



**DROONIDE KASUTAMINE
KESKKONNAJÄRELEVALVES**

**THE USE OF DRONES IN ENVIRONMENTAL
SURVEILLANCE**

MAGISTRITÖÖ

Koostaja: Ketlin Bergmann

Üliõpilaskood: 192371NAEM

Juhendaja: Rinaldo Rüütli

Tartu 2021

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

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

„24“ mai 2021

Autor: allkirjastatud digitaalselt

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

„24“ mai 2021

Juhendaja: allkirjastatud digitaalselt

Kaitsmisele lubatud

„24“ mai 2021

Kaitsekomisjoni esimees: Annely Kuu, allkirjastatud digitaalselt

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Ketlin Bergmann, 192371NAEM

Õppekava, peeriala: NAEM06/18, Tööstusökoloogia

Juhendaja: Insener Rinaldo Rüütli, +372 620 4808

Lõputöö teema:

Droonide kasutamine keskkonnajärelevalves

The use of drones in environmental surveillance

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Koostada ülevaade droonide kasutamise võimalustest keskkonnajärelevalves
2. Teha Keskkonnaameti järelevalveosakonnale vastavasisulised arengusuunad

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kirjanduse ülevaate koostamine, küsitluse läbi viimine	06.05.2021
2.	Tulemuste kirjeldamine, arutelu koostamine	24.05.2021
3.	Lõputöö esitamine	24.05.2021

Töö keel: eesti Lõputöö esitamise tähtaeg: „24“ mai 2021

Üliõpilane: Ketlin Bergmann allkirjastatud digitaalselt „24“ mai 2021

Juhendaja: Rinaldo Rüütli allkirjastatud digitaalselt „24“ mai 2021

Programmijuht: Annely Kuu allkirjastatud digitaalselt „24“ mai 2021

SISUKORD

EESSÕNA	5
Lühendite ja mõistete loetelu.....	6
SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	9
1.1 Ülevaade droonidest.....	9
1.2 Droonide klassifitseerimine	10
1.3 Droonide ehitus	13
1.4 Droonide kasutamine maailmas	14
1.5 Droonide kasutamine Eestis	16
1.6 Mehitamata õhusõidukite kasutamist reguleerivad õigusaktid	19
1.7 Keskkonnajärelevalve Eestis.....	21
1.8 Drooni lennu planeerimine	23
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	26
2.1 Uuringu meetodika.....	26
2.2 Ankeetküsitlus ja valim.....	26
2.3 Valimi kirjeldus.....	27
3. TULEMUSED	29
3.1. Mehitamata õhusõidukite kasutamise vajadus ning koostöö nägemine.....	29
3.2 Kogemused ja teadmised mehitamata õhusõidukite kasutamise kohta	31
3.3 Vastajad, kes ei kasuta droone	32
3.4 Vastajad, kes kasutavad droone	36
3.5 Küsitluse kokkuvõte	42
4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	44
KOKKUVÕTE	50
SUMMARY	52
KASUTATUD KIRJANDUS	53
LISAD	57
Lisa 1. Küsitluse ankeet	57

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teema ja sõnastuse pakkus välja Keskkonnaameti järelevalve arendusosakonna endine peainspektor Reeli Sildnik.

Töö autor tänab enda juhendajat Rinaldo Rüütli, kelle abiga töö valmis sai. Lisaks tänab töö autor Keskkonnaameti järelevalveosakonna kolleege, kes abistasid küsitluse koostamisel ja töö valmimisel.

Märksõnad: droonid, keskkonnajärelevalve, Keskkonnaamet, magistritöö

Lühendite ja mõistete loetelu

UAV (inglise keeles *Unmanned Aerial Vehicle*) – mehitamata õhusõiduk

UAS (inglise keeles *Unmanned Aerial System*) – mehitamata õhusõiduki süsteem

RPAS (inglise keeles *Remotely Piloted Aircraft System*) – kaugjuhitav õhusõiduk

Multirootor või multikopter on õhusõiduk, millel on kaks või enam roorit (mootorit).

PM (inglise keeles *particulate matter*) – tahke osake

SISSEJUHATUS

Keskkonnajärelevalvel on oluline roll tagamaks meile puhast ja jätkusuutlikku looduskeskkonda. Toimub pidev tehnoloogia areng ning on oluline käia muutustega kaasas kõikides valdkondades. Droonid on tänapäeva maailmas üha päevakajalisem teema, sest pidevalt avastatakse nende uusi kasutusvõimalusi. Eestis on keskkonnajärelevalves droonid samuti olnud juba kasutusel mõned aastad. Tänapäevaks on saadud esimesed kogemused nende kasutamisest ning asjakohane oleks hinnata, millised võimalused on droonide kasutamiseks keskkonnajärelevalves ning tegeleda selle valdkonna arendamisega intensiivsemalt.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on koostada ülevaade droonide kasutamise võimalustest keskkonnajärelevalves ja kaardistada Keskkonnaameti järelevalveosakonnale vastavasisulised arengusuunad. Et koguda infot droonide kasutamise võimaluste kohta, püstitas autor järgnevad uurimisülesanded:

- 1) viia läbi küsitlus riigiasutustes (Keskkonnaamet, Keskkonnaagentuur, RMK), kes kasutavad enda tööülesannete täitmisel droone, et saada ülevaade droonide kasutamise ulatusest;
- 2) kogutud andmete põhjal koostada olukorra analüüs ja esitada ettepanekud droonide kasutamise võimaluste arendamiseks keskkonnajärelevalves.

Magistritöö teema on aktuaalne kuna droonide kasutamine on erinevates valdkondades küll levinud, kuid keskkonnajärelevalves pole nende kasutamist konkreetselt arutletud. Droone kasutatakse hetkel väga mitmetes keskkonnajärelevalve toimingutes, kuid puudub ülevaade, millised on teadmised ja oskused droonide valdkonnast, samuti oleks vajalik hinnata, millised on need valdkonnad, kus droone saab kasutada. Keskkonnajärelevalve teostamine on küllaltki ressursimahukas, vajades inim-, aja-, kütuse- ja masinate ressursse. Kas droonidega on võimalik teha järelevalvet efektiivsemalt, selle kohta uuringud puuduvad. Lisaks ressursi kokkuhoiule on võimalik droonidega saada terviklikumat pilti, mis loob hea ülevaate maastikul toimuvast.

Töö on jaotatud neljaks osaks. Esimeses osas antakse ülevaade kirjandusele tuginedes droonide klassifitseerimisest, ehitusest, nende kasutamises maailmas ja Eestis,

keskkonnajärelevalvest üldiselt ning drooniga lennu planeerimisest. Teises osas kirjeldatakse töö materjali ja metoodikat, kuidas ja millistes asutustes viidi läbi küsitlus. Kolmandas osas on välja toodud uuringu tulemused ja neljandas peatükis on teostatud analüüs ning tehtud ettepanekud tuginedes uuringule ja kirjandusele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Ülevaade droonidest

