ETTEVÕTTEST

1. Palun rääkige endast ja oma ettevõttest, millega te tegelete ja kaua olete tegutsenud?
 - Intervjuueeritava ametikoht
 - Töökogemus
 - Ettevõtte suurus
 - Ettevõtte tootmiskaht
2. Mis taimekasvatuse juurutamise ja tootmise praktikaid Te igapäevaselt kasutate?

TOOTMINE

3. Mis IKT lahendusi juba ettevõtte igapäevatoos kasutate? Mis eesmärkidel neid rakendatakse? (Blum *et al.*, 2020, lk 1)
 - Sotsiaalne mõju
 - Keskkondlik mõju
 - Majanduslik mõju
 - 3.1. Mis oli lahenduste kasutuselevõtu ajendiks? (Finger, 2023, lk 1281)
 - 3.2. Millisel määral vastavad algselt seatud eesmärgid (IKT-lahenduste kasutuselevõtt) tänastele vajadustele ning kuidas toetavad innovatsiooni arengut? (Spiezia, 2011, lk 2–4)
4. Kuidas on IKT lahenduste rakendamine mõjutanud ettevõtte kulusid või kulustruktuuri? (Rupeika-Apoga & Petrovska, 2022, lk 13)

Lisa 1 järg.

5. Kuidas on ringmajanduslike praktikate rakendamine mõjutanud ettevõtte majanduslikke tulemusi (saagikus, tootlikkus, kasumlikkus)? Milliseid muutusi olete märganud? (Rosa *et al.*, 2023, lk 428–430)
6. Kuidas on rakendatud lahendused mõjutanud ressursitõhusust? Kirjelda enda kogemust (Ranta *et al.*, 2021, lk 9–10)
 - 6.1. Milliseid energiasäästlikke või veesäästlikke lahendusi olete saaduste tootmise protsessis rakendanud? (Morkūnas, *et al.*, 2022, lk 2–3, 6; Pascoal *et al.*, 2024, lk 4, 20)
 - 6.2. Kuidas on Teie organisatsioonis materjalide ja jäätmete sorteerimine korraldatud? (Srisathan *et al.*, 2025, lk 5)
7. Millisel määral rakendate mahetootjana ringmajanduslikke meetmeid? (Verdi *et al.*, 2022, lk 12)

TUGIMEETMED

8. Millised riiklike toetusmeetmeid olete lahenduste rakendamise jaoks kaasanud? (Arroyabe *et al.*, 2024, lk 7177)
9. Milline on olnud Teie kogemus riiklike toetusmeetmete ligipääsetavuse ja taotlemise protsessiga? (Uvarova *et al.*, 2020, lk 138–140)

