

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Ärikorralduse instituut

Kaidi Kammer

**KAUGSEIRE RAKENDUSED JA POTENTIAAL KOLME
AVALIKU SEKTORI ASUTUSE TÖÖPROTSESSIDE NÄITEL**

Magistritöö

Õppekava TATM, peeriala äriprotsesside juhtimine digitaalühiskonnas

Juhendaja: Tarvo Niine, PhD

Tallinn 2022

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 10 938 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Kaidi Kammer, 9. mai 2022

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 204096TATM

Üliõpilase e-posti aadress: kaidikammer@gmail.com

Juhendaja: Tarvo Niine, PhD:

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE.....	4
SISSEJUHATUS	5
1. KAUGSEIRE KASUTAMINE TÖÖPROTSESSIDE DIGITALISEERIMISEL	7
1.1. Kaugseire olemus ja väljakujunemine	7
1.2. Kaugseireandmete rakendamine	12
1.2.1. Kaugseire Eestis	15
1.3. Kaugseire kasutamise eelised ja selle piirangud.....	18
2. KAUGSEIRE KASUTAMISE UURING	23
2.1. Uuringu meetodi kirjeldus	23
2.2. Valimi kirjeldus ja andmekogumise ning analüüsi protseduur	24
2.3. Ülevaade valimisse kuulunud organisatsioonidest	26
2.3.1. Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet.....	27
2.3.2. Riigi Ilmateenistus	27
2.3.3. Keskkonnaseisundi üksus, metsandusvaldkond	28
3. UURINGU TULEMUSED JA ARUTELU	30
3.1. Kaugseire rakendamine täna.....	30
3.2. Kaugseire kasutamisega seotud tulevikuvaated	34
3.3. Kaugseire kasutamisega seotud väljakutsed	38
3.4. Järeldused ja ettepanekud	42
KOKKUVÕTE	45
SUMMARY.....	47
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	47
LISAD	53
Lisa 1. Intervjuu teemaplokid	53
Lisa 2. Intervjuude transkriptsioonid.....	54
Lisa 3. Lihtlitsents	55

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö uurimisprobleemiks on lüklilik teadmine Eesti avaliku sektori asutuste kaugseire kasutusest ja vastavate protsesside arenemisest. Uurimistöö eesmärk on välja selgitada kaugseire tänased kasutuspraktikad valimisse kuuluvates organisatsioonides ning seeläbi saavutatud tulemused, kaugseire tulevikupotentsiaal ja seonduvad tajutud kitsaskohad. Uurimusküsimused on:

- 1) Kuidas rakendatakse täna kaugseiret olemasolevates tööprotsessides?
- 2) Missugune on kaugseire potentsiaalne kasutus nähtavas tulevikus?
- 3) Missugust mõju avaldab kaugseire kasutuselevõtt organisatsioonile ja avalikkusele?
- 4) Missugused on tajutud väljakutsed seoses kaugseire rakendamisega?

Töö eesmärgi saavutamiseks kasutati kvalitatiivset mitmest juhtumiuuringut, mille käigus intervjueriti kolme avaliku sektori asutuse kuute spetsialisti. Intervjuude põhjal tegi autor järeldused ja ettepanekud.

Analüüsi tulemusena selgus, et uuringus osalenud asutused peavad kaugseiret oluliseks osaks oma tööprotsessides, sest see võimaldab osaliselt asendada varasemalt kohapeal tehtud vaatlused ja mõõtmised digitaalsete kaugseireandmetel põhinevate lahendustega. Suunitlus kaugseire kasutamiseks tuleneb uuritavate asutuste enda motivatsioonist või üleeuroopalistest teadusele ja arengule suunatud programmidest. Tulevikupotentsiaali hinnates nähakse võimalusi nii olemasolevate näitajate tuvastamise parendamises kui ka tööprotsesside digitaliseerimises. Kaugseireandmete rakendamine vähendab organisatsioonis tööjõu vajadust, töö iseloom muutub arvutikeskseks ning inimene täidab tööprotsessis rohkem kontrollfunktsiooni. Mõju avalikkusele nähakse eelkõige võimalusena pakkuda inimestele rohkem teavet valdkonna kohta neile mõistetaval kujul. Peamised tehnilised väljakutsed on seotud andmete kättesaadavuse, täpsuse ja töötlemisega. Organisatoorsete väljakutsetena nähti erialaste ja kaugseire spetsiifiliste teadmistega spetsialistide puudust.

Võtmesõnad: kaugseire, tööprotsessid, digitaliseerimine.

SISSEJUHATUS

Tehnoloogia areng maailmas soodustab aina enam tööprotsesside digitaliseerimist. Sealjuures vaadatakse ka avalikus sektoris kriitilise pilguga olemasolevatele tööprotsessidele ning erinevatele võimalustele neid arendada. Protsesside digitaliseerimine aitab suurendada organisatsiooni efektiivsust, vähendada kulusid ning toetada üleüldiselt ettevõtte tööprotsesse. Uute tehnoloogiate kasutamine on digitaliseerimise eelduseks, kuid see ei garanteeri edukust. See nõuab organisatsiooni pika- ja lühiajaliste eesmärkide püstitamist, olemasolevate tööprotsesside kohendamist ning uute tööprotsesside ja praktikate rakendamist. (Truant *et al.* 2021)

Üheks digitaliseerimise võimaluseks on kaugseire meetod, kus hangitakse eri objektide ja nähtuste kohta infot nende objektidega vahetus kontaktis olemata (Noorma *et al.* 2020). Kuigi satelliitpildid ja georuumilised andmeallikad on olnud kättesaadavad juba aastakümneid, siis alles viimastel aastatel on avaldunud kogu nende potentsiaal (Norton 2019). Kaugseire valdkonna kiire arengu üheks põhjuseks on kosmosetehnoloogia edendamine ja eraettevõtluse sisenemine antud valdkonda. Samuti on soodustanud arengut asjaolu, et suured andmehulgad on tehtud tasuta kättesaadavaks näiteks läbi keskkonna- ja turvalisuse seire programmi Copernicuse. (Noorma *et al.* 2020) See on avanud erinevaid võimalusi uute lahenduste loomiseks, läbi mille on võimalik parandada olemasolevaid äri- ja juhtimise otsustusprotsesse või luua täiesti uusi lahendusi.

Kuivõrd senised uuringud on keskendunud eelkõige sellele, kuidas kasutada kaugseireandmeid rakenduste väljatöötamiseks, siis kaugseire kasutamine tööprotsesside digitaliseerimiseks on Eestis uudne teema ning seda on vähe uuritud. Autori arvates on teema tähtis nii avaliku- kui ka erasektori jaoks, sest kaugseire kasutamine annaks uusi võimalusi mõlemas sektoris protsesside efektiivsuse kasvatamiseks ja ressursside kokkuhoiuks. Käesoleva magistritöö uurimisprobleemiks on lünlklik teadmine Eesti avaliku sektori asutuste kaugseire kasutusest ja vastavate protsesside arenemisest.

Magistritöö eesmärk on välja selgitada kaugseire tänased kasutuspraktikad valimisse kuuluvates organisatsioonides ning seeläbi saavutatud tulemused, kaugseire tulevikupotentsiaal ja seonduvad

tajutud kitsaskohad. Töö autor püstitas neli uurimisküsimust, millele soovitakse töö käigus vastused leida. Uurimisküsimused on järgmised:

- 1) Kuidas rakendatakse täna kaugseiret olemasolevates tööprotsessides?
- 2) Missugune on kaugseire potentsiaalne kasutus nähtavas tulevikus?
- 3) Missugust mõju avaldab kaugseire kasutuselevõtt organisatsioonile ja avalikkusele?
- 4) Missugused on tajutud väljakutsed seoses kaugseire rakendamisega?

Magistritöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis käsitletakse kaugseire olemust ja selle väljakujunemist. Lisaks annab autor ülevaate kaugseire kasutusvaldkondadest, selle rakendamisest Eestis ning toob välja kaugseire kasutamise seotud eelised ja piirangud.

Magistritöö teine peatükk kirjeldab uuringu ja analüüsi metoodikat. Töö autor on selgitanud, mida kujutab endast kvalitatiivne mitmene juhtumiuuring ning miks autor on otsustanud seda kasutada, viies läbi poolstruktureeritud intervjuusid. Lisaks annab töö autor ülevaate valimi kirjeldusest, andmekogumise ja analüüsi protsessist ning tutvustab intervjuueeritud asutusi.

Uuringu tulemused ja arutelu tuuakse välja kolmandas peatükis. Esmalt on vaadatud seda, kuidas avaliku sektori asutuste tööprotsessides kaugseiret täna rakendatakse ning miks üldse asutused otsivad kaugseirepõhiseid lahendusi. Seejärel on vaadatud, missugune on kaugseire tulevikupotentsiaal ning missugust mõju kaugseire kasutamine avaldab nii organisatsioonile kui ka avalikkusele laiemalt. Viimasena on vaadatud kaugseire rakendamisega seotud väljakutseid, missuguseid piiranguid on esinenud seoses tänaste kaugseire lahendustega ning missugused on senised takistused tuleviku võimaluste realiseerimisel.

1. KAUGSEIRE KASUTAMINE TÖÖPROTSESSIDE DIGITALISEERIMISEL

1.1. Kaugseire olemus ja väljakujunemine

Tehnoloogia areng ja uued innovaatilised lahendused on toonud uuendusi nii inimeste kui ka ettevõtete igapäevaelus ja tööprotsessides. Viimastel aastakümnetel on hakatud kaugseire tehnoloogiaid arendama ja juurutama mitmetes valdkondades ning avaliku sektori tööprotsessid ei ole siin erandiks. Selleks, et välja selgitada, kuidas saab kaugseiret kasutada avaliku sektori tööprotsesside digitaliseerimisel ning missugust mõju see neile avaldab, on vaja aru saada, mis on kaugseire ja kuidas seda kasutada saab.

Põhinedes erinevatele allikatele, sai kaugseire kontseptsioon alguse 20. sajandi keskel. Kuni selle ajani piirdus kaugseire üksnes aerofotograafia ja fotogrammeetriaga, kasutades lennukist pildistamiseks analoogseid mehaanilisi või optilisi seadmeid. 1957. aastal lennutati kosmosesse esimene satelliit Sputnik 1, mis pani aluse nii kosmosetehnoloogia kui ka kaugseire arengule. (Cracknell 2018) Kaugseire mõiste (*remote sensing*) võttis 1958. aastal esimesena kasutusele USA laevastiku-uuringute geograaf Evelyn Pruitt, kui ta mõistis, et seni maapinna pildistamisel kasutusel olev „aerofotograafia“ mõiste oli liiga piiratud (Fusell, Rundquist 1968; Salomonson 2014; Pruitt 1979). Sõna „foto“ ei hõlmanud Pruitti meelest kosmoseajastu pildistamise võimalusi, mida pakkusid multispektraalkaamera, infrapunafilmid ja mittefotograafilised skannerid (Fusell, Rundquist 1968; Pruitt 1979; Salomonson 2014). Kaugseire termini tõi eesti keelde Juhan Ross, kes oli taimkatte biofüüsikalise uurimise koolkonna rajaja Eestis (Peterson, Lillemaa 2016).

20. sajandi teises pooles võeti kaugseire mõiste küll laiemalt kasutusele, aga erinevate väljaannete autorid defineerisid seda valdkonnast kirjutades ikkagi omamoodi, pakkudes sellele aina uusi määratlusi. Ühelt poolt defineeriti kaugseiret väga laialt, kirjeldades seda kui teabe hankimist objekti, piirkonna või nähtuse kohta, ilma sellega otseselt kokku puutumata (Holz 1973; Barrett, Curtis 1976; Siegal, Gillespie 1980). Teisalt läheneti kaugseire defineerimisele kitsalt, piiritledes

kaugseire tehnoloogiaid ja kasutusviise väga täpselt. Kitsamate definitsioonide puhul kirjeldati kaugseiret kui elektromagnetiliste salvestiste saamist, kasutades elektromagnetiliselt spektrilt pärineva teabe kontaktivabalt salvestamist skannerite ja kaamerateaga, mis paiknevad õhu- või kosmosesõidukitel, ning saadud teabe analüüs, kasutades fototõlgendust ja pilditöötlussüsteeme (Reeves 1975; Sabins 1978).

Laiem määratlus on erinevate autorite meelest küll lihtne ja meelde jääv, kuid liiga üldine, sest ei piiritle kaugseire valdkonna ulatust ning annab võimaluse kaugseire meetodite alla liigitada ka muude uurimisalade tehnoloogiaid nagu näiteks maavärina intensiivsust mõõtvat seismograafi ja fatomeetrit, mis mõõdab ookeanipõhja sügavust ilma sellega kokku puutumata (Waghmare, Suryawanshi 2017). Kitsam ja piiritletud määratlus aitab välistada muud valdkonnad ja tehnoloogiad, mis ei ole seotud fotograafia, elektromagnetilise spektri või muude kaugseire aspektidega (Fusell, Rundquist 1968).

Kasutust leidis kaugseire laiemalt I maailmasõja ajal, kui maapinna jäädvustamiseks valmistati spetsiaalsed kaamerad, millega sai lennukilt pildistada. Loodud kaamerad olid küll algelised, kuid juba siis nähti maapinna jäädvustamise ehk aerofotograafia puhul suurt väärtust sõjalise luure ja seire teostamisel. Pärast I maailmasõda jätkus fotogrammeetria teadus ning töötati välja aerofotode analüüsimiseks mõeldud seadmed. See pani aluse kaugseire rakendamisele nii riiklikul tasandil, kus hakati aerofotosid kasutama topograafiliseks ja geoloogiliseks kaardistamiseks, pinnase- ja metsauuringuteks ja põllumajandusliku statistika kogumiseks, kui ka erasektoris, kus loodi mitmeid aerofotograafiaga seotud seadmeid ja rakendusi. Strateegilise fototõlgenduse edu ja elektromagnetilise spektri mittenähtavatelt aladelt teabe kogumise tehnoloogiate areng II maailmasõja ajal muutis kaugseire üheks vähestest usaldusväärse teabe hankimise viisiks. (Campbell, Whyne 2011) Püüdes teabe kogumise piire veelgi nihutada, võeti külma sõja ajal kasutusse esimesed side- ja kaugseiresatelliidid, mis avas ukse kosmosetehnoloogia ja kaugseire hüppelisele arengule (Cracknell 2018).

Koos uuemate ja keerukamate tehnoloogiate väljatöötamisega sõja- ja luuretegevuses, võeti 20. sajandi keskpaigas laiemalt ka erasektoris esimesed kaugseire tehnoloogiad kasutusele (Campbell, Whyne 2011). Kaugseiresatelliitide esimene tõeline edu teadustöös oli 1960. aastal meteoroloogias, kui lennutati kosmosesse satelliit TIROS-1 (Campbell, Whyne 2011, Cracknell 2018). Maapinnalt ja lennukitelt pilvesüsteemide pildistamine asendus satelliidilt tulevate

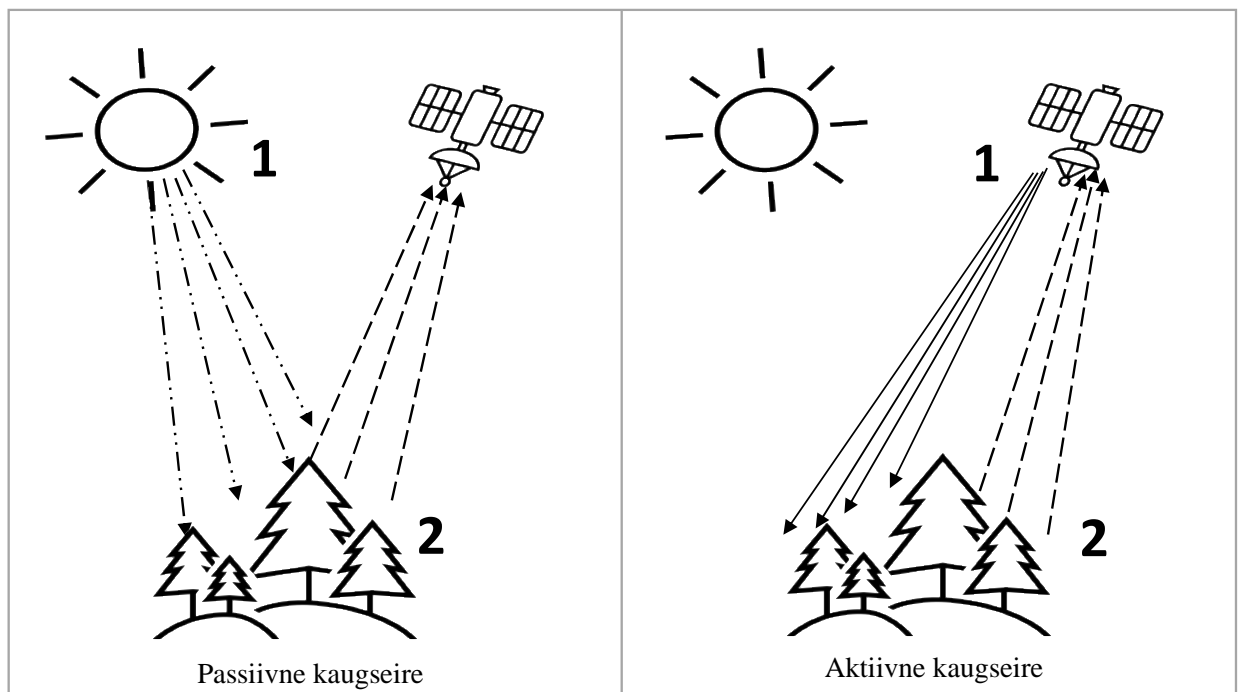
piltidega, mis võimaldasid vaadata ja koguda arvukaid pilvesüsteemide pilte suurematelt aladelt (Cracknell 2018).