Mehitamata õhusõiduk ehk droon ehk UAV (inglise keeles *Unmanned Aerial Vehicle*), on õhusõiduk, mis on võimeline lendama ilma pardal oleva piloodi ja reisjateta. Lisaks kasutatakse lühendeid UAS (inglise keeles *Unmanned Aerial Systems*) või RPAS (inglise keeles *Remotely Piloted Aircraft Systems*). Drooni juhitakse kaugjuhtimise teel raadiolainete abil või eelnevalt kindlaks määratud marsruudi puhul automaatselt. Tsiivikäibes kasutatavad droonid erinevad sõjaväe omadest suuruse ja lendamise poolest. Nad on väiksemad ja lendavad elektrimootoriga, sõjaväe omad lendavad siseõlemismootoritega. (Kardasz *et al* 2016) Alates 2013. aastast on märgatavalt tõusnud väikeste droonide kasutamise mitmekesisus vaba aja veetmiseks ning paljud neist on sobivad uuringute tegemiseks. Kopter-tüüpi droonidega, millel on neli, kuus või kaheksa propellerit, on kõige lihtsam lennata, sest neil on parem varustus kui lennuk-tüüpi õhusõidukitel ning see tuleb kasuks õhust läbiviidavatel ülevaatusel. Need süsteemid on lennates väga stabiilsed, lisaks on nad suhteliselt turvalised ja lihtsad juhtida isegi väikese lennukogemusega inimestele. Kallimatel mudelitel on olemas ka GPS süsteemid, mis koguvad andmeid nii kõrguse kui koordinaatide kohta. (Curzan *et al* 2016) Valdkond pidevalt areneb ning üha enam tuuakse turule võimekamaid droone, et parandada andmete kogumise võimalusi. Näiteks DJI M300 maksimaalne lennuaeg on kuni 55 minutit, samuti on see droon võimeline lendama kuni -20 kraadise külmaga (DJI 2021). WingtraOne drooni maksimaalne lendamise aeg on 59 minutit, lisaks on selle drooniga mugavam kaardistada suuri maa-alasid (Wingtra 2021).

Droonid on võimelised lendama maapinnast paari meetri kõrgusel ja pildi- ning videomaterjali kvaliteet on väga head võrreldes satelliitfotodega. Satelliitfotode puhul mängivad rolli ilmastikuolud ning samuti on satelliitfotod kehva resolutsiooniga. Samuti annavad droonidega tehtud fotod ja videod parema ülevaate võrreldes maapinnal inimese poolt tehtud fotodega. Maapinnal pildistatud fotosid piirab inimtasandil perspektiiv ning raskendatud ligipääsetavus piirkondadesse, kus ei ole teid või radu. Spetsiaalselt seadistatud droonid ja pilvepõhine andmebaas võimaldab põllumeestel pidevalt jälgida põllukultuuride kasvu kvaliteeti. Sellised platvormid võimaldavad ehitusvaldkonna ettevõtetel hinnata ehituse protsessi reaalselt. Droonidega on mäetööstuses võimalik hinnata täpseid mahte kaevandamisel. Energia ja infrastruktuuri valdkonnas on ettevõtetel võimalik põhjalikult jälgida torustikke, teid ning kaableid.

Humanitaarorganisatsioonidel oleks võimalik koheselt hinnata ja kohandada abi andmist pidevalt muutuvates põgenike laagrites. Transpordi droonid, mis on võimalised turvaliselt lendu tõusma ning maanduma hoonete ja inimeste läheduses, võimaldaksid arengumaades, kus puudub korralik teede võrgustik, kiiresti transportida kaupu ja viimaks saaks sellega kasutada e-kaubanduse täielikku potentsiaali telekommunikatsiooni infrastruktuur. Transpordiks kasutatavad droonid aitavad arenenud riikidel parandada teenuste kvaliteeti ülekoormatud piirkondades või ääremaal. Samuti võimaldaks need päästeorganisatsioonidele välitöödel ja nõudmise tekkimisel kiiresti toimetada meditsiinitarbeid. Inspekteerivad droonid, mis on võimalised lendama piiratud aladel aitaksid tuletõrje ja hädaabi üksustel hinnata ohtusid kiiremini ning turvalisemalt, logistikaettevõtetel tuvastada pragusid laevade keredes, teeholdusfirmadel hinnata märke tee kulumisest ja rebenditest sildadel ja tunnelites, turvafirmadel parandada hoonete turvalisust jälgides alasid, mis ei jää turvakaamerate vaatevälja ning katastroofide leevendamise asutustel inspekteerida osaliselt kokku varisenud hooned, kus maapinnal on takistusi robotitele. (Floreano *et al* 2015)

1.2 Droonide klassifitseerimine

Mehitamata õhusõidukite definitsioon hõlmab lennuk-tüüpi ja kopter-tüüpi droone, õhust kergemaid droone, surmavaid õhusõidukeid, peibutus ja sihitud õhusõidukeid, lisaks juhitavaid õhusõidukeid ning piloodita sõjalisi õhusõidukeid. Samuti saab droone jagada kategooriatesse kasutades õhusõidukite peamisi põhiomadusi nagu mootoriga või mootorita, õhust kergemad või õhust raskemad, paindlikkus, lennuk-tüüpi või kopter-tüüpi droonid. (Eisenbeiss 2009)

Tabel 1.2.1 Droonide klassifitseerimine põhiomaduste alusel (Eisenbeiss 2009)

	Õhust kergemad	Õhust raskemad		
		Painduv tiib	Fikseeritud tiib (lennuk-tüüpi)	Pöörlev tiib (kopter)
Mootorita	Aerostaat	Paraplaan	Purilennuk	Roororlohe
		Tuulelohed		
		Deltaplaan		
Mootoriga	Õhulaev	Paraplaan	Lennuk	Üherootorilised
			Reaktiivmootorid	Kaherootorilised
				Neljarootorilised
				Multirootorilised

Kopter-tüüpi droonid, tuntud ka kui vertikaalselt õhku tõusvad ja maanduvad õhusõidukid (VTOL), saab lisaks klassifitseerida ühe-, kahe-, nelja- ja mitmerootorilisteks süsteemideks (tabel 1.2.1). Üherootorilistel süsteemidel on üks pearootor ja sabarootor. Pearootor varustab tõste- ja tõukejõudu ning sabarootorit kasutatakse pöördemomendi ja kursilt kõrvalekaldumise neutraliseerimiseks. Kahe- ja mitmerootorilised süsteemid erinevad üherootorilistest selle poolest, et neil on suurem nimikoormus ning nad on võimelised opereerima suuremal absoluutkõrgusel sama mootori võimsusega. Peale selle on nad palju lihtsamini kontrollitavad ning neil on madalam müratase. Neil droonidel on efektiivsusmäär ligikaudu 30% parem kuna kogu saadaval mootorivõimsus on keskendunud tõusmisele ja laskumisele. Kahe- ja mitmerootorilistel süsteemidel on üks peamine puudus: nad kasutavad kahte samale teljele kinnitatud rootorit, mis peavad pöörlema erisuundades ning selle tulemusel suureneb rootori rummi mehaaniline keerukus. Üldiselt on ühe- ja kahe- ja mitmerootorilistel süsteemidel rohkem jõudu kui nelja- ja mitmerootorilistel süsteemidel. Seega on nende süsteemide kandevõime parem. (Eisenbeiss 2009)

Kuna neljarootorilistel süsteemidel on väiksem kandevõime, on nad varustatud kergemate sensoritega justkui madalamate kuludega süsteemid. Tänu oma väiksele suurusele ja erksale manöövervusvõimele on need droonid võimelised lendama ka siseruumides. Nad on vastuvõtlikumad keskkonnatingimustele nagu näiteks tuul ning nende töövõime on limiteeritud väiksematele aladele. Joonisel 1.2.1 on näha neljarootoriline droon. Multirootoritega süsteemid on tavaliselt sama suuruse ja kaaluga, mis neljarootorilised süsteemid, kuid on suurema kandevõimega, stabiilsemad ning rikkekindlamad tänu mitme rootori koondamisele. (Eisenbess 2009)



Joonis 1.2.1. Neljarootoriline droon (Transpordiamet 2021a).