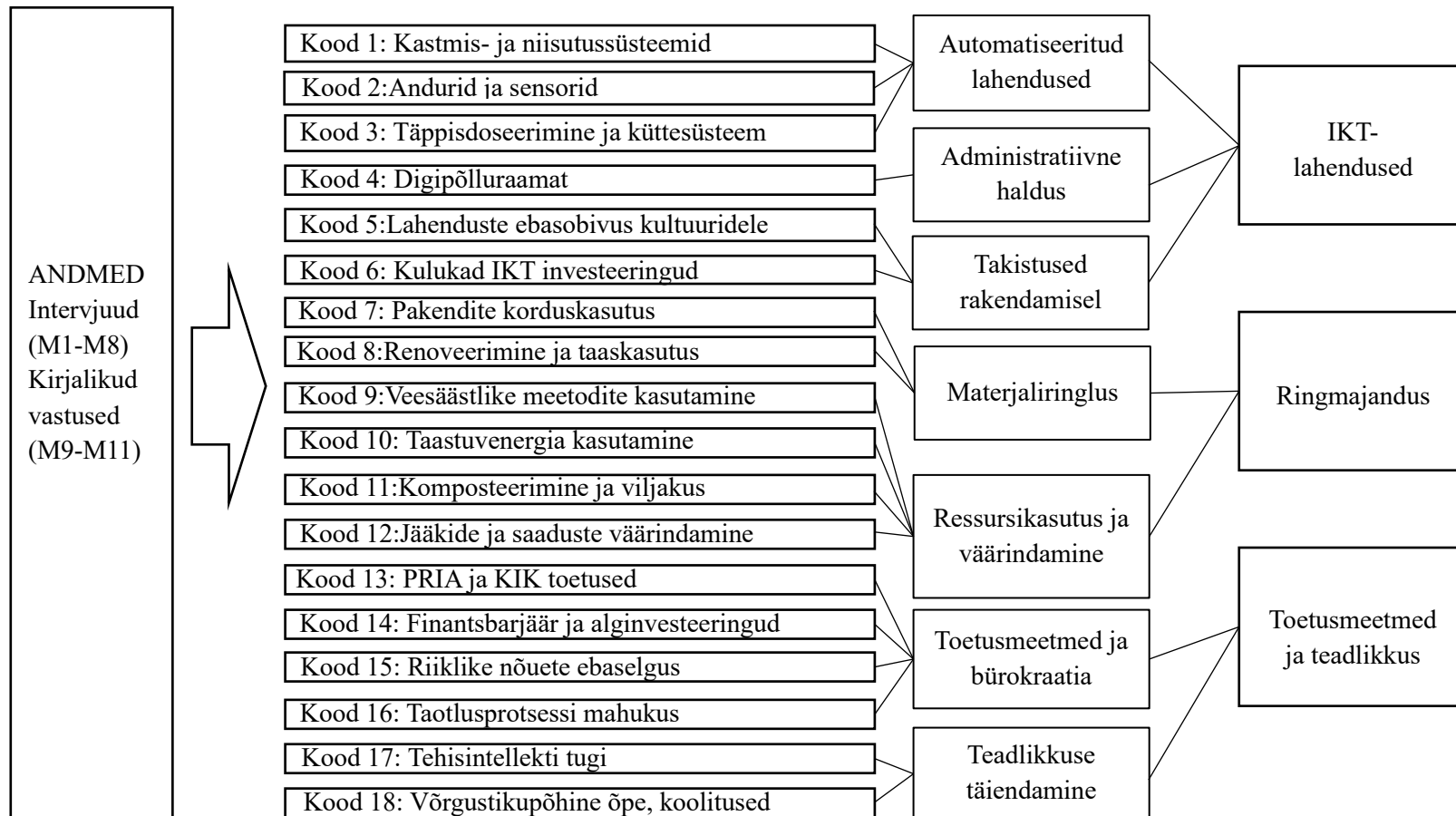
TEADLIKKUS

10. Kui oluliseks peate teadlikkust ringmajandusest? Millise infokanali vahendusel hoiate end kursis? (Scuderi *et al.*, 2022, lk 9–10).
11. Millised on Teie teadmised info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahenduste rakendamise võimalustest taimekasvatuses? (Kandel *et al.*, 2026, lk 9; Varbanova *et al.*, 2025, lk 600)
12. Kuidas motiveerite töötajaid valdkondlikult (ringmajandus ja IKT) juurde õppima? (Pellegrini *et al.*, 2022, lk 584, 586; Bassi *et al.*, 2021, lk 15)
 - 12.2. Milliste ressursside/meetodite abil panustate töötajate teadlikkuse tõstmisesse? (Pellegrini *et al.*, 2022, lk 587,591)
 - 12.3. Kirjeldage oma kogemust riiklike toetusprogrammide (koolitused, infopäevad, mikrokraadid) kasutamisel? (Binek & Al-Muhannadi, 2020, lk 38–41).

ETTEPANEKUD

Millised lahendused või praktikad on osutunud Teie kogemuse põhjal kõige edukamaks?
Mida Teeksite lahenduste rakendamisel tagantjärele teisiti või mis takistusi esines?
Mis lahendusi sooviksite tulevikus kasutada või uurida

Lisa 2. Koodipuu



SUMMARY

USE OF ICT SOLUTIONS IN THE IMPLEMENTATION OF CIRCULAR ECONOMY PRINCIPLES IN CROP FARMING MICRO-ENTERPRISES

Marleen Lillipuu

The aim of the circular economy is to keep resources in use for as long as possible in order to maximise their value and reduce waste generation. The adoption of information and communication technologies (ICT) enables enterprises to optimise productivity, improve resource efficiency, and implement circular economy practices. Various ICT solutions, such as automated irrigation systems, sensors, data analytics and software-based fertilisation systems, can support this process.

The European agricultural policy strategy plan foresees increased investment to support digital development and modernise agriculture. However, despite the planned increase in funding, the necessary resources may not reach small agricultural enterprises or may do so only to a limited extent.

This reflects the research problem of the thesis, which lies in the barriers limiting the implementation of ICT solutions for supporting circular economy practices in crop farming micro-enterprises.

The aim of the thesis was to propose improvements for organisations providing support measures in order to enhance the accessibility and use of ICT solutions in crop production micro-enterprises, based on micro-entrepreneurs' practical experiences with implementing such solutions. Improving support measures would increase the involvement of micro-enterprises in innovation and technological development.

To achieve the aim of the thesis, the following research questions were formulated:

- To what extent are ICT solutions used in the implementation of the circular economy model, and what are the experiences of micro-entrepreneurs with the use of these practices?
- What are the main barriers to the wider adoption of ICT solutions in crop production micro-enterprises?

The thesis consisted of a theoretical and an empirical part, which were structured into subchapters. The theoretical part addressed circular economy principles and ICT solutions in crop production, including both traditional practices and technology-based approaches. It also outlined key factors influencing ICT adoption in micro-enterprises, such as limited awareness, financial constraints, and restricted access to support measures. The theoretical part was based on scientific articles and previous studies.

The empirical part of the thesis, based on a qualitative study using semi-structured interviews with micro-entrepreneurs in Pärnumaa, showed that circular economy practices were more widely implemented in everyday activities than ICT solutions. Micro-enterprises applied circular practices mainly for practical reasons, aiming to maximise the use of limited resources. The use of ICT solutions was limited and strictly need-based, primarily applied to simplify work processes and reduce time consumption. The study also identified key barriers to ICT adoption, including financial constraints, low risk readiness, and limited access to support measures.

The results of the study indicated that the circular economy principles were generally applied without complex technological solutions, relying instead on traditional practices and the efficient use of existing resources. According to the experiences of micro-entrepreneurs, ICT solutions were implemented selectively and as complementary tools rather than as part of a comprehensive approach or as independent innovations. The wider adoption of ICT solutions among crop production micro-enterprises was limited by economic and administrative factors, including limited resources and the administrative complexity of support measures.

Based on the empirical results, the author proposed recommendations for organisations providing support measures to improve the accessibility of additional funding and support for micro-enterprises. The proposed measures included increasing the diversity of support schemes, reducing administrative burden, simplifying application requirements, and implementing more targeted training programmes. These improvements would enhance the added value of support measures and increase the readiness of micro-enterprises to adopt ICT solutions more widely.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Marleen Lillipuu,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „IKT-lahenduste kasutamine ringmajanduslike põhimõtete rakendamisel taimekasvatuse mikroettevõtetes“, mille juhendajad on Antti Roose ja Kristo Tõnissoo, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Marleen Lillipuu

18.05.2026