Alates 1970. aastast lennutati üle maailma mitmeid satelliite kosmosesse (Cracknell 2018), mis suutsid jälgida ja koguda andmeid Maalt. Lisaks riiklikele satelliitidele hakkas 1990. aastatel arenema ka kommertssatelliitide valdkond, mis asendas seni erasektoris kasutusel olnud aerofotograafial põhinevad rakendused satelliittehnoloogiatel põhinevate rakendustega. Mida aeg edasi, seda võimekamaks muutusid satelliidid ja piltide tõlgendamise tehnoloogiad. See võimaldas lisaks Maa jälgimisele hakata monitoorima ka looduses ja ökosüsteemis toimunud muudatusi (Camphell, Whyne 2011).

Tänaseks on kaugseirest saanud väärtuslik tööriist, mis pakub andmeid nii fundamentaalteadusele kui ka inimkonna jaoks, toetades elutähtsaid igapäevaseid tegevusi ja protsesse. Kosmosesse on lennutatud mitmeid satelliite, mis annavad tohutul hulgal andmeid erinevate valdkondade jaoks. (Dubovik 2021) Varasemalt kosmosesse lennutatud satelliidid olid eelkõige ühekordsed teaduslikud eksperimendid, mis võimaldasid katsetada uusi tehnoloogiaid ja meetodeid, kuid missiooni lõppedes kadus võimalus neid meetodeid igapäevaelus rakendada. Kuna satelliitmissioonide ettevalmistamine on kallis ja aeganõudev, siis selleks, et kaugseireandmeid saaks jätkusuutlikult kasutada, viiakse suurte rahvusvaheliste ühisprojektide kaudu läbi Maa vaatlusmissioone. Nende eesmärk on tagada aastakümneteks kokkulepitud parameetritega satelliitandmete voog, mis võimaldab kaugseireandmetele tuginedes seirata erinevaid keskkonnaparameetreid. (Noorma *et al.* 2020) Üheks selliseks algatuseks on Euroopa Komisjoni ja Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) koordineeritav kaugseireprogramm Copernicus (Noorma *et al.* 2020), mille raames pannakse kokku tööle kuus Sentinel-seeria missiooni satelliiti ja luuakse vastavad andmekogud (Reinart, Vain 2016). Copernicuse projekti eesmärk on luua teenuste võrgustik, mille eesmärk on parandada keskkonna ja turvalisusega seotud elukvaliteeti ning võimaldada jälgida keskkonnaseisundi lühi- ja pikaajalisi arengutrende, et toetada poliitilisi otsuseid ning investeeringuid (Reinart, Vain 2016).

Tulenevalt erinevatest kokkuhoiu strateegiatest, eelistavad paljude riikide valitsusasutused küll kasutada vabavarana kättesaadavaid lahendusi, kuid samas on ka olemas tasulised kommertslahendused, mis suudavad pakkuda oluliselt väärtuslikumat informatsiooni, sest neil on tihti ajalises ja ruumilises eraldusvõimes olulisi täiustusi (Sadlier *et al.* 2018).

Kuigi aerofotograafia on ka tänapäeval kasutusel (Read, Torrado 2009), siis kosmosetehnoloogia arengust ajendatult defineeritakse kaasaegset kaugseiret rohkem kui teabe hankimist maa- ja veepindade kohta peegeldunud või kiiratud elektromagnetilise energia abil (Waghmare, Suryawanshi 2017). Kui eelkõige peetakse kaugseireks satelliitidelt või lennukitelt tehtavaid elektromagnetkiirguse mõõtmisi, siis tegelikult võib seda tänapäeval teha väga erinevatelt kandjatelt nagu droonid, mõõtetornid, laevad, poisüsteemid, sadamakaid või mobiilimastid (Noorma *et al.* 2020). Andmeid kogutakse nii maa- ja veepinnalt kui ka atmosfäärist, ning seda võib jagada aktiivseks ja passiivseks kaugseireks. Joonisel 1 on näha, et passiivne kaugseire kasutab Maa pinnalt peegelduvat kiirgust. Sensorid eristavad ultraviolet-, infra- ja soojuskiirgust, mis võimaldab satelliitpildidel kuvada objekte erineva spektraalse heledusega. Aktiivse kaugseire all peetakse eelkõige silmas radari antenni poolt välja saadetud mikrolaine impulsse. Impulsid saadetakse Maa poole välja satelliidilt või lennuki radarilt, misjärel registreeritakse maapinnalt tagasi hajunud impulsid. (Read 2009; Hall 2010)



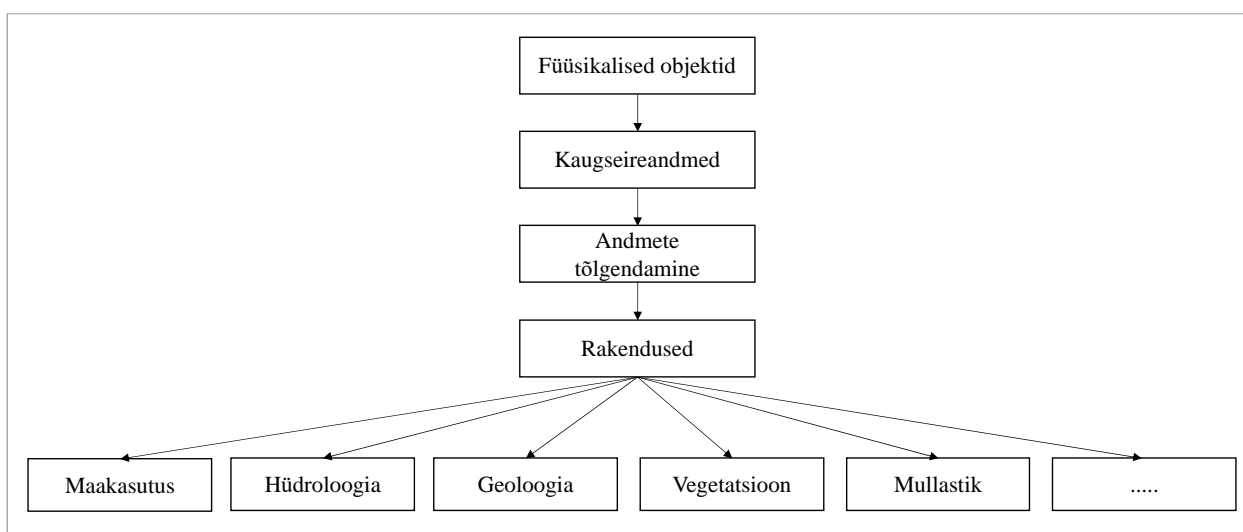
Joonis 1. Passiivse ja aktiivse kaugseire erinevus
Allikas: Autori koostatud Read (2009) ja Hall (2010) ainetel

Kaugseiresensorite olulisemateks omadusteks peetakse nende ruumilist ja spektraalset lahutusvõimet. Ruumiline lahutusvõime näitab, milline on uuritava objekti kõige väiksem element. Spektraalse lahutusvõime poolest jagatakse sensoreid vastavalt sellele, kui suures spektrivahemikus uuritavaid objekte mõõdetakse, multispektraalseteks ja hüperspektraalseteks.

Kui multispektraalsed sensorid mõõdavad uuritavaid objekte 3–4 kuni kümnekonnas spektrivahemikus, siis hüperspektraalsed sensorid annavad uuritavast objektist oluliselt detailsemat infot, mõõtes mitmekümnes kuni mõnesajas spektrivahemikus. (Noorma *et al.* 2020).

Hüperspektraalsete sensorite kasutamine võimaldab suurendada nii parameetrite hulka, mida saab kaugseirega määrata, kui ka info detailsust. Kui 2019. aastani oli ainuke Maa kaugseireks mõeldud hüperspektraalne satelliitsensor Hyperion, siis tänu tehnoloogia arengule on muutunud hüperspektraalsete satelliitide ehitamine, orbiidile lennutamine ja kasutamine oluliselt lihtsamaks. Lisaks arendatakse aina enam ka hüperspektraalseid sensoreid droonide tarbeks, mida on võimalik lisaks lendavatele platvormidele paigutada ka ujuvdroonidele, poidele, sadamakaidele ja teistele statsionaarsetele platvormidele. (Noorma *et al.* 2020).

Selleks, et kaugseire teel kogutud andmed annaks praktilist informatsiooni, on neid andmeid vaja analüüsida ja tõlgendada (vt Joonis 2). Erinevate tõlgendus- ja analüüsimeetodite abil on võimalik uurida samu andmeid erinevatest vaatenurkadest. See tähendab, et ühte pilti võib tõlgendada nii, et see annab teavet mitme valdkonna kohta nagu näiteks muldade, maakasutuse kui ka hüdroloogia kohta. Kombineerides aga kogutud ja tõlgendatud andmeid erinevate tehnoloogiatega, on võimalik lahendada mitmeid praktilisi probleeme nagu näiteks maakasutuse planeerimine, maavarade uurimine või veekvaliteedi kaardistamine. (Campbell, Whyne 2011)



Joonis 2. Kaugseireandmete kasutamise protsess

Allikas: Autori koostatud Campbell, Whyne (2011) ainetel

Digitaalsete lahenduste kombineerimisel georuumiliste andmetega realiseeritakse rakendused geograafiliste infosüsteemide (GIS) kontekstis (Camphell, Whyne 2011). GIS infosüsteemide areng toimus paralleelselt koos kaugseire kasutuselevõtuga. Kaugseire ja GIS on teineteise lahutamatud osad, mis tähendab, et kaugseire arendusest pole kasu ilma GIS-i arendamiseta ja vastupidi. Kaugseirel on võime pakkuda suurel hulgal andmeid kogu Maa kohta ja seda väga sageli. GIS-il on aga võimekus kiiresti analüüsida suurt hulka andmeid. Need mahukad andmed oleksid ilma GIS-i arendamiseta kasutuks muutunud. (Wahgmare, Suryawanshi 2017) GIS-süsteemides on võimalik ühildada kaugseire teel kogutud andmeid muu teabega nagu näiteks pinnase-, geoloogilised- ja transpordiandmed. Kaugseireandmetike kombineerimine GIS-süsteemidega andis võimaluse suurendada kaugseire kasutamise võimalusi ja avada uusi turge nagu näiteks linnataristu ja üleujutuste kaardistamine ja täppispõllumajanduse arendamine. (Camphell, Whyne 2011)

Lisaks kaugseireandmetike ja rakenduste innovatsioonile, suurendab selle kasutamise potentsiaali ja väärtust ka erinevate tehnoloogiate esile kerkimine. See parandab kaugseireandmete salvestamist, töötlemist, analüüsi ja rakendamist. Näiteks pilvepõhine andmetöötlus, suurandmete analüüs, tehisintellekt, masinõpe ja robotika. Pilvepõhine andmetöötlus tagab mahukate kaugseireandmete kuluefektiivse hoiustamise ja kiire ligipääsu. Suurandmete analüüs ja tehisintellekt (AI) võimaldavad aga suurte andmemahtude korral mustrite tuvastamist, mis on oluline rakenduste puhul, mis nõuavad muutuste jälgimist. Erinevad automatiseerimise ja digitaliseerimise tehnoloogiad aitavad kaugseireandmeid tarnida kiiremini ja väiksemate kuludega. (Sadlier et al. 2018) Kui inimesel võib kuluda hüpoteesi väljamõtlemisele ja testimisele aastaid, suudab masinõppesüsteem seda teha sekundi murdosaga (Lary et al. 2018).

1.2. Kaugseireandmete rakendamine

Tänu rahvusvahelistele ja erinevatele riiklikele kosmoseprogrammidele, mis on muutnud satelliitandmed laialdaselt kättesaadavaks, on kaugseire rakendamine üha rohkem levima hakanud (Read, Torrado 2009). Seda toetab asjaolu, et alates kaugseire algusaegadest on andmete kättesaadavus ja kvaliteet ajalise katvuse ja ruumilise lahutusvõime näol pidevalt paranenud, mistõttu tunnustatakse kaugseireandmeid laialdaselt ja rakendusi leidub paljudes ühiskonna valdkondades (Hall 2010). Kaugseire teel kogutud andmed võimaldavad määrata maapinna ja atmosfääri koostist ja uurida selle olemust kohalikust tasandist kuni globaalse vaateni ning hinnata

muutusi erinevatel ajahetkedel tehtud pilte analüüsid (Read, Torrado 2009). Sellest, missuguseid võimalusi ja väärtust kaugseireandmete kasutamine pakub avaliku sektori asutustele ja ka avalikkusele laiemalt, on kajastanud mitmed teadlased ja spetsialistid üle maailma.

Kaugseireandmete kasutamist võib jagada pildi- ja andmekeskseks. Pildikeskse lähenemise puhul on üldiselt aero- ja satelliitpiltide analüüsi eesmärk kaardi koostamine, sest ollakse huvitatud maapealsete objektide ruumi suhetest. Pildi põhjal saab näiteks kaardistada jõgesid, geograafilisi struktuure, taimestikku või hoopis kultuurilisi või sõjalisi objekte. Andmekeskse lähenemise puhul huvitab uurijat eelkõige andmemõõde ise, mitte maapealsete tunnuste omavahelised ruumisuhed. Sel juhul kasutatakse kaugseireandmeid mingi info kogumiseks, näiteks pinnamaterjali koguse hindamiseks piksli kohta. (Schowengerdt 2007)

Kaugseireandmetel põhinevad rakendused, eriti satelliitandmestikud, annavad Maast pideva ülevaate, mis on hindamatu väärtusega lühi- ja pikaajaliste muutuste ning inimtegevuse mõju jälgimiseks. Alates kaugseire algusaegadest on satelliitandmed väga suurt rolli mänginud sõjalises seires, pakkudes lisaks maastikuandmetele ka operatiivseid luureandmeid, mis võimaldavad paremini ette valmistada erinevaid sõjalisi operatsioone ning territoriaalset kaitset. Lisaks kaitsevaldkonnale saab kaugseireandmeid kasutada ka mitmetes muudes valdkondades, mis pakuvad nii avalikus kui erasektoris protsesside efektiivsuse kasvatamist ja ressursside kokkuhoidu. (*Ibid*)

Juba 20. sajandi lõpust on satelliidid pakkunud kaugseireandmeid, mida saab teisendada meteoroloogilisteks mõõtmisteks, nagu pilvkate, pilvede liikumisvektorid, pinnatemperatuur, atmosfääri temperatuuri ja niiskuse vertikaalprofiilid, lumi- ja jääkate, osoon ja mitmesugused kiirguse mõõtmised (Leese 1987). Kohapealsed vaatlemised on asendunud kaugseireandmetel põhinevate süsteemidega, mis võimaldavad tänu laiaulatuslikele ja sagedasti uuenevatele andmetele efektiivsemalt prognoosida nii ilmastikku kui ka kliimat. Kiiremad ja täpsemad ilma- ja kliimaandmed mõjutavad erinevaid juhtimisotsuseid, mis on näiteks seotud põllumajanduse, kaubanduse, tuleohutuse ja muudeks õnnetusteks valmisoleku ning ökosüsteemi säilitamise ja haldamisega. (Uluocha 2007) Globaalsete muudatuste tuvastamisel on üheks aktuaalsemaks teemaks kliima soojenemine, mis tekitab inimeste seas palju poleemikat. Kaugseire pakub aga sõltumatut vaatlusallikat kliimasüsteemi ja selle muutuste mõistmiseks ning erinevate kliimamudelite ja kliimateooriate kinnitamiseks. Olemasolevate satelliitandmete uuenduslik kasutamine rajab ka tee pikaajaliste kliimaprognooside loomisele. (Yang *et al.* 2013)

Keskkonna hindamise valdkonnas kasutatakse kaugseiret, mõistmaks inimtegevuste tagajärgi (Schowengerdt 2007). Linnastumise uurimiseks pakub kaugseire laiaulatuslikku, täpset ja kergesti kättesaadavat teavet linna ulatuse mõõtmiseks, linna laienemise protsessi jälgimiseks ja linnastumise mõju analüüsimiseks (Liang, Wang 2019). Samuti on kaugseireandmetel põhinevad süsteemid lihtsustanud ka suuremahulisi jäätmekäitlusuuringuid. Kaugseireandmeid saab jäätmete seirel kasutada näiteks prügila asukoha määramisel, jäätmete käitluse ja jäätmete ökoloogilise mõju hindamisel. (Singh 2019)

Kuna inimkonna suurenemisest tulenev surve taastumatutele ja taastuvatele loodusvaradele aina kasvab, saab kaugseiret ja GIS-i kasutada nende väärtuslike piiratud ressursside tõhusaks haldamiseks. Kaugseire on oluline tööriist maavarade leiukohtade tuvastamisel, kaardistamisel ja hindamisel, sest see võimaldab hinnata suurte alade maavarade potentsiaali ilma kohapealse välitöö aja ja kuludeta. Kaugseire pakub väärtuslikku infot nii erinevate taastumatute maavarade kohta nagu nafta ja maagaas kui ka taastuvate nagu näiteks mullad, märgalad ja metsad. Nende ressursside kasutamist mõjutavate tegurite tuvastamine ja analüüsimine võimaldab omakorda teha otsuseid, mis tagavad loodusvarade säästva kasutamise nii praeguste kui ka tulevaste põlvkondade vajaduste rahuldamiseks. (Schowengerdt 2007; Kumar *et al.* 2015)

Üheks kõige olulisemaks maakasutusviisiks peetakse põllumajandust, sest see avaldab sügavat mõju lisaks maakatte muutustele ka sotsiaalmajanduse säästvale arengule, toiduga kindlustatusele ja meid ümbritsevale keskkonnale. Andmed põllumajandusmaa pindala, asukoha, kasutusviisi ja pinnal toimivate muutuste kohta on olulised, mõistmaks, kuidas inimtegevus mõjutab meid ümbritsevat keskkonda ning on kooskõlas säästva põllumajanduspoliitikaga. (Liang, Wang 2019) Kaugseire infot saab kasutada mitmesuguste põllumajandusega seotud küsimuste lahendamisel, näiteks külvi tüübi kindlakstegemisel ja külvi seisundi monitooringul, mullatüübi ja mullaniiskuse kaardistamisel, põllukultuuride seisukorra hindamisel ja viljasaagi prognoosimisel (Peterson 2008).