Fikseeritud tiibadega või ka lennuk-tüüpi õhusüsteemid liiguvad õhus edasi propellerite või reaktiivmootorite abil. Tiivad on jäigad ning nende eesmärk on sõiduki õhus hoidmine, kasutades ära õhuvoole. Fikseeritud tiibadega droonid suudavad püsida kauem õhus, katta suuremaid maa-alasid ning tõusta kõrgematesse õhukihtidesse. (Eisenbeiss 2009) Joonisel 1.2.2 on näha fikseeritud tiibadega droon, tegu on Kaitseväge poolt kasutatava drooniga, millega tehakse piirikontrolli (Eesti Kaitseväge 2020). Kopter-tüüpi süsteemid on võimelised lendama objektidele ligemale ning neil on suurem paindlikkus kontrollimaks lennumanöövreid kui lennuk-tüüpi õhusõidukitel. (Eisenbeiss 2009).



Joonis 1.2.2. Lennuk-tüüpi droon (Eesti Kaitsevägi 2020).

1.3 Droonide ehitus

Droonid koosnevad kahest peamisest süsteemist, milleks on kontrollisüsteem ja liikumissüsteem. Liikumissüsteem koosneb raamist, propelleritest ja mootorist ning drooni jõuallikast. (Kardasz *et al* 2016) Jõuallikaks võivad droonil olla akud või sisepõlemismootor. Akud on kerged ning lihtsasti laaditavad, kuid nende suurimaks puuduseks on lühike eluiga. Sisepõlemismootori puhul kasutatakse bensiini või vesinikku. Bensiini puhul on droonil suurem kandevõime ning lennuaeg pikem, kuid droon vajab rohkem hooldamist, samuti on müratase suurem. Vesiniku puhul on samuti lennuaeg pikem kui akude puhul, lisaks on vesiniku energia eelmainitud jõuallikatest kõige keskkonnasõbralikum. (Alliksoo 2021) Raam peab olema võimalikult kerge. Propellerid ja mootor moodustavad peamise käitamissüsteemi ja neile rakendub suurim koormus, mistõttu on oluline nende vastupidavus. Kontrollisüsteem vastutab drooni õhku tõusmise, maandumise ja pöörlemise eest ning reageerib tekkivatele jõududele ning stabiilsusele. (Kardasz *et al* 2016) Drooni peamisteks komponentideks on saatja ja vastuvõtja, kere, toiteallikas, juhtpult, kontrollid, mootorid ja propellerid.

1.4 Droonide kasutamine maailmas

Droonide eelkäijaid kasutati algselt vaid politsei ning sõjaväe poolt. Esimesed riigid, kes hakkasid droonide kasutamist uurima olid Ameerika Ühendriigid, Suurbritannia, Venemaa, Saksamaa ja Iisrael. Esimene mehitamata õhusõiduk võeti kasutuses 1849. aastal austerlaste poolt. (Kardasz *et al* 2016) Varasemalt kasutati droone sõjalisel eesmärgil, kuid tänapäeval on nende kasutusala laienenud ka mitmetesse teistesse valdkondadesse. Tsiviilkäibes on tulnud droonid kasutusele kaugseires, maa-alade kaardistamisel, liikluseires, otsingutel, päästetöödel jne. (Chao *et al* 2010) Maailmas on uuritud droonide kasutamist erinevates keskkonna valdkondades - metsanduses, põllumajanduses, kaevandamisel ning reostuste tuvastamisel. Näiteks kasutab Brasiilia Keskkonnapolitsei mehitamata õhusõidukeid Amazonase metsades raiete monitoorimiseks, salaküttide leidmiseks ning ebaseadusliku kaevandamistegevuse tuvastamiseks (Vacca *et al* 2016). Droonidega kogutud fotode põhjal on võimalik luua ülikõrge eraldusvõimega ortomosaiike ja kolme dimensioonilisi (3D) punktipilvi, mistõttu on nende süsteemide vastu väga suur huvi mitte ainult teadlastel vaid ka tööstustel ja ettevõtetel (Thiel *et al* 2020).

Itaalias viidi läbi uuring, mille raames kasutati kolme erinevat õhusõidukit tuvastavamaks reostusallikaid veekogudes. Õhusõidukitest võeti kasutusele lennuk, helikopter ning droon. Kõigile seadmetele paigaldati termokaamerad, mis näitasid veekogu temperatuuri selle pinnal. Lennud teostati rannikualal ning iga lennumasina vahetamisel muutus ka piltide resolutsioon. Mida madalam oli lennukõrgus, seda parem resolutsioon. Mida paremaks läks resolutsioon, seda rohkem paljastus üksikasjalikult anomaaliaid keskkonnas. Lendude käigus tuvastati juhuslikult laevalt illegaalne reovee purgimine merre. Laeva kapten püüdis oma tegevust varjata sildudes kohas, kus oli reoveepuhasti heitveetoru väljalase veekogusse. Lisaks tuvastati lendudega kaks väikest lisajõge, mis suubusid jõkke. Ühe jõe päritolu oli looduslik, tegu oli kuivenduskraaviga ning vesi selles oli jahedam kui peajões. Teine jõgi aga näitas illegaalset heiteallikat kuna vesi selles oli soojem kui peajões, tegu oli väikese farmi territooriumilt tuleva reostusega. Tulemusena toodi välja, et tavalised meetodid reostusallikate tuvastamisel nagu näiteks veeproovide võtmine ja visuaalsed torustike uuringud ei ole efektiivsed suurte veekogude uurimisel. Lisaks on suurtel aladel väga raske tuvastada ja hinnata väikeste reostuste mõjusid või saastumise ulatust. (Lega *et al* 2012)

Tänapäeval on üha suurimaks probleemiks õhureostus, mis mõjutab keskkonda ja inimeste tervist. Õhureostuse tuvastamiseks droonidega on läbi viidud mitmeid uuringuid. Kanadas uuriti droonide kasutamist õhureostuse tuvastamiseks ja jälgimiseks. E-droonid ehk keskkonna droonid (inglise keeles *E-Drone, Environmental Drone*) loovad kaarte, mis näitavad õhukvaliteedi heaolu indeksi konkreetses piirkonnas ning selle tulemusel saab teha pikema perioodi kohta analüüsi ning keskkonnaseiret. E-droon määras ühes piirkonnas CO₂, CO, NH₃, SO₂, PM, O₃ ja NO₂ kontsentratsiooni õhus, selleks olid droonile paigaldatud gaasisensorid. Lennud teostati viies piirkonnas ning iga saasteaine kohta loodi eraldi õhukvaliteedi heaolu indeksi kaart. Droon oli varustatud GPS-iga, seega saadi iga tehtud mõõtmise kohta täpne asukoht. Lisaks on drooniga võimalik tuvastada õhureostust põhjustavaid allikaid kui heide õhku toimub drooni lendamise hetkel. Droonid pakuvad suurepärasest võimalust õhureostuse tuvastamisel. (Rohi *et al* 2020)

Norras viidi läbi uuring, mille käigus uuriti inimõju ja taimkatte muutusi parkides ja kaitsealadel. Kuna turism viimastel aastatel on märgatavalt tõusnud rahvusparkides ja seda ka Norras, on oluline hinnata selle mõju loodusele. Uuringus näidati, kuidas droon aitab hallata kaitsealasid seirates küllastajatega kaasnevaid mõjusid nagu näiteks raja seisukord (laius ja sügavus), taimestiku struktuur ja häiringuid, mitte ametlike radade levimist, tallamist, prügistamist ning teisi häiringuid. Lendamiseks kasutati drooni, millel oli olemas GPS ning lennutrajektor koostati rakenduses PrecisionFlight. Fotodest koostati andmetöötluse faasis ortofoto ning digitaalne pinnamudel. Ortofotol tuvastati inimeste põhjustatud häiringuid, näiteks lõkkeasemeid. Samuti suudeti tuvastada lammaste pabulaid. Koostatud kaardid aitasid kaitseala haldajatel hinnata taimestiku laike ning tuvastada taimestikuta paljast mulda. Ortofotodelt saab peamiselt infot, mis puudutavad häiringuid ning muutusi on pinnakattes, digitaalse pinnamudeliga saab hinnata radade seisukorda ning muutusi taimkattes. (Anic-Murguzur *et al* 2020)

Üha enam viiakse läbi uuringuid, et näidata miks on droonide kasutamine efektiivne. Lisaks heale ülevaatlikkusele on droonidega võimalik saada informatsiooni kiiremini ning hoida kokku inimressurssi. Droonid annavad võimaluse liikuda üle geograafilise ruumi, kuid selleks peavad nad kandma vajalikku andmekogumissüsteemi, et neist oleks kasu. See võib varieeruda digitaalsetest kaameratest kuni soojusliku infrapunaradiomeetrini. (Rango *et al* 2010) Droonide kasutusvõimaluste avastamine võib tuua suuri muutusi keskkonna ja looduse ressursside haldamisel ning samuti ka mitmetes teistes valdkondades samal määral nagu seda tegi GIS-i saabumine kaks aastakümnet tagasi

(Smith 2015). Drooni külge paigaldatud sensorid pakuvad võimalust ületada lünk kohapealsete vaatluste ja traditsioonilise õhu- ja kosmosepõhise kaugseire vahel, pakkudes mitte ainult kulutõhusalt suhteliselt suurte aladel ruumilist detailsust vaid ka andes täiesti uue võimekuse täiustatud info ajakohastamiseks (Manfreda *et al* 2018). Keskkonnaseirel on mehitamata õhusõidukid tõusmas tõhusaks töövahendiks kuna pääsevad piirkondadesse, mis on ligipääsmatud või kuhu ligipääs on rahaliselt kulukas (Simon *et al* 2017). Droonide laialdasem kasutamine annab võimaluse arendada ka uutes valdkondades seirete teostamist, mis varasemalt polnud võimalik või oli ressursimahukas.

1.5 Droonide kasutamine Eestis

Eestis on droonide kasutamine samuti muutumas üha laialdasemaks. Droone on võetud kasutusele nii eraettevõtete poolt ning samuti riigiasutustes. Vajadus käija kaasas tehnoloogia arenguga on tänapäeval väga oluline, et suudetaks anda kvaliteetset informatsiooni ning seda ka kiirelt. Kuna lihtsamad droonid on suhteliselt odavad on ka seetõttu nende kättesaadavus tarbijale jõukohane. Tavakasutajale (DJI Air 2S) mõeldud droonide hind algab 169 eurost (Droon.ee 2021a) ning professionaalile mõeldud droon koos kogu varustusega (DJI Inspire 2) võib maksta kuni 23 400 eurot (Droon.ee 2021b). Hinna paneb paika drooni kasutamise eesmärk ning samuti, milliseid lisatarvikuid on selleks vaja. Eestis on uuritud droonide kasutamise võimalusi mitmete tööde käigus, et samuti käija kaasas valdkonna arenguga ja muuta töö tegemine efektiivsemaks ning kiiremaks.

Miller (2019) uuris magistritöö raames droonide kasutamise võimalusi prügilagaasi seires. Selleks teostati droonilennud kahe suletud olmeprügila kohal, Aardlapalu ja Sillamäe. Droon oli varustatud termokaameraga ning tegu oli lennuk-tüüpi drooniga. Termokaameraga saadi TIR-kujutised, mis näitasid temperatuurierinevusi prügilate pinnal. Töö tulemusena tuvastatigi mõlemas prügilas potentsiaalsed lekkekohad. Lisaks droonilennule, teostati ka kohapealne visuaalne kontroll töö autori poolt. Autor lisas oma töös, et täiendavalt võib visuaalset kontrolli teostada ka drooniga, pannes droonile visuaalse kaamera. See vähendaks ka aega, mil teostatakse kohapeal visuaalset kontrolli ning andmeid oleks koheselt võimalik hinnata. (Miller 2019)

Männamets (2015) uuris magistritöö raames droonide kasutamise võimalusi markšeideritöödel. Töös kasutati kolme erineva iseloomuga objekti lähteandmeid, nendeks olid materjali puistangud, liivakarjäär ning lubjakivikarjäär. Lendude tegemiseks kasutati lennuk-tüüpi drooni. Töö tulemusel selgus, et määratud mahtude erinevused jäävad markšeidermõõdistusel lubatud erinevuste piiresse suure varuga. Puudusena toodi välja kõrguserinevuse suur kõikumine, mis ületas lubatud erinevust. Autor tõi välja, et tegemist oli täielikult töötlemata andmetega droonimudeli puhul ning GPS-mõõdistamine oli tehtud tavapärase tihedusega ja seetõttu ei andnud GPS-mudel edasi täielikku pilti objektidest ning samuti võib droonimudelis olla sees taustamüra. Mahtude määramist takistab ka seadusandlus, kuna andmete kasutamiseks peab olema välja töötatud ja tunnustatud meetodika. Autor tõi välja, et droonide kasutamist tasuks kindlasti edasi uurida kuna käesolevas töös polnud andmetöötlus täielik, samuti on mitmeid muid aspekte, millele autor oma töös viitas, mida tasuks droonide kasutamisel markšeidermõõdistusel uurida. (Männamets 2015)

Sisekaitseakadeemias on loodud droonikeskus pakkumaks valdkonnas haridust ning lisaks täiendkoolitusi erinevatele asutustele ning valdkonna arendamistegevuse toetamist. Koostööd tehakse Politsei- ja Piirivalveametiga (edaspidi PPA), Päästeametiga, droon.ee-ga, Lennuliiklusteeninduse AS-iga (EANS) ja Threod Systems OÜ-ga. Droonikeskus on abistanud erinevaid asutusi mitmetes tegemistes, mida on olnud võimalik teostada drooniga. Näiteks abistati Politsei- ja Piirivalveametit eriolukorra ajal 2+2 reegli kontrollimisel. Päästeameti ida keskust abistatakse vanade turbaalade tuleohtlikkuse kaardistamisel kevadel ja suvel, droonidega kogutud andmete põhjal hinnatakse maapinna temperatuuri. Lisaks on PPA-d abistatud linnadest metsloomade otsimisel ning ka loodusesse eksinud inimeste otsingutel. (Sisekaitseakadeemia 2021)

Transpordiarengu teede osakonna tellimusel koostati töö, mille käigus uuriti droonide kasutamise võimalikkust korrashoiutöödel järelevalves. Töö eesmärgiks oli välja selgitada, millise drooniga oleks otstarbekas teostada sõiduteede järelevalvet. Lennu teostamiseks koostati autonoomne drooni prototüüp, millega kaugseiret testlõigul teostati. Testlõigul tehti seirevideo drooniga, mille põhjal viidi läbi korrashoiu järelevalve protsess. Töö tulemusel selgus, et järelevalve teostamine on droonidega võimalik, kuid tuleb arvestada erinevaid ohte. Töö tulemusel toodi välja ettepanekud valdkonna arendamiseks, et muuta järelevalvet efektiivsemaks. Lisaks toodi välja, et droon ei suuda

täielikult asendada teede järelevalvet teostava inspektori tööd, kuid võib seda oluliselt lihtsamaks muuta. (Kangru *et al* 2021)