Kaugseire teel kogutud põllumajanduslike andmete põhjal saab luua erinevaid rakendusi, mis toetavad nii keskkonnasäästliku põllumajanduse arendamist kui ka põllumajanduspoliitika järgimise hindamist (Liang, Wang 2019). Üheks säästlikku põllumajanduse arendust toetavaks valdkonnaks on näiteks täppispõllumundus, kus kaugseire meetodid on integreeritud konkreetse põllu saagi kujundamise ja juhtimise süsteemi (Peterson 2008). Kaugseire eeliseks on mõõtmistulemuste

operatiivse kasutamise võimalus. Kaugseire kasutamine koos geograafiliste infosüsteemidega (GIS) on väga efektiivne vahend maakasutuse ja maakatte muutuste tuvastamiseks, pakkudes kulutõhusaid multispektrilisi ja -ajalisi andmeid ning muudab need maa-arenduse muustrite mõistmiseks ja jälgimiseks väärtuslikuks teabeks. (Kumar *et al.* 2015)

Olenevalt valdkonnast ja valdkonna spetsiifikast, töötatakse välja mitmeid kaugseire süsteeme, mis pakuvad konkreetse valdkonna vajadustest lähtuvate parameetritega andmeid. Mõne valdkonna jaoks, nagu näiteks meteoroloogia, on oluline, et kaugseireandmed uueneksid võimalikult sagedasti, kuid võivad olla sealjuures madalama ruumilise eraldusvõimega ehk täpsusega. Kaardistamisega tegelevad organisatsioonid vajavad aga andmeid harvemini, kuid sealjuures on oluline täpsus, mistõttu on vaja andmeid, millel on võimalikult kõrge ruumiline eraldusvõime. Samas on ka olemas kasutajaid, kelle jaoks on tähtis nii suur ruumiline eraldusvõime kui ka andmete uuendamise kiirus. Selliseks valdkonnaks on näiteks riigikaitse, kus võimalike sõjaliste konfliktide puhul jälgitakse kaugseire teel vaenlase territooriumi. Korralikult kalibreeritud kaugseireandmeid saab kasutada suurte arvutimudelite lähtestamiseks ja kinnitamiseks, mis üritavad simuleerida ja ennustada Maa keskkonda. Sellisel juhul võib kõrge ruumiline eraldusvõime olla arvutusnõuete tõttu ebasoovitav, kuid oluline on anduri täpne ja järjepidev kalibreerimine ajas ja ruumis. (Schowengerdt 2007)

Huvi suurenemine kaugseireandmete kasutamise vastu avaliku sektori juhtimises ja otsuste tegemisel tuleneb kaugseire tajutavast kasulikkusest riigi ja kohalike omavalitsuste eesmärkide täitmisel. Kaugseireandmetel põhinevaid rakendusi kasutatakse avaliku sektori asutuste funktsioonide täitmiseks, tõhusamate ja ökonoomsemate lahenduste loomiseks ja otsuste tegemiseks. Seda soodustab ka kaugseirest tuletatud andmete aina parem kättesaadavus ja kasutatavuse suurenemine geograafilistes info- ja otsustustoetussüsteemides ning andmete ruumilise ja spektraalse eraldusvõime paranemine. (National Research Council 2003)

1.2.1. Kaugseire Eestis

Olenemata sellest, et Eesti liitus Euroopa Kosmoseagentuuriga (ESA) alles 2015. aastal, on Eesti teadus- ja arendusasutuste kompetents kaugseire valdkonnas juba pikka aega rahvusvaheliselt tunnustatud olnud (Noorma *et al.* 2020). Kaugseire meetodite rakendamist alustati Eestis riikliku keskkonnaseire programmi raames juba alates 20. sajandi lõpust (Peterson *et al.* 2008). Sellest, kuidas rakendatakse kaugseiret Eestis 21. sajandil, annab iga paari aasta tagant ülevaate Tartu

observatoorium, kes annab välja kaugseire artiklikogumikke, kus koondatakse kokku kaugseire käesoleva hetke uurimissuunad ja -tulemuste rakendused (Kaugseire Eestis ... 2018). Viimase 7 aasta jooksul on mitmed teadlased ja spetsialistid uurinud kaugseire kasutamise võimalusi (vt Tabel 1) nii maastike, metsade, veekogude kui ka ilmastiku ja ehitiste kohta andmete kogumiseks ja kaardistamiseks (Kaugseire Eestis ... 2016; Kaugseire Eestis ... 2018).

Tabel 1. Peamised kaugseire uurimissuunad Eestis perioodil 2016-2018

Valdkond	Uurimuse rõhuasetus
Veekogud	heljumi omaduste ja dünaamika varieerumine
	madala eutroofse järve klorofüllisisalduse määramine
	kaldaveetaimestiku dünaamika
	kaugseire kui abivahend väikejärvede kohtseire planeerimisel
	tsüanobakterite biomassi hindamine siseveekogudest
Maastik	rohumaade radarkaugseirest Eestis
	aerolaserskaneerimise andmestiku kasutusvõimalused kultuurmaastike uurimisel
	peegeldusetaloni optilised omadused
Metsandus	metsa võrastiku läbipaistvus
	puistute biomassi ja süsiniku hulga hindamine
	maakatte kaardistamine metsanduses
	puistute kaardistamine ja harvendusraiate tuvastamine
Meteoroloogia	konvektiivsete tormide uurimine Doppleri ilmaradari andmete põhjal
	kuumalainete ja soojussaarte satelliitseire
	lainetuse ja tuuleväljade määramine
Hooned / Ehitised	hoonestatud alade tuvastamine
Üldine	keskkonna- ja turvalisuse seire programmi Copernicuse ülevaade
	mõõtmiste usaldusväärsus kaugseires
	kaugseireandmete usaldusväärsus ja täpsus 2017. aastal
	mehitatud õhusõidukiga kogutud andmete täpsus

Allikas: Kaugseire Eestis (2016) ja Kaugseire Eestis (2018). Autori koostatud

Peterson (2008) sõnul on keskkonnaandmeid vaja nii siseriiklikuks otstarbeks, nagu loodus- ja keskkonnakaitse planeerimine, üldplaneeringute koostamine, majandus- ja tootmistegevuse kavandamine, kui ka rahvusvahelistest võetud kohustustest, mis sätestavad Eesti Vabariiki esitama andmeid loodus- ja keskkonnakaitse valdkonna eesmärkide täitmise edukusest. Kaugseireandmetel põhinevad praktilised lahendused ei ole aga Eesti avaliku halduse valdkondades veel väga laialt levinud (Noorma *et al.* 2020). Sellest, kuidas kaugseire meetodeid on rakendatud või on võimalik rakendada avaliku sektori asutuste ülesannetes, on kirjutatud näiteks põllumajanduse, metsakorralduse ja ilmasteenistuse vaates.

Vastavalt 2014. aastal avaldatud Raudvere (2014) artiklile, on Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet (PRIA) alates 2005. aastast rakendanud pindalapõhiste toetuste menetlemisel kaugseire kontrolli, mis tähendab, et kohapealsed GPS seadmetega põllu pindala mõõtmised asendati suuremas osas kaugseire teel mõõtmisega. See on võimaldanud PRIA-l kokku hoida hulgaliselt tööjõu tunde, sest kaugseire mõõtmiste tulemuste kasutamisega ei ole enam vaja kontrollitavale alale nii palju inspektoritel kohapeale sõita. Oluline on ka toetuste taotlejaid distsiplineeriv külg – satelliitpildilt on põldudest parem ülevaade ja seetõttu ka kontroll objektiivsem. (Raudvere 2014) Lisaks alustati 2018. aastast ka PRIA-s satelliitandmete abil rohumaaade niitmise tuvastamist. Koostöös Tartu observatooriumi ja CGI Eestiga rajati automatiseeritud satelliidipõhine infosüsteem SATIKAS, mis võimaldab tuvastada niitmist ja selle ulatust järskude biomassi muutuste järgi satelliidi parameetrite aegreas. Sarnaselt kaugseire teel tehtavate pindala mõõtmistele võimaldab ka SATIKA kasutamine PRIA-l säästa inspektorite aega, sest kohapealsed kontrollid on asendunud digitaalselt tehtavate kontrollidega. Lisaks rohkematele rikkumiste avastamisele, võimaldab SATIKAS vähendada alusetult makstud toetusi ning tagab Euroopa Liidu (EL) toetuste parema kasutuse. (Voormansik, Raudvere 2018)

Metsakorralduses on kaugseire abiks metsade majandamise otsuste kavandamisel ja metsade seisundi jälgimisel. Avalikult kättesaadavate kaugseireandmete kasutamine võimaldab koostada kiiresti suurte alade kohta metsade takseertunnuste ehk puistute olukorra ja juurdekasvu hinnangukaarte. Muutuste tuvastamiseks saab kasutada nii multispektraalseid satelliitpilte kui ka aerolaserskaneerimise andmeid. Puistute liigilist koosseisu saab edukalt hinnata spektraalsete andmete alusel. Metsade kõrguse, tiheduse ja sellega seonduvate takseertunnuste hindamiseks sobivad paremini lasermõõdistuse andmed. Hoolimata tänapäevase kaugseire võimalustest puistute olukorra ja juurdekasvu hindamisel ei tähenda, et vajadus metsataksaatorite järele kaob, sest kaugtakseerimine jääb võrreldes metsataksaatoriga täpsuses veel alla. (Lang *et al.* 2018)

Lisaks ilmaennustusele ja meteoroloogilistele mõõtmistele (Kaugseire ... 2022), saab kaugseireandmete abil hinnata jääkatte ulatust ning jääolude dünaamikat. Täpsemalt võeti 2021. aastal kasutusele operatiivne kaugseirepõhine jääseirerakendus, mis võimaldab tuvastada erinevaid merejää tüüpe ja jäänähtuseid ning jälgida ka jää olukorda suurematel järvedel. Kvalitatiivse jääinfoga rakenduse olemasolu annab lisaks operatiivsemale infole ka võimaluse reageerida paremini päästetöödel ning hoida kokku kulusid, mis on seotud jäämassiivide vahel navigeerimisel. (Kula 2021)

Selleks, et teadvustada rohkem Eesti avaliku halduse valdkondades kaugseireandmete kasutusvõimalusi ja lahendusi, mis suudaksid nende andmete abil asutuste tööd tõhusamaks muuta, teostati 2019.-2020. aastatel Eestis „Valdkondliku Teadus- Ja Arendustegevuse Tugevdamine“ (RITA) programmi raames kaugseire rakendusuring. Uuringu eesmärk oli viia läbi valitud valdkondades kaugseireandmete kasutamisevõimaluste analüüs ja uute rakenduste ning andmehalduse prototüüpide väljatöötamine ja nende piloteerimine. (Noorma *et al.* 2020)

Projekti raames uuriti seirevõimalusi maastikutulekahjude, üleujutuste ja veetaseme, põllumajandusmaade kasutuse ning ehitustegevuse planeerimise ja järelevalve valdkonnas. Lisaks konkreetsetele prototüüpidele töötati RITA projekti raames välja ka kaugseire jätkusuutliku rakendamise kava, et vastutavatel ministriumitel oleks oma haldusala piires võimalik pikaajalisemalt teadusmahukaid tegevusi ellu kutsuda ja asjakohaseid tänapäeva kosmosetehnoloogiaid rakendada. Kava koostamise eesmärk oli pakkuda võimalusi kaugseireandmete kasutamiseks ja uute rakenduste väljatöötamiseks ning aidata tõsta avaliku sektori asutuste funktsionaalsust ja võimekust nende ees seisvaid ülesandeid efektiivsemalt lahendada. (Noorma *et al.* 2020)

RITA projekti tulemusena leiti, et Eesti satelliit kaugseire turu areng on väga tugevalt seotud ESA ja Euroopa Liidu liikmelisusega ning Copernicuse programmist tulenevate võimalustega, mis toetavad ka erasektori laienemist kaugseire valdkonda. Kaugseire kombineerimist Eesti info- ja kommunikatsioonitehnoloogia võimekusega nähakse kui suurt võimalust, mis tõstaks riigi e-teenuste info ajakohasust ja otsuste kvaliteeti. Kaugseire rakenduste arengu eelduseks nähakse aga maapealset taristu arendamist, kaugseire rakendamist riigiteenuste osana ja ka kaugseire rakenduste turu arendamist. Eesmärkide saavutamiseks nähakse vajadust lihtsustada ligipääsu kaugseireandmetele ja teenustele ning toetada kõrge ekspordipotentsiaaliga pilootprojektide elluviimist. Sealjuures on Eesti riigil oluline roll olla teenuste esimene rakendaja ja toetada mitmekülgset ettevõtteid asjakohaste võimaluste väljaarendamisel. (Noorma *et al.* 2020)

1.3. Kaugseire kasutamise eelised ja selle piirangud

Üle maailma on avaliku sektori asutused hakanud üha rohkem integreerima kaugseiret oma igapäevastesse tööprotsessidesse, kuna sellel on märkimisväärsed eelised lokaalsete teabehankimise viiside ees. Kaugseireandmetel põhinevad tuletistooted ja tehnoloogiad pakuvad

tõhusaid ja säästlikke viise probleemide lahendamiseks ja otsuste tegemiseks, vaadeldes uuritavaid objekte eemalt. (Maheshwari 2013)

Kaugseiret peetakse üheks olulisemaks info kogumise viisiks geograafiliste ruumiandmetega seotud valdkondade probleemide ja ülesannete lahendamisel (Waghmare, Suryawanshi 2017). Kaugseire suurimaks eeliseks on võimalus koguda infot suurtelt aladelt samal ajal, ühesuguse meetodi ning tiheda ajalise sammuga (Noorma *et al.* 2020). See tähendab, et kaugseire võimaldab uurida ja koguda teavet suurte ruumalade kohta ehk uurida Maa pinna ja atmosfääri koostist ja selle olemust alatest väiksematest piirkondadest globaalse tasandini välja (Read, Torrado 2009). Kogutud andmete põhjal saab iseloomustada ja jälgida maapinnal asuvaid looduslikke iseärasusi või füüsilisi objekte ning nende muutusi ajas ilma kohapeale minemata (Read, Torrado 2009; Kumar *et al.* 2015). Võrreldes kohapealsete ja õhust andmete kogumise meetoditega on satelliitseire eelised korduv andmete kogumine ja uurimine samas piirkonnas ja korrapärase sagedusega, suurtelt ja kaugematelt aladelt andmete kogumine, andmete kiire töötlemine ja automatiseeritud töötlemise potentsiaal, andmete kogumise objektiivsus ning taaskasutamise võimalus (Sadlier *et al.* 2018).