Sisekaitseakadeemia Päästekolledžis on valminud lõputöö, mille raames uuriti drooni kasutamise võimalikkust põlevaine ladustamisel laoplatside paikvaatluses Lõuna päästkeskuse näitel. Töö eesmärgiks oli uurida, kas droonide kasutamine annaks lisandväärtuse. Töö käigus teostati paikvaatlus kopter-tüüpi drooniga DJI Phantom 4 ning lend teostati Tartus Raadil autorehvide ladustamisplatsil. Dronifotodest koostati 3D mudel Drone2Map programmis. Saadud mudelilt oli võimalik hinnata rehvihunnikute mahte, mõõta nende vahemaasid ning määrata pindala. Töö autor tõi võrdlusena välja, et kohapeal eelmainitud andmete saamiseks mõõdulindiga, kuluks ligikaudu 2 tööpäeva ning teostatud droonilennuks ning hilisemaks andmetöötluseks kulus 2 tundi. Sellest tulenevalt oli drooniga saadud info täpsem ja kiirem. Töö tulemusena leiti, et droonide kasutamine hoiaks kokku aja- ja inimressurssi ning samuti annaks see parema ülevaate objektist. (Sikka 2017)

MTÜ Ühinenud Metsaomanikud kasutab drooni metsamajanduslike tööde kontrollimiseks. 2017. aastal soetati DJI dron Mavic Pro, mille lennukaugus jääb kahe kilomeetri raadiusesse ja lennuaeg ulatub ligikaudu 22 minutini. Mavic on mugav töövahend, sest seda on võimalik pisikeseks voltida (83 mm x 83 mm x 198 mm). Metsas lendu tehes on Mavicul olemas sensorid, mis aitavad tuvastada takistusi juba 15 meetri kauguselt. See süsteem aitab droonil vältida õnnetusi ning takistustest kõrvale kalduda. Dron on pakitud pisikesse kandekotti, milles on ka pult ja varuakud. Varuakusid on võimalik vahepeal autos laadida. MTÜ kasutab drooni peamiselt metsamajanduslike tööde ja FSC sertifikaadi vastavuse kontrollimisel. Samuti kasutatakse drooni kopratammide seiramisel, tormimurdudest ülevaate saamiseks, valgustus-, harvendus- ja lageraie kontrollimisel, maapinna ettevalmistusel ning metsauuenduste kontrollimisel, lisaks turunduse eesmärgil. Droni kasutamise eeliseks on aja kokkuhoid, lühikese ajaga saab eraldisest pildi, mida hiljem metsaomanikuga jagada. Kasutusel on metsamajanduse tarkvara Forest Information System (FIS) ja sellele on loodud eraldi äpp E-Mets (jookseb ainult iOS tarkvaral). Äpiga näeb reaalset drooni asukohta eraldisel ning see kasutab metsaregistri andmeid. Pilt on jagatud ekraanil kaheks ning korraga nähakse drooni kaamerast tulevat pilti ja drooni asukohta eraldisel. Sellisel meetodil on hea kontrollida drooniga eraldise piiridest kinni pidamist. FSC sertifikaadi kontrollimisel on dron väga hea abivahend, sest seireid peab olema võimalik tõendada. Kinnistust tehtud video põhjal on tõendamine väga hea lahendus, näiteks koheselt näeb ära ka seemnepuude õige

arvu. Drooni kasutamine hoiab kokku aega, sest mõnele metsaeraldistele on ligipääs väga keeruline. Kui droonilennul tuvastatakse midagi ebatavalist, on alati võimalik asja kohapeale kontrollima minna. Lisaks raiete kontrollimisele on kopratammide leidmine drooniga väga lihtne, lennuga on võimalik ära tuvastada kopratammide täpsed asukohad veekogul. Tormikahjude hindamisel on droon mugav abivahend, sest sellega saab hea ülevaate tormi poolt kahjustatud kinnistust. (Eramets 2018)

Droonide kasutamiseks leitakse üha uusi väljundeid ning mitmed asutused tegutsevad valdkonna arendamisega. Keskkonnaameti järelevalveosakond kasutab järelevalveks mehitamata õhusõidukeid peamiselt kalanduse ja looduskaitse nõuete kontrollimise valdkonnas visuaalse ülevaate saamiseks. Paljud inspektorid on avastanud ka iseseisvalt võimalikke kasutusvaldkondi (töö autori tähelepanekute alusel). Ülevaade aga täielikust võimekusest puudub ning tihtipeale ei osata võimalike kasutusvaldkondade peale tulla.

1.6 Droonide kasutamist reguleerivad õigusaktid

Mehitamata õhusõidukite tehnoloogia areneb kiiremini kui õiguslik raamistik, mis tekitab muret. Paljud asutused soovivad kasutada mehitamata õhusõidukeid, et teha seiret või järelevalvet, kuid maaomanikud peavad seda privaatsuse rikkumiseks. Lisaks tõstatab droonide kasutamine kontrollidel juriidilisi küsimusi lendudel kogutud teabe ja selle tõendamise kohta. (Simon *et al* 2017) Samuti on igal mehitamata õhusõiduki käitajal vajalik teada, millistel alustel ning kus on õigus lennutada drooni.

Eestis on kuni 150 kg (kaasa arvatud) käitamismassiga mehitamata õhusõidukite kasutamine reguleeritud vaid õhuruumi kasutamise seisukohast lähtuvalt. Nii on vajalik teatud piirkondades droonide lennutamiseks Lennuameti ühekordne luba ja lennu kooskõlastus:

- kontrollitud õhuruumis (Ämari, Tallinna ja Tartu lähiala);
- lennuinfotsoonis mistahes kõrgusel (Pärnu, Kuressaare ja Kärdla lennuinfotsoon);
- mittekontrollitud õhuruumis maa-või veepinnast kõrgemal kui 150 meetrit;
- Piirangualadel, ajutiselt reserveeritud või ajutiselt eraldatud aladel. (Transpordiamet 2021a)

Lisaks ei ole lubatud mehitamata õhusõidukeid lennutada lennujaamade vahetus läheduses ning keelualadel, mille kohta leiab infot Lennuameti kodulehelt (Transpordiamet 2021a).

Eestis reguleerivad mehitamata õhusõidukite kasutamist järgnevad õigusaktid:

- EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUS (EL) 2018/1139;
- Lennundusseadus
- Majandus- ja taristuministri 26.03.2015 määrus nr 24 „Riigisisised lennureeglid ja erandid ning erisused komisjoni rakendusmääruses (EL) nr 923/2012 sätestatud lennureeglitest“;
- Vabariigi Valitsuse 11.05.2004 määrus nr 189 „Lennupiirangud ja piirangud riiklikule õhusõidukile lennuks ülehelikiirusel“;
- Lennuameti peadirektori 09.06.2015 üldkorralduslik ettekirjutus nr 33;
- Euroopa Lennuohutusamet – mehitamata õhusõidukid;
- KOMISJONI DELEGEERITUD MÄÄRUS (EL) 2019/942, 12. märts 2019, mehitamata õhusõidukite süsteemide ja mehitamata õhusõidukite süsteemide kolmandate riikide käitajate kohta;
- KOMISJONI RAKENDUSMÄÄRUS (EL) 2019/947, 24. mai 2019, mehitamata õhusõidukite käitamise normide ja menetluste kohta. (Transpordiamet 2021a)

Droonide käitamine toimub kolmes kategoorias. Avatud kategooria käsitleb käitamist madalas riskiastmes, kus ohutus tagatakse selle kaudu, et drooni käitaja järgib tema kavandatud käitamisele kehtivaid asjakohaseid nõudeid. Kategooria on jaotatud kolme täiendavasse alakategooriasse A1, A2 ja A3. Teine kategooria on erikategooria, mis hõlmab riskantsemat käitamist, kus ohutus tagatakse selle kaudu, et enne käitamise alustamist taotleb drooni käitaja riiklikult pädevalt asutuselt käitamisloa. Loa hankimiseks peab drooni käitaja viima läbi ohutusriskide hindamise, millega määrab ta kindlaks drooni(de) õhus käitamiseks vajalikud nõuded. Kolmas kategooria on sertifitseeritud kategooria, kus ohurisk on nii kõrge, et ohutus tagatakse drooni käitaja ja õhusõiduki sertifitseerimisega, samuti kaugpiloodiloo (kaugpiloodilubade) väljastamise kaudu. (Transpordiamet 2021b)