Kaugseirest on saanud tehnoloogia, mis pakub avalikkusele väärtuslikku ruumilist keskkonnateavet, et toetada mitmesuguseid sotsiaalteaduslikke rakendusi. Kuigi kaugseireandmed ei saa anda otsest teavet üksikisikute, leibkondade, kogukondade või globaalsete süsteemide kohta, võivad need anda teavet selle keskkonna olemuse ja ruumiliste suhete kohta, milles need üksused tegutsevad. Lisaks saab kaugseireandmeid kasutada erinevate keskkonnast tulenevate sotsiaalsete nähtuste hindamisel ja prognoosimisel nagu näiteks linnastumine ja põua järel tekkinud näljahäda. (Read, Torrado 2009)

Kutser (2007) leidis, et ühegi keskkonnaseire valdkonna puhul ei saa kaugseire asendada täielikult maapealset seire tegevust, kuid kaugseire integreerimine kohapealse seirega annaks võimaluse muuta täpsemaks mitmete seirevaldkondade taustandmestikku, optimeerida seirevõrgustikku ning vähendada kohapeal määratavate parameetrite määramistihedust. Samuti aitaks kaugseireandmete suurem kasutus parandada operatiivseiret ehk kiiret reageerimist või muutuvate protsesside ja nähtuste seire tulemuste edastamist. (Kutser 2007 viidatud Peterson *et al.* 2008)

Olenevalt kasutusvaldkonnast võib kaugseire rakendamisel olla üsna erinevaid probleeme, kuid põhimõttelisi väljakutseid, mis mõjutavad kaugseireandmete väärtuspakkumist ja

laiaulatuslikumat kasutamist, esineb aga kõikides valdkondades. Peamisteks tehnilisteks väljakutseteks kaugseire rakendamisel võib pidada vaatluste ruumiliste ja ajaliste kirjete katvuse ja eraldusvõime suurendamist, erinevate kaugseireinstrumentide vahel sünergia loomist, andmetöötlusmeetodite väljatöötamist ja andmekogumise järjepidevuse hoidmist varasemate, praeguste ja tulevaste andmekogumite piisava ühilduvuse saavutamiseks. (Dubovik 2021)

Piirangud kaugseireandmete kasutamisel sotsiaalteadustes tulenevad kaugseireandmete olemusest, samuti andmete kättesaadavuse, juurdepääsetavuse, kulude ja kasutuslihtsuse logistilistest probleemidest (Read, Torrado 2009). Avaliku sektori asutustes piirab tihti kaugseire laiaulatuslikumat kasutamist asjaolu, et igasugune uuendus eeldab selle ühildamist eelarve, seaduste ja muude poliitilistest tavadest tulenevate nõuetega. Samuti võib kaugseireandmete kasutuselevõtuga tekkida vajadus ka muude tehnoloogiliste uuenduste järele, nagu näiteks andmehoidlate võimsuse suurendamine. Kaugseire rakenduste juurutamiseks peavad olema avaliku sektori asutused ja selle töötajaskond vastuvõtlikud tehnoloogilistele muutustele ja sellega seotud nõudmistele. Üha rohkem seisavad avaliku sektori asutused silmitsi kitsaste eelarvete ja isegi puudujääkidega, mistõttu on neil keeruline hankida endale uute tehnoloogiate kasutuselevõtuks vajalikku riistvara, tarkvara ja personali. Kaugseireandmete ja -rakenduste kasutuselevõtu eelduseks avaliku sektori asutustes nähakse vastava tehnoloogia tugeva pooldaja olemasolu, kellel on tehniline arusaam andmete võimalikust väärtusest juhtimise ja otsuste tegemise jaoks, ning kes on valmis tegema koostööd erinevate asutuste ametnikega. (National Research Council 2003) Kaugseiremeetodite puhul on oluline silmas pidada ka seda, et kui rahvusvaheliste programmide satelliitandmestike kasutamine ei pruugi kasutajale midagi maksta, siis erinevate õhusõidukite, nagu droonide, lennukite ja ka suure ruumilise lahtusega kommertssatelliitide, piltide kasutamine võib suurte alade uurimisel osutada ebamõistlikult kalliks (Noorma *et al.* 2020).

Sadler *et al.* (2018) viisid läbi uurimuse satelliitseire kasutuse ja majandusliku väärtuste kaardistamiseks Suurbritannia valitsuses. Uuritavad valdkonnad olid: põllumajandus, atmosfäär, ehitus, rannikualad, üleujutused, metsandus, merendus, meteoroloogia ja transport. Uurimuses leiti, et satelliitseire majanduslik väärtus avalikule sektorile väljendub (*Ibid.*):

- tegevuskulude kokkuhoius ehk tootlikkuse ja tõhususe kasv, mis tuleneb kaugseire kasutamisest tööprotsesside toetamiseks alternatiivsete kallimate meetodite asemel;
- erandlike kulude vältimises, kui kaugseire kasutamine võimaldab ennetada avalikul sektoril täiendavaid lisategevusi või kulusid;

- paremate poliitiliste otsustena, kui kaugseireandmeid kasutatakse majanduslike muudatuste tegemisel;
- riskide maandamisena, kui kaugseireandmete kasutamine võimaldab avaliku sektori asutuste välistel osapooltel kasu saada või raha säästa.

Lisaks selgus uuringu tulemusena, et satelliidilt pärineva Maa vaatluse koguväärtus Suurbritannia valitsuse rakenduste puhul on 2018. aastal hinnanguliselt 943 miljonit naela. Tuleviku võimalusi hinnates leiti, et kahe aastaga võiks see väärtus tõusta 1248 miljoni naelani. Rohkem kui 90% loodavast väärtusest moodustas 2018. aastal meteoroloogia valdkond, mis oli ka ootuspärane uuringu läbiviijate jaoks, sest meteoroloogia valdkond omab väga pikaajalist kaugseire kasutamise kogemust ning on seotud kaudselt väga paljude muude valdkondadega ja tegevustega, mis võimaldavad riigil õigeaegselt sekkuda, vähendades seeläbi võimalikke kulusid. (Sadler *et al.* 2018)

RITA 2020. aasta kaugseire rakendusuuringu leiti, et kaugseire laiaulatuslikumaks rakendamiseks Eesti-suguse väikeriigi puhul, kus on piiratud inimvara ja rahalised vahendid, on oluline avaliku ja erasektori ning akadeemilise kogukonna vastastikku motiveeriv koostöö. Konkureerimise asemel tuleks luua sünergia, kus hoidutakse dubleerimisest ning toetatakse juba olemasolevatele lahendustele. Kaugseire potentsiaali rakendamist Eesti ettevõtete ja teadus- ja arendusasutuste koostööna püüakse aga ühelt poolt see, et lihtsalt ei teata nende koostöö võimalustest ning asjaolu, et Eestis viiakse teadusmahukaid arendusi ja uuringuid ellu lühiajaliste ja suurte bürokraatlike projektide kaudu. Kaugseiret ei tohiks võtta lihtsalt kui keskkonna jälgimist, vaid kui vahendit erinevate poliitiliste valdkondade prioriteetide elluviimisel ning kaugseire võimalused peaksid olema kaasatud valdkondlikesse arengukavadesse ja riiklikesse programmidesse. Koostöö erinevate organisatsioonide vahel peaks väljenduma vastastikuse teabevahetusena, eesmärgiks ühiskonna väljakutsete lahendamine. Riiklikul tasemel kaugseiret arendades ja erinevaid osapooli kaasates suureneb ka ettevõtete kui ka teadusrühmade rahvusvaheline konkurentsivõime ning paraneb avalike teenuste efektiivsus. Kuna nii kaugseiresensorite kui ka nende kandurite tehnoloogia areneb kiiresti, on oluline, et asutused oleksid kursis, millised tehnoloogilised võimalused avanemas on, sest uute meetodite operatiivne kasutuselevõtt võimaldab asutustel säästa aega ja raha ning ettevõtetel hõivata uusi turge. (Noorma *et al.* 2020)

Kokkuvõtvalt võib öelda, et kaugseire pakub väga mitmetes valdkondades väga väärtuslikku teavet, mis võimaldab saada paremat ülevaadet Maast ning mitmete Maal toimuvate protsesside kulgemisest. Kaugseireandmeid saab kasutada edukalt riigi avalike asutuste tööprotsessides, pakkudes tuge nii juhtimisotsuste tegemisel kui ka tööprotsesside digitaliseerimisel. Selleks, et kaugseire oleks laiaulatuslikumalt kasutusel, peaksid avaliku sektori asutused olema paremini kursis kaugseire võimalustest ning valmis kohanema tehnoloogiliste muutustega ja sellega seotud nõudmistega.

2. KAUGSEIRE KASUTAMISE UURING

2.1. Uuringu meetodi kirjeldus

Käesolevas magistritöös püstitatud eesmärgi täitmiseks ja uurimisküsimustele vastuste saamiseks kasutati kvalitatiivset mitmest juhtumiuuringut. Kvalitatiivse uuringu puhul saadakse andmeid vaatluse, intervjuu ja sõnalise suhtlemise kaudu ning on suunatud eelkõige inimeste kogemuste, arusaamade ja tõlgenduste mõistmisele. Antud uurimismeetodile on iseloomulik paindlikkus, erinevate uuringuetappide segunemine ning korduv tagasipöördumine juba läbitud etappide juurde. (Laherand 2008) Uurimismeetod on sobilik juhul kui (Syrjälä *et al.* 1994):

- ollakse huvitatud sündmuste detailidest, mitte niivõrd nende üldisest olemusest;
- ollakse huvitatud tähendusest, mida sündmustes osalejad neile annavad, ja nende tähenduste struktuurist;
- soovitakse uurida loomulikke olukordi, mida pole võimalik uurida eksperimentaalselt ning kus ei saa kaugeltki mõjutegureid kontrollida;
- soovitakse saada andmeid teatud sündmustega seotud põhjus-tagajärg suhetest, mida pole võimalik uurida eksperimentaalselt.

Töö autor otsustas kvalitatiivse uuringu kasuks, kuna läbi selle on võimalik koguda just sellist teavet, mis võimaldab paremini saada ülevaadet uuritavate asutuste kaugseire tänastest kasutuspraktikatest ning seeläbi saavutatud tulemustest, kaugseire tulevikupotentsiaalid ja seonduvatest tajutud kitsaskohtadest.

Juhtumiuuringu strateegia võimaldab uurida tänapäeva nähtust selle loomulikus keskkonnas ning on sobilik kasutamiseks siis, kui piirid ilmingu ja tema konteksti vahel pole selged. Juhtumiuuringu strateegia on eelistatum, kui peamised uurimisküsimused on ülesse ehitatud „kuidas“ ja „miks“ küsimustele vastamiseks (Laherand 2008, 76). Juhtumiuuringutes saab uurida nii isikuid, organisatsioone, kui ka näiteks rahvusi. Juhtumiuuringu objektiks on kas üksikjuhtumid või mitmed üksikjuhtumid. Juhtumiuuringud keskenduvad konkreetse juhtumi

kontekstile, uuritakse nii seda ümbritsevat keskkonda kui ka konkreetse juhtumi puhul uuritavat nähtust mõjutavaid aspekte. (Virkus 2010) Juhtumiuuringus võib tõenditena kasutada mitmesugustest allikatest saadud andmeid nagu dokumendid, arhiivimaterjalid, intervjuud, otsesed vaatlused, osalusvaatlus, tooted ja kunstiteosed (Yin 2003; Laherand 2008). Töö autor otsustas mitmese juhtumiuuringu kasuks, et tagada uuringu tugevus. Kuigi mitmese juhtumiuuringu puhul peetakse ideaalseks 4-10 juhtumi uurimist (Eisenhardt 1989, 545), siis antud töös sai uuritud kokku kolme erinevat juhtumit, sest kaugseire kasutamine ei ole veel nii levinud Eesti avalikus sektoris, et oleks olnud võimalus rohkemaid juhtumeid uurida.

Käesoleva magistr töö eesmärk on välja selgitada kaugseire tänased kasutuspraktikad valimisse kuuluvates organisatsioonides ning seeläbi saavutatud tulemused, kaugseire tulevikupotentsiaal ja seonduvad tajutud kitsaskohad. Uurimistöö tulemusena tehakse soovitusi kaugseire laiaulatuslikumaks kasutuselevõtmiseks. Magistr töö eesmärgi täitmiseks viis töö autor läbi poolstruktureeritud intervjuud Eesti avaliku sektori asutustega. Poolstruktureeritud intervjuu vorm võimaldas töö autoril lisaks ettevalmistatud alateemadele ja küsimustele küsida juurde ka spontaansid ja avatud küsimusi. Intervjuud võimaldavad võrreldes teiste andmekogumismeetoditega olla paindlikum, pakkudes võimalust andmekogumist vastavalt olukorrale ja vastajale reguleerida (Laherand 2008, 177). Täiendavalt kasutati info kogumiseks ka intervjueritavate poolt edastatud asutusesiseseid materjale kaugseire rakendamise kohta.

2.2. Valimi kirjeldus ja andmekogumise ning analüüsi protseduur

Kvalitatiivses uuringus on oluline valimi esinduslikkus ehk teisisõnu see, et uuringu tulemused oleksid üldistatavad kogu sihtrühmale. Kvalitatiivse uuringu valimi suurus on sobiv siis, kui selle abil saab anda adekvaatse vastuse uurimisküsimusele (Laherand 2008). Käesolevas uuringus kasutati sihipärast valimit, mille puhul valib liikmed valimisse uurija, lähtudes oma hinnangutest, teadmistest, kogemustest (Black 2010). Käesoleva uuringu valim on koostatud antud magistr töö eesmärgist lähtuvalt, võttes arvesse töö autori teadmisi ja kogemust kaugseire rakendamise valdkondadest Eestis. Uurimisküsimuste lahendamiseks intervjueriti kuut spetsialisti kolmest avaliku sektori asutusest.

Uuringus osalenud asutustega võttis uuringu läbiviija ühendust e-posti teel, kirjas oli kirjeldatud töö eesmärk, uurimisküsimused ja intervjuu prognoositav pikkus. Uuringus osalesid järgmiste asutuste ja ametikohtade spetsialistid, kes on seotud kaugseire ja kaugseireandmete kasutamisega:

- Keskkonnaagentuur, Riigi Ilmateenistus – peaspetsialist;
- Keskkonnaagentuur, Riigi Ilmateenistus – sünoptik;
- Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet – otsetoetuste osakonna nõunik;
- Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet – kontrollibüroo juhtivspetsialist;
- Keskkonnaagentuur, Keskkonnaseisundi üksus – metsandusvaldkonna peaspetsialist;
- Keskkonnaagentuur, Keskkonnaseisundi üksus – metsandusvaldkonna juhtivspetsialist.

Intervjuus kasutatud küsimustikud on koostatud töö autori poolt, baseerudes tema kogemustele ja teadmistele ning uuritud teooriale. Intervjuude küsimused olid jaotatud nelja kategooriasse: kaugseire kasutus täna, eelised ja piirangud, tulevikuvaated, kasutamise mõju organisatsioonile ning avalikkusele laiemalt. Intervjuu ülesehitust on võimalik näha lisas 1. Töö autor esitas ka lisaküsimusi, mis ei olnud otseselt küsimustikus välja toodud.

Intervjuud toimusid vahemikus 22. veebruar 2022 – 6. aprill 2022 ja kestsid 40–70 minutit. Kõik intervjuud olid informatiivsed ning intervjuu pikkus tulenes pigem valdkonnaspetsiifiliste aspektide kirjeldamise põhjalikkusest. Töö autor viis läbi kõik intervjuud videokõnena, kasutades Microsoft Teams või Skype keskkonda. Intervjuud salvestati intervjuueeritavate nõusolekul, mis hiljem transkribeeriti. Transkriptsiooni tegemiseks kasutas töö autor esialgu automaatset transkribeerimist, kuid kuna see ei olnud töö autori arvates piisavalt täpne, kuulas töö autor intervjuude salvestused üle ning täiendas transkriptsioone puudu olevate andmetega. Intervjuu transkriptsioonid on leitavad lisas 2.

Empiirilises osas kogutud andmeid on analüüsitud nii juhtumisiselt kui juhtumite üleselt. Antud töö autor otsustas empiirilise osa esimeses pooles uuritavate asutuste tutvustamiseks ja kaugseire kasutusala kirjeldamiseks kasutada juhtumipõhist analüüsi. Teises pooles on töö autor kasutanud läbivate teemade leidmiseks ja mustrite välja selgitamiseks juhtumiülest analüüsi, mille puhul on kategoriseerimine tehtud vastavalt autori nägemusele. Juhtumipõhise analüüsi puhul on tavaks võtta vaatluse alla korraga üks juhtum kogu analüüsitavast materjalist ehk tervikvalimist (Kalmus *et al.* 2015). Juhtumisisene analüüs koosneb juhtumi põhjalikust kirjeldusest, mis on

keskendunud ülevaate loomisele. See aitab uurijatel varases analüüsiprotsessis toime tulla suure hulga andmetega ning tuua välja olulisi põhjuslikke seoseid juhtumis (Eisenhardt 1989, 540; Yin 2003). Juhtumisisene analüüs annab põhjaliku ülevaate iga juhtumi kohta eraldi, mis omakorda aitab kaasa juhtumeid läbivale analüüsile, võimaldades tuvastada mustrite esinemist (Eisenhardt. 1989, 540). Juhtumiülese analüüsi puhul vaadeldakse samal ajal mitut analüüsitavat juhtumit korraga. Juhtumianalüüsi eesmärgiks võib olla mitme juhtumi võrdlemine, läbivate teemade leidmine või tegevus-, seose- või muude mustrite väljaselgitamine. (Kalmus *et al.* 2015) Juhtumeid läbiv analüüs võimaldab vaadelda andmeid mitmel erineval viisil. Nendeks viisideks on kategoriseerimine ning seejärel sarnasuste või erinevuste otsimine, juhtumite paardesse panemine ning seejärel sarnasuste ning erinevuste uurimine iga paari suhtes ja andmestiku jaotamine vastavalt andmeallikale. (Eisenhardt 1989, 540-541)

2.3. Ülevaade valimisse kuulunud organisatsioonidest

Järgnevalt on antud ülevaade intervjuudes osalenud asutustest. Ülevaate jaoks on andmed kokku kogutud intervjuu esimese ploki küsimuste vastustest, ettevõtete kodulehekülgedelt ning asutuste sisestest dokumentidest. Vastavalt uuringu valimi kirjeldusele, kuuluvad käesoleva uuringu valimisse Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet ning Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistuse üksus ja Keskkonnaseisundi üksuse metsanduse valdkond.