Alates 01.07.2021 jõustub uus EL määrus 2019/947, millega kehtestatakse mitmeid uusi nõudeid. Selle määruse puhul on tegemist üldiste nõuetega dronide käitamisel. Keskkonnajärelevalve teostamisel tuleb eelmainitud õigusaktides kehtestatud nõuetest kinni pidada. Näiteks peavad alates 01.01.2021 kõik drooni käitajad end registreerima ning samuti tuleb registreerida kõik droonid. Lisaks kui hetkel kehtiva määruse kohaselt pole erikategoorias drooni käitamiseks teatud tingimustel luba vaja, siis alates 01.01.2021 tuleb erikategooriasse kuuluvat käitamist läbi viia pärast riiklikult asutuselt loa saamist. Uus määrus muudab drooni käitamise nõuded karmimaks. (Transpordiamet 2021b)

1.7 Keskkonnajärelevalve Eestis

Keskkonnakasutus nõuab järelevalvet, et riigis toimuks kontrollitud ja jätkusuutlik loodusressursside tarbimine ning kasutus, samuti, et omataks kontrolli keskkonda heidetavate saasteainete osas. Selleks on kehtestatud õigusaktid, millega reguleeritakse kõiki valdkondi eraldi. Keskkonnajärelevalve seaduse kohaselt teostavad Eesti Vabariigis keskkonnajärelevalvet Keskkonnaamet ja kohaliku omavalitsuse üksus. Mõlema asutuse ülesanne on ennetada, selgitada välja ja tõrjuda oht ning kõrvaldada korrarikkumine. Samuti võib seadusega anda ka teistele valitsusasutustele keskkonnajärelevalve ülesandeid. (RT 10.07.2020, 98) Õigusnormid, mille alusel järelevalvet teostatakse, on kirjas eriseadustes (näiteks veeseadus, atmosfääriõhu kaitse seadus, maapõuaseadus jne).

Keskkonnaamet on Keskkonnaministerium allasutus, mis tegeleb keskkonnakasutamise, looduskaitse ja kiirgusohutuse poliitika elluviimisega, kontrollib looduskeskkonnakaitseks kehtestatud seaduste ja normide täitmist ning samuti osaleb keskkonnavaldkonda reguleerivate õigusaktide täiustamises ja väljatöötamises. Keskkonnaameti teenused jagunevad kolme põhivaldkonna vahel: keskkonnakasutuse valdkond, looduskasutuse valdkond ning järelevalve valdkond. (Keskkonnaamet 2021) Alates 01.01.2021 liideti Keskkonnainspeksioon Keskkonnaametiga ning Keskkonnainspeksioon tõsteti järelevalve valdkonna alla. Seega teostab keskkonnajärelevalvet Keskkonnaameti järelevalveosakond, kuhu alla kuuluvad 15 maakondlikku bürood, lisaks keskkonnatasuosakond, uurimisosakond ning õigusosakond.

Igas maakonnas olevate keskkonnakaitseinspektorite vahel on valdkonnad jaotatud kolmeks alamvaldkonnaks- kalakaitse, looduskaitse (metsandus, jaht, kaitsealad jne) ning keskkonnakaitse (maapõu, välisõhk, põllumajandus, jäätmed, kiirgus jne). Igas valdkonnas teostatakse järelevalvet lähtuvalt eriseadustest ning korrakaitseadusest (KorS). Peamiselt toimub Keskkonnaameti järelevalveosakonna töö tööplaanide alusel ning on ennetava loomuga. Lisaks sellele kontrollivad järelevalveosakonna keskkonnakaitseinspektorid kohalike elanike kaebusi ja teateid keskkonna rikkumiste kohta. Looduskaitse valdkonna alla kuuluvad metsakaitse, jahijärelevalve, kaitstavate loodusobjektide kaitse, loomastiku kaitse, ranna ja kalda kaitse. Kalakaitse valdkonna alla kuuluvad Läänemeresel kalapüüki teostavad kalalaevade järelevalve, järelevalve rannikumeres ja siseveekogudel kutselise püügi üle, kalakäitlemise ettevõtete kontroll, kalapüügi järelevalve ning harrastuspüügi järelevalve. Keskkonnakaitse valdkond on kõige laiem, sinna alla kuuluvad jäätmekäitlusnõuded, välisõhu ja osoonikihi saastamisega seotud tegevused, maapõuekaitse, põllumajandusettevõtete kontroll, kiirgustegevus, pakendialased nõuded, põhja- ja pinnavee kaitse, kütuste kvaliteedinõuded, tööstusheited jne. Suures osas tegeleb keskkonnakaitse valdkond ettevõtetega, kes omavad keskkonnalubasid või keskkonnakomplekslubasid, samuti selgitab amet nende lubade omamise kohustuse vajadust. (Tamuri 2017)

Hetkel kasutab Keskkonnaameti järelevalveosakond DJI Mavic Pro (joonis 1.7.1) drooni järelevalve teostamisel. Droonid on olemas igas maakondlikus büroos ning neid kasutavad inspektorid, kellel on olemas oskused ja teadmised nende kasutamiseks. Peamiselt kasutatakse droone kalanduse-, looduskaitse-, metsanduse- ja jahinduse valdkonna kontrollidel. Rohkema väljaõppe ja andmeanalüüsi oskustega inspektorid kasutavad neid ka maapõue-, jäätmete- ja põllumajanduse valdkonna kontrollidel. Kõige levinum andmete kogumise viis on soovitud objektist ülevaate saamine ning rikkumiste tuvastamine. Raskesti ligipääsetavate objektide puhul on droon hea abivahend, sest sellega saab kiirelt ülevaate objektile toimuvast. Mavic Pro lennuaeg on umbes 20 minutit ning tavaliselt on olemas ka varuaku, et vajadusel seda vahetada saaks. Väga tuuliste ilmadega sellega lennata pole turvaline. Samuti on suureks puuduseks, et talvistes ilmaoludes pole drooni kasutamine võimalik. Droon kannatab külma umbes -7°C ning alla selle tekivad lendamisega probleemid ja võib kaduda juhitavus. Lisaks tuleb arvestada, et kõrgemates õhukihtides on õhk jahedam kui maapinnal.



Joonis 1.7.1. DJI droon Mavic Pro koos juhtpuldi ja ekraaniga (Foto: töö autor).

1.8 Drooni lennu planeerimine

Droonide kasutamise kohta keskkonnaseires, on tehtud mitmeid uuringuid, mis kohalduvad ümber põhivaldkondade näiteks metsandus või topogaarfiline kaardistamine, kuid puudus on standard protokollidest, mida saaks kasutada erinevates kontekstides ning ka valdkondades. Paljudes uuringutes ei ole piisavalt tähelepanu pööratud planeerimisele ning andmetöötlusele. Droonide mitmekesisus on väga suur, kuid peamiseks andmeallikaks jääb nende puhul fotod ning videosalvestised, mida hiljem kasutatakse ortomosaiikide ja maapinnamudelite arendamisel. (Tmušic *et al* 2020) Kui on hiljem soov lennul kogutud andmeid töödelda ja analüüsida, on soovitatav kasutada lennu planeerimiseks vastavat lennuplaani tarkvara, näiteks DroneDeploy, DJI GS Pro, Pix4Dcapture, mis on tasuta tarkvarad (Tmušic *et al* 2020). Kui eesmärk on pigem saada koheselt ülevaadet objektilt ning hilisem andmetöötlus pole vajalik, võib lennu teostada ka ise drooni juhtides.

Lennu või uuringu planeerimine on kõige olulisem samm drooniga andmete kogumiseks, sest sellel on hilisem suur mõju andmete saamisele ja nende töötlemisele (Manfreda *et al* 2018). Iga uuring on unikaalne ning selleks, et tagada turvaline ja edukas andmete kogumine drooniga on oluline planeerida täpne uuringu ülesanne. Esimesena on oluline viia end kurssi droone puudutavate õigusaktidega ning eeskirjadega, mis lennu piirkonnas kehtivad. Edasi tuleb valida lendamiseks sobiv droon ja sensorid, siinkohal sõltub valiku tegemine uuringu eesmärgist, mis infot lennuga koguda soovitakse. Järgnevalt on vajalik panna paika kaamera seaded ja drooni kontrollsüsteemi tarkvara. Kaamera seadete valimisel määratakse soovitud lennukõrgus, paika tuleb panna pildistamise sätteid, tehtavate piltide arv jms, mis võib mõjutada pildikvaliteeti. (Tmušic *et al* 2020)

Lennule eelneval välitööl tuleb teostada uuringualal vaatlus, et tagada turvalisus ja fikseerida potentsiaalsed ohuallikad droonile. Teiseks on vajalik määrata maapinna kontrollpunktid. Kontrollpunktid muudavad andmed täpsemaks, sest neil punktidel on kindlaks määratud koordinaadid. Kontrollpunktideks võivad olla looduslikud objektid või vastavad tähised. Kui droonil on olemas GNSS vastuvõtja pole kontrollpunktid vajalikud, küll aga on need soovituslikud. (Tmušic *et al* 2020)

Drooniga lendamisel on väga oluline roll ilmastiku tingimustel ning neid on raske ka tihti ette ennustada. Näiteks mõjutab tugev tuul lennu teostamise kestust ning samuti ei ole tugeva tuulega lendamine ohutu, sest võib kaduda kontroll drooni üle. Lisaks võivad mõjutada tulemusi sademed ja õhuniiskus. Kõrgem õhuniiskus aitab kaasa valguse paremale hajumisele ning see võib mõjutada pildil valguse kvaliteeti. Seega on oluline ennem lennu teostamist veenduda sobivas lennuilmas. Drooniga lendamisel tuleb valida lendamiseks sobiv kõrgus, et oleks tagatud saadavate andmete kvaliteetsus. Mida detailsemat infot soovitakse maapinnalt saada seda madalamalt peaks koguma andmeid. Parema ülevaate saamiseks on mõistlik teostada lendu aga kõrgemalt, kõrgemal lennates aga väheneb pildi resolutsioon. (Tmušic *et al* 2020)

Droonilendude planeerimine on üks kõige olulisem etapp ning kõikides drooni valdkonna uurimustes on näha, et ennem lennu tegemist valitakse vajalikud töövahendid ning pannakse paika täpsed meetmed andmete kogumiseks. Lendude planeerimisel

tuginetakse teiste praktikatele või luuakse ise uusi praktikaid. Kuna lendude meetodika pole standardiseeritud tekib probleem nende saadud andmete kasutuses kuskil tõendusmaterjalina. Arvatavasti aga see probleem lahendatakse lähiaastate jooksul, sest dronide kasutus on laienenud ning vajadus heakskiidetud juhiste järgi on olemas.

Droonidega saadud mõõdistamisandmed ei ole kooskõlas seadusandlusega. Mõõteseaduse kohaselt peab mõõteseadet olema mõõtetulemuse jälgitavuse tõendamiseks kalibreeritud. Drooni aga ei ole võimalik kalibreerida. Mõõteseaduses on välja toodud, et kui mõõteseadet ei ole võimalik jälgitavalt kalibreerida või taadelda, võib mõõtetulemuse jälgitavuse tõendamisel seaduse või selle alusel kehtestatud õigusaktiga lubada kasutada mõõtmiseks seadet, järgides seadme kontrolliks asjakohaseid protseduure ja mõõtemetoodikat. Lisaks võib Vabariigi Valitsus või valdkonna eest vastutav minister määrusega kehtestada nõuded mõõteprotseduurile ja mõõtetulemuste töötlemisele. (RT I, 25.05.2018, 1) Selleks, et dronidega saadud mõõtetulemusi saaks kasutada autentsetena, oleks vajalik kehtestada seadusega dronidega tehtavatele mõõdistamisele nõuded, sertifikaadid kasutatavatele seadmetele ning samuti tarkvaralahendustele (Sikka 2017).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Uuringu meetoodika

Autor kasutas uurimisülesannetele vastamiseks kvalitatiivset uurimismeetodit. Selleks viidi läbi küsitlus (Lisa 1) riigiasutustes, mis teevad keskkonnajärelevalvet või kelle töö seondub looduskeskkonnaga ja seal järelevalve või seire tegemisega.

2.2 Ankeetküsitlus ja valim

Uuringu läbiviimiseks kasutati ankeetküsitluse vormi, mille abil koguti kvalitatiivset informatsiooni. Küsitlus viidi läbi riigi allasutustes, kes teostavad järelevalvet või seiret keskkonnavaldkonnas. Nendeks asutuseks on Keskkonnaamet, Keskkonnaagentuur ning RMK. Autor valis need asutused, sest ühe võimalusena on soov arendada ka asutuste vahelist koostööd ning keskkonnajärelevalve tõhustamisel on see suureks abiks. Lisaks on enamikes asutustes mehitamata õhusõidukid võetud kasutusele ning leitakse on droonide valdkonna arendamine on oluline. Keskkonnaamet jaotati vastavalt kolmele peamisele suuremale valdkonnale kolmeks – eluslooduse valdkond, keskkonnakasutuse valdkond ning järelevalve valdkond. Seda ka seetõttu, et järelevalve valdkond tekkis alles 01.01.2021, mil Keskkonnainspeksioon liideti Keskkonnaametiga.

Autor kasutas ankeetküsitluse läbi viimiseks Google Forms keskkonda. Küsimustik edastati Keskkonnaameti töötajatele e-kirja teel ning samuti jagati küsitluse linki asutuse siseveebi igapäevastes uudistes. Keskkonnaametis edastati küsitlus 348 töötajale (Keskkonnaagentuur 2021). Keskkonnaagentuur jagas küsitluse linki asutuse siseuudistes kahel nädalal, Keskkonnaagentuuris töötab 2020. aasta andmetel 197 inimest (Director 2020). RMK-s saadeti küsitlus 46 töötajale ja 18-le RMK metskonna üldmeilile. Oluline küsitluse läbiviimisel oli selle jõudmine töötajateni, kes kasutasid mehitamata õhusõidukeid või kellel oli soov kasutada neid.