Keskkonnaagentuur on Keskkonnaministeeriumi hallatav asutus, mille koosseisu kuulub kolm põhiüksust: Riigi Ilmateenistus, Keskkonnaseisundi- ning tugiüksus. Keskkonnaagentuuri tegevusvaldkond on riikliku keskkonnaseire programmi täitmine, keskkonnavaldkonna riigisiseste ja rahvusvaheliste aruannete koostamine, keskkonnaseisundile hinnangute andmine, elutähtsate teenuste, sh ilmaprognoosi tagamine ning seirejaamade, -vahendite ja -seadmete pidamine ja uuendamine. (Keskkonnaagentuur ... 2022) Olenemata sellest, et Riigi Ilmateenistus ja Keskkonnaseisundi üksuse metsanduse valdkond kuuluvad mõlemad Keskkonnaagentuuri alla, käsitletakse antud uurimistöös neid eraldiseisvate asutustena, sest nende tegevusvaldkonnad ja tööprotsessid ei kattu.

2.3.1. Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet

Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet (PRIA) on Maaeluministeeriumi valitsemisalas tegutsev valitsusasutus, mis loodi 2000. aasta suvel. Euroopa Liidu makseagentuurina on PRIA ülesanne riiklike toetuste, Euroopa Liidu põllumajanduse ja maaelu arengu toetuste, Euroopa Merendus- ja Kalandusfondi toetuste ning turukorralduslike toetuste andmise korraldamine. Lisaks on PRIA ülesanne ka põllumajandusega seotud riiklike registre ja muude andmekogude pidamine. PRIA laiem eesmärk on täita roheleppes tulevaid eesmärke ning hoida loodust, samal ajal tagades, et Eestimaa koos oma põldude, metsade ja vetega suudaks katta oma rahva toidulaua ning olla konkurentsivõimeline ka maailmas. (PRIA ... 2022)

Uuringu käigus selgus, et PRIA alustas kaugseire rakendamist esmakordselt 2005. aastal, Euroopa Teadusuuringute Ühiskeskuse üleskutsel. Täna kasutavad PRIA inspektorid kaugseiret pindalapõhiste toetuste menetlemisel – põldude pindalade mõõtmiseks, niitmise tuvastamiseks ning vaiete lahendamiseks. Põllumõõtmist teostatakse PRIA menetlejate poolt digitaalselt satelliitpiltide pealt, kasutades GIS rakendust. Rohumaade hooldamise tuvastamiseks on loodud automaatne algoritmide põhinev süsteem SATIKAS, mis suudab satelliitpiltide pealt tuvastada biomassi muutust. Lisaks kasutatakse kaugseireandmeid ka vaiete lahendamisel, mis tekivad PRIA ja taotlejate vahel, kui taotleja ei ole rahul kontrolli tulemusega. Kaugseireandmed võimaldavad tagasiulatuvalt esitada tõendeid põllumajanduslikul maal toimunud tegevuste kohta, võrreldes näiteks ühte uuritavat põldu teiste samas piirkonnas asuvate põldudega. PRIA kasutatavad kaugseire meetodid on: satelliitandmed, ortofotod.

2.3.2. Riigi Ilmateenistus

Riigi Ilmateenistus on Keskkonnaagentuuri alluvuses tegutsev üksus, mis täidab oma eelkäija Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi ülesandeid. Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistuse põhifunktsiooniks on ilmaprognooside ja -hoiatuste koostamine ning nende edastamine ja kättesaadavuse tagamine. (Keskkonnaagentuur ... 2022) Ilmainfot saavad Riigi Ilmateenistusest muuhulgas ka lennundus- ja laevandusettevõtted, kelle tegevustes ilm olulist rolli mängib. Samuti on olulisel kohal koostöö teiste riigiasutustega, näiteks Päästeametiga, kellele info ilmaolude kohta suureks abiks on. Lisaks talletatakse ka Eesti ilma ajalugu – vaatlusjaamades mõõdetud ilmaandmed on olulised nii erinevate teadusala uurijatele kui ka politseile või kindlustusfirmadele. (Ilm ... 2022)

Vastavalt intervjuudele alustas Riigi Ilmateenistus operatiivset satelliitandmete kasutamist pärast Euroopa Meteoroloogiasatelliitide Kasutamise Organisatsiooniga liitumist. Ilma ja selle ennustamise vaatest on võimalik satelliitandmete põhjal vaadelda ilma kujunemise protsessi, tuvastades näiteks äikesepilvede liikumisi, pilvede arenguid ja nende struktuure, potentsiaalseid sajualasid, soojade või külmade, kuivade või niiskete õhumasside asukohad kõrgemates õhukihtides, jugavoolud, tsüklonite ja antitsüklonite asukohad ja palju muud, mis aitab oluliselt ilmasituatsioonide analüüsimisel ning ilma ennustamisel. Samuti võimaldab kaugseire Riigi Ilmateenistusel tuvastada ka lume ja jääkatet, kuumenenud alasid võimalike tuleohtlike alade välja selgitamiseks, õhu- ja veekvaliteeti, veeõitsengut. Vahetu ja täpne ilmainfo on oluline näiteks lennunduses, kus on lennuohutuse tagamiseks vaja ülevaadet õhus toimuvast. Lisaks ilmaennustuste tegemisele saab kaugseire teel salvestatud ilmainfot kasutada ka kindlustusjuhtumite lahendamisel. Tänu radaripiltidele on võimalik tõestada tugevate tuuleilide, sademete või sajuintensiivsuse olemasolu ja sellest tulenevalt võimalikku vara kahjustumist. Pidevalt uuenevate satelliitandmete põhjal on võimalik joonistada asja- ja ajakohaste andmetega kaardirakendusi nagu näiteks jääkaardi rakendus, mis pakub ülevaadet konkreetse koha ja hetke jääkatte olukorrast. Riigi Ilmateenistuse kasutatavad kaugseire meetodid on: satelliitandmed, radariandmed, äikesedetektorid, pilootpallid.

2.3.3. Keskkonnaseisundi üksus, metsandusvaldkond

Riigi ülesanne on metsanduse suunamine, selle arengu ja säilitamise eest vastutamine. Riigi ülesannete täitmist metsanduses koordineerib Keskkonnaministeerium (MS§6). Keskkonnaagentuuri Keskkonnaseisundi üksuse metsandusvaldkonna põhifunktsiooniks on teabe kogumine, talletamine, töötlemine ja avalikuks tegemine metsavarude suuruse, seisundi ja kasutamise kohta. Samuti peetakse arvestust metsas sisalduva süsinikuvaru ja selle muutuste kohta. Kogutud andmetel põhineb statistiline aruandlus Eesti metsade ja metsanduse kohta, seda nii riiklikult kui rahvusvaheliselt. Metsainventeerimise andmed on eelduseks metsade säästlikule majandamisele, nende alusel jälgitakse metsavarude ja metsade seisundi muutumise dünaamikat, koostatakse stsenaariume ja arengukavasid. (Mets ... 2022)

Käesoleva uurimistöö läbiviimisel selgus, et Keskkonnaagentuuri metsandusvaldkond tegeleb eelkõige metsandusstatistikaga ehk metsandusandmete koondamise ja nende alusel kokkuvõtete ja väljundite koostamisega. See tähendab, et Keskkonnaagentuur kasutab enda tööprotsessides kaugseiret üksnes teabe kogumiseks. Kuna asutused, kes on osa riiklikust metsakorraldusest

teevad tihedalt koostööd, siis on antud uurimuses lisaks Keskkonnaagentuurile kajastatud ka Keskkonnaameti ja Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) kaugseireandmete rakendamise praktikaid. Metsanduses on kaugseiret rakendatud lisaks metsandusandmete kogumisele ka metsainventeerimisel ehk metsa kirjeldamisel, metsa tagavara hindamisel, lageraie tuvastamisel ja erinevate metsandusalaste kaartide koostamisel nagu näiteks metsa kõrguse- ja tagavarakaart. Metsandusvaldkonnas kasutatavad kaugseire meetodid on: ortofotod, LIDAR ehk laserskaneerimise andmed, satelliitandmed ja vähesel määral droonid.

3. UURINGU TULEMUSED JA ARUTELU

Intervjuude analüüsimiseks on autor koostanud tabelid, et välja tuua intervjueeritavate peamised mõtted märksõnade abil. Intervjuude olulisemad vastused esitletakse tsitaatidena vastavate teemalõikude all. Analüüs on koostatud kolme erineva teema lõikes. Esmalt on vaadatud seda, kuidas kaugseiret täna rakendatakse avaliku sektori asutuste tööprotsessides ning miks üldse asutused otsivad kaugseirepõhiseid lahendusi. Seejärel, kuidas kaugseiret saaks veelgi ulatuslikumalt tööprotsessides kasutada ja missugust mõju see avaldab nii asutusele kui avalikkusele. Viimasena on toodud välja kaugseire rakendamise seotud väljakutseid, missuguseid piiranguid on esinenud seoses tänaste kaugseire lahendustega ning missugused on senised takistused tuleviku võimaluste realiseerimisel.

3.1. Kaugseire rakendamine täna

Analüüsimiseks, kuidas ja millistes tööprotsessides täna kaugseiret avaliku sektori asutustes kasutatakse, paluti intervjueeritavatel kirjeldada, missuguses etapis kaugseire kasutamine nende valdkonnas on, kuidas kaugseiret rakendatakse ning millist mõju nad on avaldanud tööprotsessidele. Lisaks sellele sai uuritud, mis suunab uuritava asutuse tegevuse valdkonnas kaugseiret rakendama.

Kõik uuringus osalenud asutuste esindajad tõid välja, et kaugseiret saab kasutada nii teabe kogumiseks kui ka tööprotsesside digitaliseerimiseks (vt Tabel 2). Ilmateenistuses on ilmavaatlejad asendunud sünoptikutega, kes kohapealsete vaatluste asemel analüüsivad ja prognoosivad ilma, kasutades kaugseireandmetel põhinevaid digitaalseid lahendusi. Tänu kaugseireandmete paremale kättesaadavusele, võrreldes lokaalsete vahenditega, on lisaks ilmainfo ja prognooside täpsuse paranemisele muutunud lihtsamaks ka spetsialistide töö, kuna kaugseire võimaldab saada rohkem andmeid ühest kohast.

„Spetsialisti vaatenurgast [...] ei ole nii stressikulukas. Ei pea muretsema, et infot ei ole, saab rahulikult infot analüüsida. Tal on rohkem informatsiooni ühes kohas. Ta ei pea tegelema info otsimisega.“ (Intervjuu 1 – Riigi Ilmateenistus)

Metsanduses kasutatakse kaugseiret eelkõige andmete kogumiseks ja vähem tööprotsesside digitaliseerimiseks. Kaugseireandmete põhjal on võimalik koguda andmeid metsa inventeerimiseks ehk kirjeldamiseks, metsade piiritlemiseks, hindamiseks ja kõrguste ning mahu määramiseks. Kogutud andmete põhjal on võimalik luua mitmesuguseid metsamajanduslikke andmekogusid ja kaarte, mis kirjeldavad Eesti metsavarude suurst, seisundit ja kasutamist. Andmete kogumine kaugseire teel võimaldab metsanduses vähendada rutiinsete ja ajakulukate tööde tegemist ning teha oletuslikke hinnanguid kohapeale minemata. Põllumajanduses on kasutatud kaugseireandmeid eelkõige tööprotsesside digitaliseerimiseks. Kaugseire rakendamine pakub objektiivseid hinnanguid ja on vähendanud põldude mõõtmiste ning rohumaade hooldamisega seotud nõuete kontrollimisele kuluvat aega. See võimaldab kontrollida väiksema ajaga suuremat taotlejate hulka ning saata jooksvalt meeldetuletusi kohustuslike tegevuste mitte täitmise osas. Tänu kaugseirele on vähem taotlejate eksimusi ja toetuste vähendamist ning on tagatud Euroopa Liidu fondide raha sihipärasem kasutus.

Võimalikke majanduslikke kasusid nähti eelkõige tööjõu või aja kokkuhoiu ja Euroopa Liidu fondide sihipärasema kasutuse näol. Lisaks toodi välja, et kaugseireandmete põhine teave võib majanduslikult kasu tuua ennetustegevuste näol. Näiteks tormihoiatuse või jääinfo puhul, kui varasem info olemasolu võimaldab teha paremaid otsuseid enda vara või liikumistrajektoori planeerimisega seoses.

„[...] muidugi kaugemas perspektiivis peaks andma ka siis võib-olla mingit majanduslikku efekti, et inspektorite aega kokku hoida. [...] komisjoni mõistes on see ka, et kui hõlmatud on kõik põllud seirele [...], siis on lihtsalt see raha kasutamine nagu õiglasem, et raha läheb ikkagi nendele, kes nõudeid täitnud.“ (Intervjuu 4 – PRIA)

„[...] kokkuhoid seisneb selles, et inimesed on paremini teadlikud, et tuleb torm ja on vaja midagi eemaldada oma hoovist. Või [...], Elektrilevi on paremini valmis. Rohkem vara kokkuhoidu, ei teki kadusid, et midagi läheb katki. Ja ilmaprognoosid koos hoiatustega on täpsemad.“ (Intervjueeritav 1 – Riigi Ilmateenistus)

„Aga kus kokkuhoiukoht tuleb, peaks nagu tulema, on tegelikult jäälõhkujate pealt. [...] Nende ülal hoida ja töö on tegelikult riigile meeletu kulu. [...] Jäälõhkuja jaoks on olulised jää lahvandused, et kui ta leiab selle ruttu ülesse ja läheb sõidab mööda lahvandustest või teised laevad sõidavad, siis see hoiab küttekulude pealt kokku.“ (Intervjuu 2 – Riigi Ilmateenistus)

Intervjuudest selgus, et kaugseire ei ole täielikult asendanud või digitaliseerinud ühtegi tööprotsessi. Peamisteks põhjusteks on toodud see, et kaugseire ja maapealsed andmed pigem täiendavad üksteist kui asendavad ning ilma manuaalsete ja kohapealsete mõõtmisteta või hindamiseta ei saa kontrollida, kui hästi töötavad kaugseirel põhinevad meetodid. Leitakse, et loodus on palju mitmekesisem, kui see, mida tehnika suudab tuvastada. Võrreldes kohapealsete täpsete hinnangutega, saab kaugseireandmete põhjal tihti teha üksnes oletuslikke hinnanguid.

„Igasse kohta ei ole võimalik mõõteriistu paigaldada või seirata igal pool. Kaugseire annab võimaluse vaadata ruumiliselt laiemalt. [...], ilma manuaalsete mõõtmisteta ei saa kontrollida, kui hästi töötab kaugseire meetodil põhinev algoritm. Alati tuleb mängu kvaliteedikontroll. Kaugseireandmed ja maapealsed andmed täiendavad teineteist.“ (Intervjuu 1 – Riigi Ilmateenistus)

„[...]Ainus asi, mida üritatakse natukene saada automatiseerida, on lageraie leidmine, aga see on ka niisugune kombineeritud, [...] see eeldab, et ka maapinnal mõõdetakse referents- või kalibreerimise proovitükke. [...] metsanäitajaid mis meile olulised, et kaugseirega, kas ei saa üldsegi või on väga kaudselt võimalik tuletada.“ (Intervjuu 6 – Metsandusvaldkond)

Kaugseire kasutuse suunitlus uuritavate asutuste valdkondades tuleneb nii asutuste enda motivatsioonist leida efektiivsemaid vahendeid teabepakkumiseks riigile ning avalikkusele laiemalt kui ka üleeuroopalistest teadusele ja arengule suunatud programmidest. Kui metsanduse ja ilmateenistuse valdkonnas on kaugseiret kasutatud juba aastakümneid ning igasugused täiendavad projektid pakuvad eelkõige arenguvõimalusi, siis PRIA puhul kaugseire laiaulatuslikum rakendamine tuleneb Euroopa Liidu Komisjoni nõuetest, mida on vaja täita Euroopa Liidu makseagentuurina. Samas PRIA-s nähakse, et kui kaugseiret ei oleks, siis alternatiiviks oleks jätkuvalt mahukad kohapealsed kontrollid, mis vajaks täiendavat tööjõudu.

Tabel 2. Kaugseire rakendamine täna kolme uuritud asutuse valdkonnas

Ilmateenistus	Põllumajanduse korraldus	Metsamajanduse korraldus
Peamised kaugseire kasutusala		
<ul style="list-style-type: none"> - ilmainfo analüüsimine ja lühiajaline ilma ennustamine; - kindlustusseltsidele ajaloolise ilmainfo väljavõtte tegemine; - lume ja jää tuvastamine; - vee- ja õhukvaliteedi tuvastamine; - veeõitsengu tuvastamine; - ülekuumenenud alade tuvastamine tulekahjude ennetamiseks. 	<ul style="list-style-type: none"> - ajaloolise seisuga tuvastamine vaiete lahendamisel; - niitmise tuvastamine; - põldude pindalade mõõtmine. 	<ul style="list-style-type: none"> - lageraielankide tuvastamine; - metsa hindamine; - metsa kõrguste ja mahu määramine; - metsainventeerimine ehk metsa kirjeldamine; - metsaosade piiritlemine.
Kaugseire mõju tööprotsessidele		
<ul style="list-style-type: none"> - ajakulu vähenemine; - andmete kättesaadavuse paranemine; - lokaalsete vaatluste asendumine kaugseirega; - tööjõu vajaduse kokkuvõtte; - välja antavate andmete kvaliteedi ja ajakohasuse paranemine. 	<ul style="list-style-type: none"> - EL fondide raha sihipärasem kasutamine; - objektiivsemad andmed; - põldude kohapealsete mõõtmiste ja nõuete kontrollimisele kuluva aja kokkuvõtte; - põldude mõõtmiste ja nõuete kontrollimise laiendamine suuremale hulgale põldudele; - võimalus saata jooksvalt taotlejatele meeldetuletusi tegevuste mitte täitmise osas; - vähem taotlejate eksimusi ja toetuse vähendamist. 	<ul style="list-style-type: none"> - lokaalsete mõõtmiste ja hindamise mahu vähenemine; - oletuslikke hinnanguid saab teha kohapeale minemata; - rutiinse töö ja ajakulu vähenemine.
Kaugseire kasutamise suunitlus		
<ul style="list-style-type: none"> - asutusesisene motivatsioon ja võimaluste leidmine; - Euroopa Meteoroloogiasatelliitide Kasutamise Organisatsiooniga liitumine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Euroopa Liidu Komisjoni nõuded toetuste rahastamise saamiseks; - Euroopa Teadusuuringute Ühiskeskuse pakutud võimalused. 	<ul style="list-style-type: none"> - pikaajalisest kasutamisest ja kasu tajumisest tulenev asutusesisene motivatsioon; - suur projektides osalemise võimalused.

Allikas: Autori koostatud läbi viidud intervjuude põhjal

3.2. Kaugseire kasutamise seotud tulevikuvaated

Selleks, et välja selgitada, milline on tulevikupotentsiaal uuritavate asutuste valdkondades seoses kaugseirega, sai intervjuus osalejatelt uuritud, missugustes tööprotsessides veel on asutustel plaanis lähitulevikus kaugseiret rakendada ja kuidas intervjuueeritavad ise näevad, missugused on kaugseire kasutamise võimalused nende valdkonnas. Lisaks sai uuritud, milline on kaugseire kasutamise mõju organisatsioonile ning avalikkusele laiemalt.

Tabelis 3 on näha, et ilmateenistuse valdkonnas keskendutakse eelkõige olemasolevatele lahendustele nagu näiteks jääkaardi ja tuleohutuse kaardi parendamisele. Samas toodi ilmateenistuses välja, et kaugseiret võiks kasutada näiteks öökülmade ja mulla niiskuse tuvastamiseks ning äikesepilvede liikumise ja arengute mudelite loomiseks. Mullaniiskuse tuvastamise vajalikkust nähti ka PRIA-s, kus leiti, et mullaniiskuse kaart oleks väga hea tööriist, selgitamaks välja piirkonnad, mis võivad olla mõjutatud liigniiskuse tõttu ja vajaksid täiendavaid toetusmeetmeid.

„Meil oleks vaja ka mingit niiskuse kaarti, mis ütleks, et vaat siin on märg, seal ei ole. Ma tean, Ilmateenistus on teinud niisuguseid asju. [...]. [...] huvigrupid tekivad, kes käivad seal ministeeriumis ja Riigikogus, et nüüd on vaja taotlejatele maksta mingeid täiendavaid rahasid sellepärast et nemad upuvad ära ja nemad ei saa oma vilja kätte.“ (Intervjuu 3 – PRIA)

Intervjuudest selgus, et käesoleval hetkel on PRIA peamine fookus pinnaseire süsteemi väljatöötamine, mis hõlmab endas kultuuride, maaharimise, rohumaade hooldamise (niitmise ja karjatamise) ja mitte-toetusõiguslike objektide tuvastamist (PRIA 2021). Pinnaseire süsteemi väljaarendamise nõue tuleneb Euroopa komisjoni seadustest, mis kohustab seirama kõiki põlde ja taotlejaid, et Euroopa Liidu Fondide raha sihipärane kasutus oleks veelgi paremini tagatud. See tähendab seda, et kui siiani on PRIA kasutanud kaugseiret üksnes põllu pindala mõõtmiseks ja pindalatoetuse tingimuste täitmist käidi valimipõhiselt kohapeal kontrollimas, siis uuest toetuste perioodist hakkavad põllupindalad tulema registrist, mille aluseks on ortofotod, ning nõuete täitmist hakatakse tuvastama satelliitpiltide alusel. Kaugemas tulevikus nähti veel kaugseire rakendamise võimalust poollooduslike koosluste hooldamise ja investeeringutoetuste valdkonnas rajatiste ja seadmete tuvastamise näol.

Metsanduses nähakse tulevikus aga eelkõige olemasolevate näitajate tuvastamise parendamist ja nende kasutamise laiendamist. Hetkel tegeletakse kaugseireandmetel põhineva puuliikide kaardi väljatöötamisega, mille kombineerimisel teiste tuvastatavate näitajatega saab teha täiendavaid hinnanguid, mis aitavad parandada metsainventeerimise kvaliteeti.

„[...] kui me vaatame seda puuliigikaarti ja siis sama kõrguste ja tagavarakaarti, siis põhimõtteliselt on see asi, et kus me saaksime nende kaartide kombineerimisel [...] anda mingisuguseid hinnanguid [...] mingite alade kohta [...], mis aitaks hinnata inventeerimisandmete kvaliteeti, mida me kontrollime.“ (Intervjuu 5 – Metsandusvaldkond)

Kuivõrd praegu kasutatakse metsanduses peamiselt aerofotosid ja LIDAR-i andmeid, siis nähakse, et satelliitandmed, mida praegu veel kasutatakse metsanduses vähe, annaksid tulevikus võimaluse koguda ajakohasemat teavet näiteks hooajaliste raiete kohta. Samuti Soome praktikale tuginedes leitakse, et lisaks puuliikide tuvastamisele võiks tulevikus olla võimalik määrata kaugseire teel ka metsapuude läbimõõtu.

Kõik uuritavate asutuste esindajad tõid välja, et ühelt poolt küll kaugseireandmete kasutamine vähendab tööjõu vajadust, kuid samas kasvab vajadus spetsialistide järele, kes oskaks neid andmeid töödelda ja nendest olulist informatsiooni koguda. Täpsemalt tõid intervjuueeritavad välja, et kaugseireandmetega töötamine nõuab nii üleüldist õppimis- ja analüüsivõimet kui ka kombineeritud teadmisi eriala spetsiifikast ja kaugseire tehnoloogiast.

„[...] see töö nõuab küllaltki kõrget kvalifikatsiooni. [...] see on niisugune küllaltki [...] laia profiiliga asi. Et sa pead üle käima kõigist nendest keskkonnapoolsetes külgedes, [...] peab olema niisugune loodusteaduslik taust. [...]“ (Intervjuu 3 – PRIA)

„[...] kaks asja mida sa oskama pead. Kasutada tarkvarasid, [...] teine asi, et sa pead ikka jagama, mida sa teed, mida näitaja endast kujutab. [...] sellepärast ikkagi meil need spetsialistid on, ikkagi vähemalt siin metsapoolel enamuse metsanduse haridusega.“ (Intervjuu 6 – Metsandusvaldkond)

PRIA puhul toodi lisaks välja asjaolu, et kui kaugseire võimaldab kontrollida suuremat maa-ala, siis see võib tõsta omamoodi töökoormust, kuid sellegi poolest ei ole vaja enam nii palju inspektoreid ja muutub lihtsalt töö iseloom.

„[...] seal kasvab töökoormusele natuke teisipidi [...], [...] kuna hõlmatud kõik taotlejad, kõik põllud, et seal on just nende järeltegevustega tegeleda, et siis [...] see töö iseloom, nagu muutub päris palju, sellist inspektorite armeed meil olema ei hakka, see jääb väiksemaks, aga see töö iseloom muutub.“ (Intervjuu 4 – PRIA)

Üleüldine asutustesisene suhtumine kaugseire praktikatesse ja võimalustesse on intervjuueeritavate sõnul hea. Inimesed hindavad kaugseire olulisust saadavate andmete näol ning selle eeliseid kohapealsete meetoditega. Samas tuuakse välja, et kohati ollakse ka liiga optimistlikud, võtmata arvesse kaugseirega seotud piiranguid.

„[...] üldine hinnang on nagu selline, et kaugseire suudab lahendada palju ja keerulisemaid asju hästi lihtsalt. [...] suur osa inimesi, kes arvavad, kaugseirega saab väga palju asju lahendada, ilmselt ei saa aru seda, et [...] kaugseirega lisatakse väga vähe infot, et see annab sellise tulemuse, kuna sinna on lisatud nii-öelda seda kvaliteetset välist infot, mis ei ole kaugseirega. Ja kui seda kvaliteetset välist infot ei oleks, siis kaugseire tegelikult ei anna mitte midagi.“ (Intervjuu 5 – Metsandusvaldkond)

Mõju avalikkusele hinnates leiti, et eelkõige tavainimeste jaoks seisneb kaugseire väärtus andmete kättesaadavuses. Asutused püüavad olla rohkem avatud nii andmete pakkumises kui oma tööprotsessides. Leiti, et inimesed ei peaks ise nii palju vaeva nägema andmete allalaadimise ja töötlemisega. Seetõttu proovitakse ka aina rohkem näidata avalikkusele andmeid lihtsustatud kujul, mis võimaldab tavainimesel olulist infot välja lugeda. Lisaks tõi PRIA välja, et kaasates kontrolli kõiki taotlejaid, muutub ka tööprotsess taotlejale vähem traumeerivaks, sest ei ole pidevat hirmu kontrollitavate põldude valimisse sattumise ees. PRIA sõnul ei ole nende eesmärk kedagi trahvida, vaid eelkõige on nende eesmärk tagada Euroopa Liidu rahade õige kasutus ning suunata taotlejaid oma ülesandeid täitma.

Tabel 3. Kaugseire kasutamise seotud tulevikuvaated kolme uuritud asutuse valdkonnas

Ilmateenistus	Põllumajanduse korraldus	Metsamajanduse korraldus
Kaugseire kasutamine lähitulevikus		
- olemasolevate kasutusvaldkondade edendamisele keskendumine.	- karjatamise tuvastamine; - maaharimise tuvastamine; - mitte toetusõiguslike objektide tuvastamine; - põllukultuuride tuvastamine.	- olemasolevate kasutusvaldkondade edendamisele keskendumine; - puuliikide tuvastamine.
Kaugseire potentsiaal nähtavas tulevikus		
- mulla niiskuse tuvastamine; - äikesepilvede liikumise ja arengute mudelid; - öökülmade tuvastamine.	- mulla niiskuse tuvastamine; - poollooduslike koosluste hooldamise tuvastamine; - rajatiste ja seadmete tuvastamine.	- jooksvate raiete tuvastamine satelliitpiltidelt; - metsapuude läbimõõdu diameetri tuletamine.
Kaugseire kasutamise mõju organisatsioonile		
- asutusesisene hinnanguline suhtumine positiivne, nähakse kaugseire kasulikkust; - automaatika teeb tööd, inimesed kontrollivad, reageerivad ja tagavad operatiivtööd; - tööjõu vajaduse vähenemine.	- asutusesisene hinnanguline suhtumine positiivne, nähakse kaugseire kasulikkust; - kasvab vajadus mitmekülgsete teadmistega spetsialistide järele; - töö iseloom muutub arvutikesksemaks; - tööjõu vajaduse vähenemine; - töömahu esialgne suurenemine kontrollitavate põldude arvu laiendamisel.	- asutusesisene hinnanguline suhtumine positiivne, nähakse kaugseire kasulikkust; - kasvab vajadus spetsialistide järele, kes oskavad kaugseireandmeid töödelda; - tööjõu vajaduse vähenemine.
Kaugseireandmete kasutamise mõju avalikkusele		
- operatiivne ilmainfo võimaldab vältida võimalikke varalisi kahjusid; - võimalus pakkuda rohkem ilmateavet avalikkusele mõistetaval kujul.	- toetuste taotlemise protsess taotleja jaoks toetavam.	- võimalus pakkuda metsanduse andmeid avalikkusele mõistetaval kujul.

Allikas: Autori koostatud läbi viidud intervjuude põhjal

3.3. Kaugseire kasutamise seotud väljakutsed

Kaugseire kasutamise seotud väljakutsetest ülevaate saamiseks sai intervjuueeritavatel uuritud, missuguseid piiranguid on esinenud seoses tänaste kaugseire lahendustega ning missugused on senised takistused tuleviku võimaluste realiseerimisel.

Vastavalt tabelile 4 selgus, et kõikides uuritavate asutuste valdkondades on tehnilised väljakutsed seotud eelkõige andmete kättesaadavuse, täpsuse ja töötlemisega. Lisaks andmete kvaliteedi-probleemidele leiti ilmateenistuses, et väljakutseks on ka satelliitandmestike avalikustamisega seotud andmekaitse piirangud ning erinevate riistvarade uuendamine suuremahulisemate satelliitandmestike töötlemiseks. Intervjuudes toodi välja, et kaugseireandmestike kasutamisel on oluline, et nende väljatöötamisel oleks arvesse võetud kohaliku piirkonna iseärasusi. Leiti, et erinevad andmestikud on väga spetsiifilised nii sisu kui ka formaadi poolest ning enne, kui konkreetset andmestikku rakendama hakatakse, tuleb välja selgitada, kas need on Eesti territooriumi jaoks sobivad.

„Satelliitandmed on keerukad, spetsiifilised, oma formaatides ja erinevad. On vaja välja selgitada, mis infot saaks Eestis kasutada. Mitte iga allikas on sobiv meie territooriumi jaoks.“ (Intervjuu 1 – Riigi Ilmateenistus)

„[...] Euroopa on ikkagi riigiti ja piirkonniti niivõrd erinev [...], olnud ka projekte, mis on Euroopa tasemel tehtud ja kus on ikkagi tulnud välja, et Eesti kohta need andmestikud on ikka täitsa jamad. Et kui ei ole kaasatud kohalikke inimesi või kohalikke asju, see on arvestatud, et selles mõttes ta on, kaugseire on väga suured.“ (Intervjuu 6 – Metsandusvaldkond)

Kasutatavate kaugseire meetodite valik sõltub sellest, missuguseid andmeid uuritava asutuse valdkonnas on vaja ja missugused meetodid seda suudavad pakkuda. Intervjuude käigus selgus, et kõikide asutuste jaoks on satelliitandmete täpsuse ja katvuse osas arenguruumi. Satelliitpiltide kasutamise peamiseks piiranguks peetakse selle madalat resolutsiooni, mis intervjuueeritavate sõnul takistab täpsete hinnangute tegemist, sest üks piksel katab 10-20 meetrit ja selle põhjal on tihti võimalik ainult oletada, mis uuritava alal täpselt on. Lisaks toodi välja, et satelliitpiltide puhul on väljakutseks ka ette jäävad pilved ning asjaolu, et pildid ei kata ära kogu uuritavat ala. Satelliitandmete, nii piltide kui radari andmete, suureks eeliseks võrreldes teiste meetoditega toodi

kõikide asutuste lõikes välja see, et satelliitandmeid on võimalik saada tihemini. Kuigi ortofotode eeliseks peetakse seda, et see annab väga hea ülevaate uuritaval alal toimuvast, kuna sellel ei ole nii palju segavaid faktoreid pilvede ja kauguse näol, siis leiti, et suurimaks piiranguks on asjaolu, et neid tehakse Maa-ameti poolt ainult kord aastas.

„[...] satipiltide häda on see vähemalt Eesti oludes, et [...] tal on see piiratud territoorium. Ortofotode pluss on see, et see territoorium on pool Eestit. No mahub siia poole Eesti peale ikka päris palju neid ära. Ja noh, probleem on ainult siis, kui ta on seal Kesk-Eestis piiri peal, mõned sees mõned väljas, no siis ta tuleb sama mure ette nagu, nagu nüüd nendel satipiltidel.“ (Intervjuu 3 – PRIA)

„[...] kui me tellime satipildid, siis me tellime nad [...] kõige magusamaks ajaks, kui need piirid on hästi näha. Aga Maa-ameti lendude maht on nii suur, et nad hakkavad varakevadel pihta. [...] seal on niisuguseid kohti, kus meil pilt on küll, aga mõõta ei saa, sest et põldu ei ole selleks ajaks veel maha tehtud, kui nemad juba lendasid.“ (Intervjuu 3 – PRIA)

Seejuures LIDAR-i andmeid, mida kasutatakse metsanduses, saadakse kaheaastase intervalliga. Olenemata sellest, missugust meetodit kasutatakse, võib juhtuda, et konkreetse uuritava ala kohta ei olegi andmeid saada, sest kasutatavad andmete kogumismeetodid kas ei kata seda ala või ei ole piisavalt täpselt. Seetõttu saab näiteks metsa seisundi hindamiseks kasutada kaugseiret eelkõige üldiste keskmiste hindamiseks.

„Üldiste tulemise, [...], ma arvan, et see on väga hea, väga hea lahendus metsanduse rakenduses. Aga kui me räägime kohapealse hinnangu asendamiseks kaugseire hinnanguga, siis see antud hetkel ei ole [...] on, see väga suure veaga realiseeritav.“ (Intervjuu 5 – Metsandusvaldkond)

Kõikide valdkondade intervjuudes toodi välja, et selleks, et saada kaugseireandmetest mingisuguseid kasutamiseväärseid tulemusi, on vaja keerukaid andmetöötlusmeetodeid, mida tihti kas ei ole välja suudetud töötada või on kasutamiseks liiga mahukad. Andmetöötluse koormuse vähendamiseks saab intervjuueeritavate sõnul kasutada erinevaid tehnoloogiaid nagu näiteks masinõpe. Tehnoloogiliste lahenduste eelduseks peetakse kvaliteetseid algandmeid, mille kogumine on keeruline, sest puuduvad vajalikud ressursid. Selleks, et automaatprotsessi saaks laiendada ja käsitööd jääks vähemaks, on PRIA otsetoetuste juhtivspetsialisti sõnul oluline iga aasta saadud tulemusi analüüsida ja loodud algoritme parendada.

„[...] kui me räägime siin arvuti kasutamisel on mingisugused masinõppemeetodid või mingisugused muud. [...] need meetodid head, aga probleem on selles, et selleks, [...] tulemust kätte on vaja nagu eelnevalt kuskilt väljastpoolt neid kvaliteetseid andmeid, [...]mis suudavad sellele meetodile nii-öelda piisavalt hea näidise teha, [...]. [...] kvaliteetsete algandmete loomine on väga kallid. Ja kui me tahame, et mida rohkem me tahame seda tulemust saada, seda kallimaks läheb. [...] töötlus on nagu arvutusvõimsus või see on nagu odav, eks ole, see nagu kuidagimoodi ei päästa meid, [...], sest algandmete kvaliteeti ei ole.“ (Intervjuu 5 – Metsandusvaldkond)

„[...] üritati ka automatiseerida jäätüüpe masinõppe abil, [...], aga seal tekkiski see probleem, et kuna neid inimesi väga ei ole enam, kes neid vaatlusi teevad. [...] Ja neid andmeid ei olnud tõenäoliselt ikkagi piisavalt, et seda head masinõpet teha, [...] Et masinõppe puhul on ikkagi seda inimesilma juurde vaja, et teisiti mitte kuidagi ei saa seda automatiseerimist teha. (Intervjuu 2 – Riigi Ilmateenistus)

Organisatorsete väljakutsetena leiti kõikides asutustes, et üheks väljakutseks on vajalike teadmiste ja oskustega spetsialistide leidmine. Intervjuudest selgus, et selliseid inimesi, kes teaks nii valdkonna kui ka kaugseire spetsiifikat, on vähe. Inimeste leidmisel tuleb neid tihti koolitada, mis on asutuste jaoks omakorda aeganõudev ja kulukas protsess. Lisaks spetsialistide puudusele on Riigi Ilmateenistuse sünoptiku sõnul raske leida ka valdkonnaga tuttavaid koostööpartnereid. Metsanduses leitakse, et valdkonnapõhise kaugseire rakendamise killustatuse vähendamiseks oleks abi koordinaatorist, kes seda kõike juhiks.

PRIA sõnul on ilma varasema kogemuseta keeruline sõnastada oma eesmärgid. Olles rohumaade tuvastamisel kaugseirega ühtede esimeste seas, ei olnud PRIA-l kellelki nõu küsida, mistõttu pidid nad arenduste käigus kõik ise läbi katsetama ja selle põhjal järeldusi tegema. Täiendav väljakutse on PRIA jaoks ka vajaliku ressursi leidmine, sest hästi toimiva süsteemi puhul on oluline piisav arendus- ja hooldusressurss. PRIA leiab, et kaugseire rakendamine nõuab muudatusi nii PRIA tööprotsessides kui ka kliendi ja taotleja vaates.

Tabel 4. Kaugseire kasutamise seotud väljakutsed kolme uuritud asutuse valdkonnas

Ilmateenistus	Põllumajanduse korraldus	Metsamajanduse korraldus
Kaugseire kasutamise seotud tehnilised piirangud		
<ul style="list-style-type: none"> - alade katvus; - andmekaitsega seotud piirangud; - andmemahu ressursi kasv; - andmete ebatäpsus; - andmete kättesaadavus sõltub pilvkattest; - andmetöötluse meetodite keerukus; - kaugseire meetodi vaatenurgad (ülevalt-alla); - kõik satelliitandmestikud ei ole laiendatavad Eesti territooriumil; - sisendandmete olemasolu masinõppeks. 	<ul style="list-style-type: none"> - alade katvus; - andmete kogumise ajastus; - andmete kättesaadavus sõltub pilvkattest; - andmete täpsuse pidev parendamine; - satelliitpiltide madal resolutsioon. 	<ul style="list-style-type: none"> - andmemahu ressursi kasv; - andmete ajakohasus; - andmete ebatäpsus; - andmetöötluse meetodite keerukus; - kõik andmetöötlusmeetodid ei ole laiendatavad Eesti territooriumil; - satelliitpiltide madal resolutsioon; - sisendandmete olemasolu masinõppeks.
Kaugseire kasutamise seotud organisatsioonilised väljakutsed		
<ul style="list-style-type: none"> - arenduse koostööpartnerite leidmine; - spetsialistide puudus. 	<ul style="list-style-type: none"> - hoolduskulude kasv; - olemasolevate tööprotsesside ümberkorraldamine; - piiratud arendusressurss; - spetsialistide koolitamine on pikk ja kulukas protsess; - spetsialistide puudus; - täpsete vajaduste väljaselgitamine. 	<ul style="list-style-type: none"> - spetsialistide koolitamine on pikk ja kulukas protsess; - spetsialistide puudus; - valdkondliku koordineerija puudumine.

Allikas: Autori koostatud läbi viidud intervjuude põhjal

3.4. Järeldused ja ettepanekud

Antud uurimuse eesmärgiks oli välja selgitada kaugseire tänased kasutuspraktikad valimisse kuuluvates organisatsioonides ning seeläbi saavutatud tulemused, kaugseire tulevikupotentsiaal ja seonduvad tajutud kitsaskohad. Järgnevalt antakse ülevaade töös saadud tulemustest ning tuuakse välja ettepanekud ja soovitused kaugseireandmete efektiivsemaks rakendamiseks.

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks uuriti kõigepealt, kuidas kaugseiret täna rakendatakse avaliku sektori asutustes ja missugune on selle mõju tööprotsessidele ning miks üldse asutused otsivad kaugseirepõhiseid lahendusi. Uuringus osalenud asutused pidasid kaugseiret väga oluliseks osaks oma valdkonna tööprotsessides, tuues välja asjaolu, et kaugseire võimaldab lisaks meid ümbritseva keskkonna kohta teabe kogumisele ka tööprotsesse digitaliseerida. Vastavalt uurimistulemustele kasutatakse kaugseireandmeid ilmasituatsioonide analüüsimisel ja ilma ennustamisel, põllumajanduslike pindalapõhiste toetuste menetlemiseks ning metsanduslike statistikate koostamisel ja metsaandmete kogumisel. Kõige laiaulatuslikumalt kasutab kaugseiret Eestis Riigi Ilmateenistus, mis läheb kokku nii teooria (Leese 1987; Sadlier *et al.* 2018) kui ka autori ootusega. Kaugseire rakendamine pakub asutustele võimalust osaliselt asendada varasemalt kohapeal tehtud vaatlused ja mõõtmised digitaalsete kaugseireandmetel põhinevate lahendustega, hoides seeläbi kokku nii inim- kui ka ajaressurssi.

Suunitlus kaugseire kasutamiseks tuleneb uuritavate asutuste enda motivatsioonist leida efektiivsemaid vahendeid teabe pakkumiseks või üleeuroopalistest teadusele ja arengule suunatud programmidest. See läheb kokku ka töö teooriaga, et kaugseire kasutamist ei tohiks võtta pelgalt kui keskkonna jälgimist, vaid see peaks olema osa poliitiliste valdkondade prioriteetide elluviimisel ning kaugseire võimalused peaksid olema kaasatud valdkondlikes arengukavadesse ja riiklikesse programmidesse (Noorma *et al.* 2020). Lisaks leiti uuritavates asutustes kinnitust sellele, et kaugseirega ei ole võimalik ühtegi protsessi täielikult digitaliseerida (Kutser 2007 viidatud Peterson *et al.* 2008). Peamiseks põhjuseks toodi välja, et kaugseire ja maapealsed andmed pigem täiendavad üksteist kui asendavad ning ilma manuaalsete ja kohapealsete mõõtmisteta või hindamiseta ei saa kontrollida, kui hästi töötavad kaugseirel põhinevad meetodid. Kuigi teooria kohaselt (Sadlier *et al.* 2018) on võimalik hinnata kaugseire kasutuselevõtu majanduslikku kasu, siis intervjueeritavad uuringu raames konkreetseid hinnanguid välja ei toonud. Seda eelkõige sellepärast, et kas seda ei ole mõõdetud või kaugseire rakendamine on alles

sellises faasis, et selle kasu ei ole veel olnud võimalik hinnata. Võimalikke majanduslikke kasusid nähti tööjõu või aja kokkuhoiu ja Euroopa Liidu fondide sihipärasema kasutuse näol.

Teisena uuriti, milline on tuleviku potentsiaal uuritavate asutuste valdkondades seoses kaugseirega ja missugust mõju see avaldab nii organisatsioonile kui avalikkusele. Kõik intervjueeritavad leidsid, et tulevikus on kaugseiret võimalik laiaulatuslikumalt rakendada. Võttes arvesse, et meteoroloogia valdkond on kaugseire alal kõige suurema kogemusega (Leese 1987; Sadlier *et al.* 2018) on ootuspärane, et ilmateenistuse valdkonnas keskendutakse eelkõige olemasolevatele lahendustele nagu näiteks jääkaardi ja tuleohutuse kaardi parendamisele. Lisaks ilmateenistuse valdkonnale nähti ka metsanduse valdkonnas tuleviku potentsiaali hinnates eelkõige olemasolevate näitajate tuvastamise parendamisele keskendumist. Põllumajanduses on plaan laiendada, tulenevalt Euroopa Liidu nõuetest, kaugseire kasutamist veelgi, hakates seirama kultuuride tuvastamist, karjatamist, maaharimist ja mitte toetusõiguslikke objekte.

Uuringu tulemusena selgus, et kui kaugseiret on võimalik rakendada kohapealsete vaatluste ja mõõtmiste asemel, siis vähendab see organisatsioonis mingil määral tööjõu vajadust, töö iseloom muutub arvutikesksemaks ning inimese roll tööprotsessides muutub rohkem kontroll-funktsiooniks. Kaugseire mõju avalikkusele nähakse eelkõige võimalusena pakkuda inimestele rohkem teavet valdkonna kohta neile mõistetaval kujul. Intervjuudes leiti, et operatiivne ilmainfo aitab inimestel vältida ilmast tulenevaid võimalikke kahjusid ning PRIA ülevaatlikum kontroll toetusmeetmete nõuete täitmise osas võimaldab taotlejaid suunata õigele teele enne, kui PRIA peab võtma kasutusele täiendavaid meetmeid.

Viimasena vaadati kaugseire rakendamise seotud väljakutseid. Selleks uuriti, missuguseid piiranguid on esinenud seoses tänaste kaugseire lahendustega ning missugused on senised takistused tuleviku lahenduste puhul. Uuringu tulemusena selgus, et peamised tehnilised väljakutsed kolme uuritava asutuse valdkonnas on seotud eelkõige andmete kättesaadavuse, täpsuse ja töötlemisega, mis vastab ka töö teoorias välja toodud peamistele tehnilistele piirangutele (Dubovik 2021), mis võivad esineda kaugseire rakendamisega. Peamiseks organisatoorseks väljakutseks nähti erialaste ja kaugseire spetsiifiliste teadmistega spetsialistide puudust. Intervjuudes toodi välja, et vastavaid spetsialiste on keeruline leida ning inimeste leidmisel tuleb neid tihti koolitada, mis on asutuste jaoks omakorda aeganõudev ja kulukas protsess. Lisaks vajavad igasugused uuendused asutustes täiendavat ressursi nii tööprotsesside ümber korraldamisel, kui ka arendus- ja hoolduskulude puhul.

Selleks, et kaugseiret oleks võimalik uuritavates asutustes või ka muudes avaliku või erasektori asutustes rakendada efektiivsemalt, tegi töö autor neli ettepanekut. Vastavalt töö teoreetilisele osale on oluline, et avaliku ja erasektori ning akadeemilise kogukonna vahel oleks vastastikku motiveeriv koostöö, kus erinevad osapooled oleksid teadlikud koostöö võimalustest ning valdkonna arengusuundadest (Noorma *et al.* 2020). Sellest tulenevalt on soovitus uuritavatele asutustele vajalike koostööpartnerite ja ekspertide leidmiseks, suurendada teabevahetust nii teiste avaliku sektori asutuste kui ka akadeemilise kogukonna ja erasektoriga. Teabevahetus võiks hõlmata nii olemasolevate lahenduste kui ka valdkonna arengusuundade infot. Pidev kaasamine uurimis- ja arendustegevuse faasis võimaldaks avalikul sektoril juhtida tehnoloogia ja ekspertide teadmiste arengut tulevaste nõuete täitmiseks, mis omakorda tulevikus ehk kiirendaks rakenduste valmimist ja vastuvõtmist.

Samuti on võimalik uuritavatel asutustel valdkonna populariseerimiseks ja tulevaste ekspertide leidmiseks pakkuda kaugseirealaseid õppe- või praktikaprogramme nii loodusteadusliku kui ka näiteks majandusteaduskonna taustaga üliõpilastele. Kuigi intervjueritavad tõid välja, et lisaks kaugseirealastele teadmistele on olulised ka konkreetse valdkonna põhised teadmised, siis töö autor leiab, et tööprotsesside digitaliseerimisel tulevad kasuks ka üldisemad juhtimisalased teadmised, mis võimaldavad organisatsioonil digitaliseerimiseks vajalikke eesmärke püstitada, olemasolevaid tööprotsesse kohendada ning uusi praktikaid rakendada (Truant *et al.* 2021).

Selleks, et nii asutuse valdkonnasisene kui ka erinevate valdkondade ülene kaugseirealane koostöö paremini sujuks, soovitab töö autor määrata igas valdkonnas kaugseire koordinaator, kellel oleks tehniline arusaam andmete võimalikust väärtusest juhtimise ja otsuste tegemise jaoks, ning kes on valmis tegema koostööd erinevate asutuste ametnikega. (National Research Council 2003)

Kuna tehnoloogia areneb kiiresti, siis on oluline, et asutused oleks kursis, millised tehnoloogilised võimalused olemas on, sest uute kaugseire meetodite operatiivne kasutuselevõtt võib pakkuda asutustele täiendavaid võimalusi ressursside kokkuhoiuks (Noorma *et al.* 2020). Kaugseireandmete kättesaadavuse ja täpsusega seotud probleeme võiks aidata lahendada täiendavate kaugseireandmestike kasutuselevõtt näiteks droonide ja kommertssatelliitide näol, mis pakuvad suurema ruumilise lahtusega andmeid (Sadlier *et al.* 2018; Noorma *et al.* 2020). See võimaldaks uuritavatest objektidest saada oluliselt detailsemat infot (Noorma *et al.* 2020), mis omakorda võiks autori meelest vähendada veelgi kohapealsete vaatluste vajadust.

KOKKUVÕTE

Magistritöö uurimisprobleemiks on lünklik teadmine Eesti avaliku sektori asutuste kaugseire kasutusest ja vastavate protsesside arenemisest. Uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada kaugseire tänased kasutuspraktikad valimisse kuuluvates organisatsioonides ning seeläbi saavutatud tulemused, kaugseire tulevikupotentsiaal ja seonduvad tajutud kitsaskohad. Eesmärgi saavutamiseks käsitleti kõigepealt kaugseire olemust ja selle väljakujunemist, tuginedes varasemale kirjandusele. Lisaks andis töö autor ülevaate kaugseire kasutusvaldkondadest, selle rakendamise Eestis ning tõi välja kaugseire kasutamise seotud eelised ja piirangud.

Teoreetilistele alustele toetudes viidi töö empiirilises osas läbi kvalitatiivne mitmene juhtumiuuring, mille käigus intervjueriti kolme avaliku sektori asutuse kuute spetsialisti. Uuritavateks asutusteks olid Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet, Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistuse üksus ja Keskkonnaagentuuri Keskkonnaseisundi üksuse metsanduse valdkond. Olenemata sellest, et Riigi Ilmateenistus ja Keskkonnaseisundi üksuse metsanduse valdkond kuuluvad mõlemad Keskkonnaagentuuri alla, käsitletakse antud uurimistöös neid eraldiseisvate asutustena, sest nende tegevusvaldkonnad ja tööprotsessid ei kattu.

Intervjuude läbiviimisel kasutati poolstruktureeritud intervjuusid. Intervjuude põhi oli jaotatud nelja kategooriasse, mis sisaldasid suunavaid küsimusi. Fookusteemadeks olid kaugseire tänased rakendused, missugused eelised ja piirangud seoses kaugseire kasutusega on, missugused on tulevikuvaated ja kaugseire kasutamise mõju organisatsioonile ning avalikkusele laiemalt. Läbiviidud intervjuud said analüüsitud, kasutades nii juhtumipõhist kui juhtumiülest analüüsimeetodit.

Analüüsi tulemusena selgus, et kõik uuringus osalenud asutused peavad kaugseiret väga oluliseks osaks oma valdkonna tööprotsessides, tuues välja asjaolu, et kaugseire võimaldab lisaks meid ümbritseva keskkonna kohta teabe kogumiseks ka tööprotsesse digitaliseerida. Kaugseire rakendamine pakub asutustele võimalust osaliselt asendada varasemalt kohapeal tehtud vaatlused ja mõõtmised digitaalsete kaugseireandmetel põhinevate lahendustega, hoides seeläbi kokku nii

inim- kui ka ajaressurssi. Suunitlus kaugseire kasutamiseks tuleneb uuritavate asutuste enda motivatsioonist leida efektiivsemaid vahendeid teabe pakkumiseks või üleeuroopalistest teadusele ja arengule suunatud programmidest.

Tulevikupotentsiaali hinnates nähti võimalusi nii olemasolevate näitajate tuvastamise parendamises kui ka tööprotsesside digitaliseerimises. Kui ilmasteenistuse ja metsanduse valdkonnas nähti tulevikus eelkõige näitajate parendamisele keskendumist, siis põllumajanduses hakatakse kaugseiret kasutama ka kultuuride, karjatamise, maaharimise ja mitte toetusõiguslike objektide tuvastamisel. Uuringu tulemusena selgus, et kui kaugseiret on võimalik rakendada kohapealsete vaatluste ja mõõtmiste asemel, siis vähendab see organisatsioonis mingil määral tööjõu vajadust, töö iseloom muutub arvutikesksemaks ning inimene täidab tööprotsessis rohkem kontrollfunktsiooni. Mõju avalikkusele nähakse eelkõige võimalusena pakkuda inimestele rohkem teavet valdkonna kohta neile mõistetaval kujul. Peamised tehnilised väljakutsed olid seotud andmete kättesaadavuse, täpsuse ja töötlemisega. Organisatoorse väljakutsena nähti erialaste- ja kaugseirespetsiifiliste teadmistega spetsialistide puudust.

Kaugseire efektiivsemaks rakendamiseks nii avalikus kui ka erasektoris andis töö autor soovitusi nii kaugseirealaste spetsialistide ja koostööpartnerite puuduse leevendamiseks kui ka valdkonna koordineerimiseks ja täiendavate kaugseireandmetike kasutamiseks. Töö autor leiab, et tulevikus on antud teemat kindlasti huvitav edasi uurida ning mõista, milline on kaugseire rakendamise majanduslik kasu Eesti avalikule sektorile pikemas perspektiivis.

Magistritöö eesmärk sai täidetud ning autori hinnangul on tõenäoline, et huvi kaugseire rakendamise vastu kasvab Eestis veelgi, kui erinevate valdkondade spetsialistide teadlikkus sellest valdkonnast tõuseb ning riik kaasab oma kaugseirealastes tegemistes erinevaid osapooli.

SUMMARY

REMOTE SENSING APPLICATIONS AND POTENTIAL IN THREE PUBLIC SECTOR INSTITUTIONS WORK PROCESSES

Kaidi Kammer

The research problem of this master's thesis is lack of knowledge of the use of remote sensing in Estonian public sector institutions and transformation of respective processes. The aim of this master's thesis is to find out current practices of remote sensing in the chosen organizations and results achieved, future potential of remote sensing and related perceived barriers. To achieve these goals, the author set to answer the following research questions:

- 1) How is remote sensing applied in existing work processes?
- 2) What is the potential use of remote sensing in the foreseeable future?
- 3) What impact will the introduction of remote sensing have on the organization and the public?
- 4) What are the perceived challenges related to the implementation of remote sensing?

To find answers to research questions, the author conducted a qualitative multiple case study among three Estonian public sector institutions. The institutions were Agricultural Registers and Information Board, Estonian Weather Service and Environment Agency field of forestry.

The master's thesis consists of three chapters. The first chapter takes a theoretical approach, where author gives an overview of remote sensing nature and its development, the areas of use of remote sensing, implementation in Estonia and its advantages and limitations. The second chapter of thesis describes the methodology of present study. The third chapter gives an overview of the results of the survey and conclusions.

The results of the survey revealed that institutions participating in the study consider remote sensing to be a very important part of their work processes, pointing out the fact that remote

sensing not only allows us to gather information about our environment but also helps to digitalize work processes. The implementation of remote sensing offers organizations the opportunity to partially replace previous field observations and measurements with digital solutions based on remote sensing data, saving both human and time resources. The tendency to use remote sensing stems from the motivation of researched organizations themselves to find more effective means of providing information or from pan-European research and development programs.

Assessing the future potential, opportunities were seen both to improve the identification of existing indicators and to digitize work processes. While in the field of weather services and forestry the future focus was on improving existing indicators. Remote sensing will also be used in agriculture to identify crops, grazing, land cultivation and non-eligible sites. The study revealed that if on-site observations and measurements are replaced with remote sensing, it will reduce the need for manpower in the organization to some extent. The nature of work will become more computer-centric and the role of people in work processes will become more as control function. Impact on the public is seen primarily as an opportunity to provide people with more information about the field in a way that they can understand. The main technical challenges are related to data accessibility, accuracy and processing. The lack of specialists with knowledge and expertise in remote sensing was seen as an organizational challenge.

To implement remote sensing more effectively in both the public and private sectors, the author gave recommendations to alleviate the shortage of remote sensing specialists and partners, as well as to coordinate the field and use additional remote sensing data. Author of the thesis finds that in the future it would be interesting to further study this topic and understand the long-term economic benefits of implementing remote sensing for Estonia public sector.

The aim of present research was fulfilled and author estimates that the interest in the implementation of remote sensing will increase in Estonia in case of awareness of specialists in this field increases and Estonian government also involves various parties in its remote sensing activities.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Barrett, E.C., Curtis, L.F. (1976). *Introduction to Environmental Remote Sensing*. London, UK: Chapman and Hall, London.
- Black, K. (2010). *Business Statistics: Contemporary Decision Making* (6th ed), USA: John Wiley & Sons.
- Campbell, J.P., Whyhne, R.H. (2011). *Introduction to Remote Sensing* (5th ed). New York, USA: Guilford Publications.
- Cracknell, A.P. (2018). The development of remote sensing in the last 40 years. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (23), 8387-8427.
- Dubovik, O., Schuster, G.L., Xu, F., Hu, Y., Bösch, H., Landgraf, J., Li, Z., (2021). Grand Challenges in Satellite Remote Sensing. *Frontiers in Remote Sensing*, 2.
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *The Academy of Management Review*, 14 (4), 532-550.
- Fusell, J., Rundquist, D. (1968). On Defining Remote Sensing. *Photogrammetric Engineering And Remote Sensing*, 52 (9), 1507-1511.
- Hall, O. (2010). Remote Sensing in Social Science Research. *The Open Remote Sensing Journal*, 3, 1-16.
- Holz, R.K. (1973). *The Surveillant Science: Remote sensing of the environment*. Boston, USA: Houghton Mifflin.
- Ilm.* Keskkonnaagentuur. Kättesaadav: <https://keskkonnaagentuur.ee/keskkonnaseire-ja-analuusid/ilm>, 08. aprill. 2022.
- Kalmus, V., Masso, A., Linno, M. (2015). *Kvalitatiivne sisuanalüüs*. Kättesaadav: <https://samm.ut.ee/kvalitatiivne-sisuanalyys>, 02. aprill 2022.
- Kaugseire.* Riigi Ilmateenistus. Kättesaadav: <https://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/mootetehnika/kaugseire/aikesedetektorid/>, 30. märts 2022.
- Kula, K. (2021). *Keskkonnaagentuuri uudse jääkaardi abil on võimalik jälgida kogu Eesti jääinfot*. Kättesaadav: <https://keskkonnaagentuur.ee/uudised/keskkonnaagentuuri-uudse-jaakaardi-abil-voimalik-jalgida-kogu-eesti-jaainfot>, 30. märts 2022.

- Kumar, N., Yamaç, S.S., Velmurugan, A. (2015). Applications of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management. *Journal of the Andaman Science Association*, 20 (1), 1-6.
- Kutser, T. (2007). *Mere kaugseire pikaajaline programm*. Riikliku keskkonnaseire aruanne. TÜ Eesti mereinstituut.
- Laherand, M.-L. (2008). *Kvalitatiivne uurimus*. Tallinn: OÜ Infotrükk.
- Lang, M., Kaha, M., Arumäe, T. (2018). Kaugseire praktilised metsanduslikud rakendused – puistute liigilise koosseisu kaardistamine ja harvendusraiate tuvastamine. Peterson, U., Lillemaa, T., (toim), *Kaugseire Eestis 2018* (69-76). Tartu: Tartu Observatoorium.
- Lary D.J., Zewdie, G.K., Daji Wu, X.L., Levetin, E., Allee, R.J., Malakar, N., Walker, A., Mussa, H., Mannino, A., Aurin, D. (2018). Machine Learning Applications for Earth Observation. Mathieu, P.-P., Aubrecht, C. (toim), *Earth Observation Open Science and Innovation* (165-218). Šveits: Springer Nature.
- Leese, J.A. (1987). Remote sensing applications in the meteorology and operational hydrology programmes of WMO. *Advances in Space Research*, 7 (3), 49-57.
- Liang, S., Wang, J. (2019). *Advanced Remote Sensing: Terrestrial Information Extraction and Applications*. USA: Academic Press.
- Maheshwari, S., (2013). *Remote Sensing Delivers Value to Local Governments*. Kättesaadav: <https://eijournal.com/print/column/industry-insights/remote-sensing-delivers-value-to-local-governments-2>, 31. märts 2022.
- Metsaseadus RT I 2006, 30, 232.
- Mets*. Keskkonnaagentuur. Kättesaadav: <https://keskkonnaagentuur.ee/keskkonnaagentuuri-tegevusvaldkonnad/mets>, 29. märts 2022.
- National Research Council (2003). *Using Remote Sensing in State and Local Government: Information for Management and Decision Making*. Washington, DC: The National Academies.
- Noorma, A., Jakobson, L., Lang, M., Kutser, T., Oja, T., Uiboupin, R., Voormansik, K., Puust, R., Post, P., Sepp, K., Liibus, A. (2020). *Kaugseire Andmete Kasutuselevõtt Avalike Teenuste Väljatöötamisel Ja Arendamisel*. Tartu: Eesti Teadusteagentuur.
- Norton, S. (2019, 14. november). *Use of geospatial AI for business development*. [ajaveebipostitus]. Kättesaadav: <https://www.geospatialworld.net/blogs/geospatial-ai-for-business-development/>. 31. oktoober 2021.
- Organisatsioon*. Keskkonnaagentuur. Kättesaadav: <https://keskkonnaagentuur.ee/asutus-uudised-ja-kontakt/organisatsioon>, 29. märts 2022.
- Organisatsioon*. PRIA. Kättesaadav: <https://www.pria.ee/organisatsioon>, 18. aprill 2022.

- Peterson, U., Eerme, K., Lang, M., Nilson, T., Kuusk, A., Väljataga, K. (2008). Kaugseire koht ja tähendus loodusandmete kogumises ning andmetöötluses. Väljataga, K., Kaukver, K. (toim), *Kaugseire Eestis 2008* (8-16). Tartu: Tartu Observatoorium.
- Peterson, U., Lillemaa, T. (toim) (2016). *Kaugseire Eestis 2016*. Tartu: Tartu Observatoorium.
- Peterson, U., Lillemaa, T. (toim) (2018). *Kaugseire Eestis 2018*. Tartu: Tartu Observatoorium.
- PRIA pinnaseire kasutuselevõtu analüüs 2021.
- Pruitt, E. L. (1979). The Office of Naval Research and Geography. *Annals of the Association of American Geographers*. 69 (1), 106.
- Raudvere, K. (2014). Kaugseire vahendite kasutamine pindalatoetuste kontrollimisel aastatel 2005–2013. Aan, A., Narusk, K. (toim), *Kaugseire Eestis 2014* (111-119). Tartu: Tartu Observatoorium.
- Read, J.M., Torrado, M. (2009). Remote Sensing. *International Encyclopedia of Human Geography*. New York: Elsevier.
- Reeves, R.G., Anson, A., Landen, D. (1975). *Manual of Remote Sensing* (1st ed). Falls Church: American Society of Photogrammetry.
- Reinart, A., Vain, A. (2016). Copernicus – Euroopa jälgib Maad. Peterson, U., Lillemaa, T., (toim), *Kaugseire Eestis 2016* (9-17). Tartu: Tartu Observatoorium.
- Sabins, F.F. (1978). *Remote Sensing: Principles and Interpretation*, San Francisco, USA: W. H. Freeman and Co.
- Sadler, G., Flytkjaer, R., Sabri, F., Robin, N. (2018). *Value of satellite-derived Earth Observation capabilities to the UK Government today and by 2020: Evidence from nine domestic civil use cases*, London, Suurbritannia: London Economics.
- Salomonson, V.V. (2014). Remote Sensing, Historical Perspective. Njoku, E.G. (toim), *Encyclopedia of Remote Sensing* (684-691). New York, USA: Springer.
- Schowengerdt, R.A. (2007). *Remote sensing: models and methods for image processing* (3rd ed). San Diego, USA: Academic Press.
- Siegal, B.S., Gillespie, A.R. (1980). *Remote sensing in Geology*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Singh, A. (2019). Remote sensing and GIS applications for municipal waste management. *Journal of Environmental Management*, 249, 22-29.
- Syrjälä, L., Ahonen, S., Syrjäläinen, E., Saari, S. (1994). *Laadullisen tittkimuksen työtapoja*. Rauma: Kirjayhtymä.

- Truant, E., Broccardo, L., Dana, L.P. (2021). Digitalisation boosts company performance: an overview of Italian listed companies. *Technological Forecasting and Social Change*, 173 (2).
- Uluocha, N.O. (2007). Elements of Geographic Information System. *Journal of Geographic Information System*, 7 (2), 143.
- Virkus, S. (2010). *Infokäitumise, info hankimise ja otsingu ning infopädevuse uurimise meetodid*. Kättesaadav: <https://www.tlu.ee/~sirvir/Infootsingu%20teooria/Infokaitumise,%20info%20hankimise%20ja%20%20otsingu%20ning%20infopadevuse%20uurimise%20meetodid/juhtumiuuringud.html>, 02. aprill 2022.
- Voormansik, Raudvere, K. (2018). Sentinels Verify Agricultural Subsidies. Ayazia, R., Auriaa, I., Tassab, A., Turpinc, J. (toim), *The Ever Growing Use Of Copernicus Across Europe's Regions* (58). Brüssel, Belgia: Euroopa Liit, Euroopa Kosmoseagentuur, NEREUS.
- Waghmare, B., Suryawanshi, M. (2017). A Review - Remote Sensing. *Journal of Engineering Research and Application*, 7 (6), 52-54.
- Yang, J., Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Xu, B., Shi, J., Dickinson, R. (2013). The role of satellite remote sensing in climate change studies. *Nature Climate Change*, 3 (1), 875-883.
- Yin, R.K (2003). *Case study research: Design and methods*. Thousand Oaks: Sage.

LISAD

Lisa 1. Intervjuu teemaplokid

Tänase olukorra kaardistamine:

- Kuidas rakendatakse täna kaugseiret olemasolevates tööprotsessides?
- Mis põhjusel hakati kasutama kaugseireandmeid uuritavas asutuses? Milliseid probleeme sellega lahendada taheti?

Kaugseirega seotud eelised ja piirangud:

- Missugused eelised kaugseire kasutamisega kaasnevad?
- Millist kasu on saanud uuritav asutus kaugseireandmete rakendamisest? Missuguseid väljakutseid on esinenud seoses kaugseireandmete rakendamisega?

Kaugseire tulevikupotentsiaal:

- Kuidas võiks veel uuritavas asutuses rakendada kaugseiret? Millistes tööprotsessides?
- Millised on tööprotsessid või tööd, millele sooviksite rakendada kaugseiret, aga hetkel ei ole see võimalik? Miks?

Kaugseire laiem mõju asutustele ja avalikkusele:

- Kuidas kaugseire rakendamine mõjub organisatsioonile? Töötajatele?
- Kuidas kaugseire rakendamine mõjub avalikkusele?

Lisa 2. Intervjuude transkriptsioonid

Intervjuude transkriptsioonid on kättesaadavad siit: https://drive.google.com/drive/folders/1igGrGDZZukTxNST1ljfIG7_oDZ4a-0oH?usp=sharing

Lisa 3. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Kaidi Kammer (*autori nimi*)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

KAUGSEIRE RAKENDUSED JA POTENTIAAL KOLME AVALIKU SEKTORI ASUTUSE

TÖÖPROTSESSIDE NÄITEL,

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Tarvo Niine, PhD,

(*juhendaja nimi*)

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.

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 loomingulise 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.