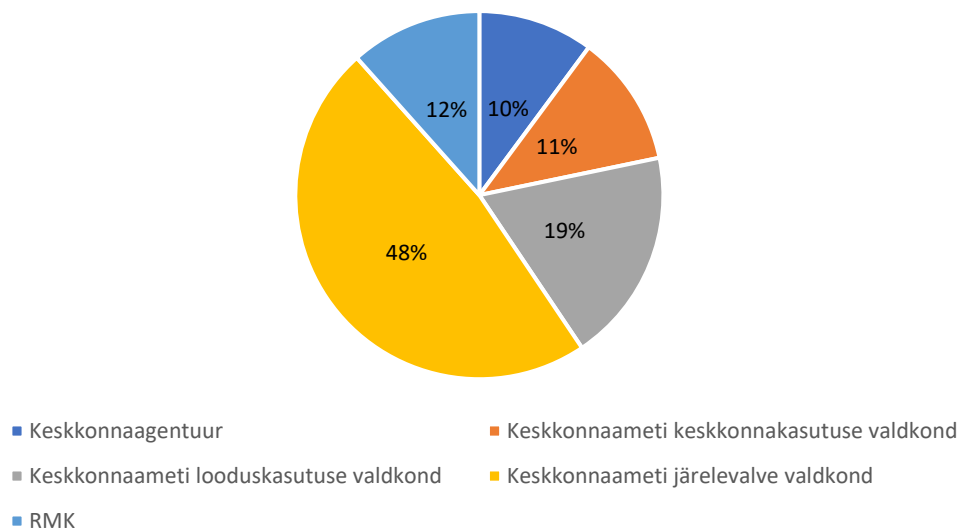
Küsimustik koosnes valikvastustest ning küsimustest, milles tuli avaldada oma arvamust või pakkuda ettepanekuid. Küsimustik jagunes kaheks, sõltuvalt vastaja vastusest kolmanda küsimuse juures. Ühes verisoonis oli seitse küsimust ning teises kuus küsimust. Küsimustikus sooviti teada vastajate kokkupuudet mehitamata õhusõidukitega, nende teadmisi, milliseid tööülesandeid täidetakse ning nende ettepanekuid valdkonna arendamiseks. Lisaks sooviti teada nende vastajate arvamust ning ettepanekuid mehitamata õhusõidukite kasutamiseks, kellel kokkupuude droonidega puudus. Küsitlus viidi läbi perioodil 12.02.2021 – 15.03.2021. Küsitluse ankeet on lisatud käesolevale tööle (Lisa 1). Küsitluses saadud vastuseid analüüsiti MS Excel keskkonnas.

2.3 Valimi kirjeldus

Küsitlusele vastas kokku 69 inimest kolmest asutusest, vastajate seast moodustasid 52% mehed ja 48% naised. Arvestades, et igas asutuses ei kasuta kõik töötajad mehitamata õhusõidukeid, annab valim piisavalt hea ülevaate mehitamata õhusõidukite kasutamise teadlikkusest ja kasutuskogemustest. Küsitlusele vastajatest 22% jäid vanusevahemikku 18.-30. aastat, 53% vastajatest moodustasid 31.-50. aastased ning 25% vastajatest olid vanuses 51 või vanemad.

Kõige aktiivsemalt vastas küsitlusele Keskkonnaameti järelevalve valdkond, kelle vastused moodustasid 48%. Neile järgnes Keskkonnaameti looduskasutuse valdkond 19%-ga. Keskkonnaameti keskkonnakasutuse valdkonnast vastas 11% RMK vastamisprotsent oli 12% ning kõige vähem vastajaid tuli Keskkonnaagentuurist, kus vastajaid moodustasid 10% (joonis 2.3.1).

Vastajate jaotumine töökohtade alusel



Joonis 2.3.1. Ankeetküsitluses vastajate töökohtade jaotus.

3. TULEMUSED

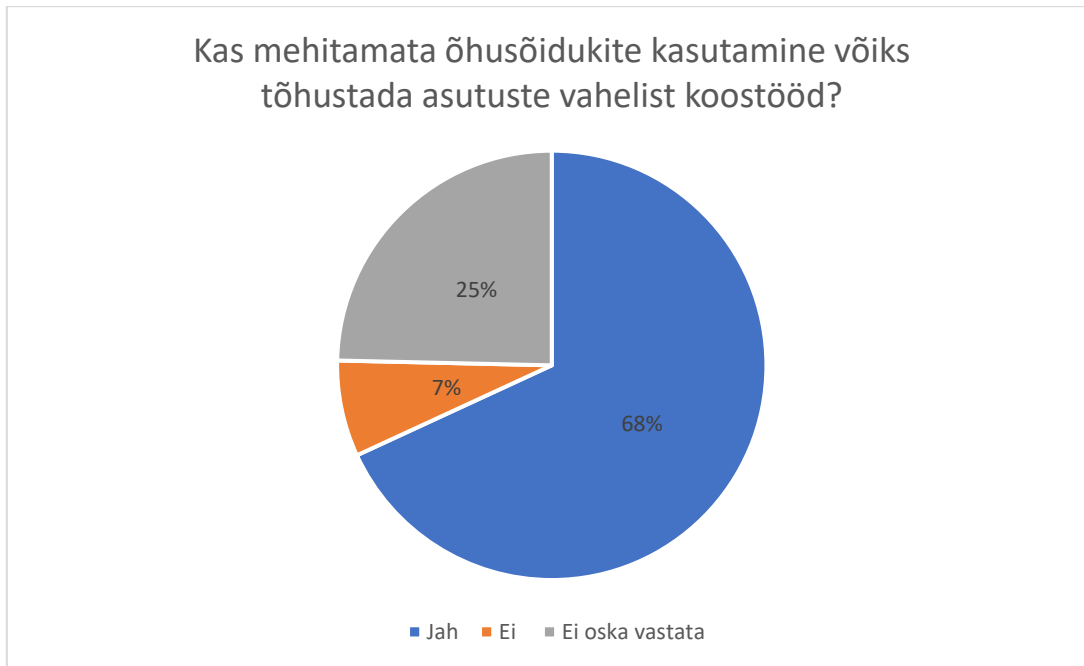
3.1. Mehitamata õhusõidukite kasutamise vajadus ning koostöö nägemine

Küsitluse esimeses küsimuses küsiti, kas nähakse oma asutuse töös tulevikus laialdasemat mehitamata õhusõidukite kasutust. 91% vastajatest vastas sellele küsimusele jaatavalt ning 9% vastajatest eitavalt (joonis 3.1.1).



Joonis 3.1.1 Mehitamata õhusõidukite kasutamine tulevikus asutuse töös.

Teises küsimuses küsiti, kas dronide kasutamine võiks tõhustada asutuste vahelist koostööd. Jooniselt 3.1.2 on näha, et 68% vastajatest on seisukohal, et dronide kasutamine võiks koostööd tõhustada. 7% vastajatest on seisukohal, et dronide kasutamine ei tõhustaks koostööd. Kõik vastajad, kes jätsid küsimusele vastamata liigitati valiku „ei oska vastata“ alla ning nemad moodustasid vastajatest 25% (joonis 3.1.2).



Joonis 3.1.2. Asutuste vahelise koostöö tõhustamise seisukohad.

Teise küsimuse teises pooles küsiti, kuidas võiks mehitamata õhusõidukite kasutamine tõhustada asutuste vahelist koostööd. Vastused jaotati kaheks, ettepanekud koostöös valdkonna arendamiseks ning konkreetsete koostöö näited asutuste vahel:

Ettepanekud koostöös valdkonna arendamiseks

- Lendude info jagamiseks ühine andmebaas, et erinevad asutused pääseksid infole ligi;
- Drooni lendude info jagamine parendaks järelevalvet kõigis valdkondades, rikkumiste tuvastamisel tuleks see suunata vastavat menetluspädevust omavale asutusele;
- Asutuste vahel oleks mõistlik soetada võimekamad droonid
- Lendude tegemiseks on välja koolitatud personal;
- Asutustes olev võimekus võiks olla täielikult kaardistatud;
- Koostöös saaks jagada andmeid, spetsialistide teadmisi ja oskusi – see vähendaks vajadust igale töötajale soetada eriprogramme ning viia läbi koolitusi, mis on asutusele rahaline kui ka ajaline kulu;
- Erinevatel asutustel on erineva võimekusega droonid, omavahelise võimekuse jagamine aitaks ka keskkonnajärelevalve tõhustamisele kaasa, ühel lennul kogutud andmetega oleks võimalik edasisi toiminguid teha mitmel asutusel, see vähendab topelt töö tegemise mahtu ning samuti on võimalik tuvastada kiiremini rikkumine ning selle ulatus;

- Mehitamata õhusõidukitega tehtud järelevalvetoimingud aitaksid kokku hoida aega, sest lennu andmete põhjal saab hinnata, kas füüsiliselt on vajalik objektile minna või mitte.

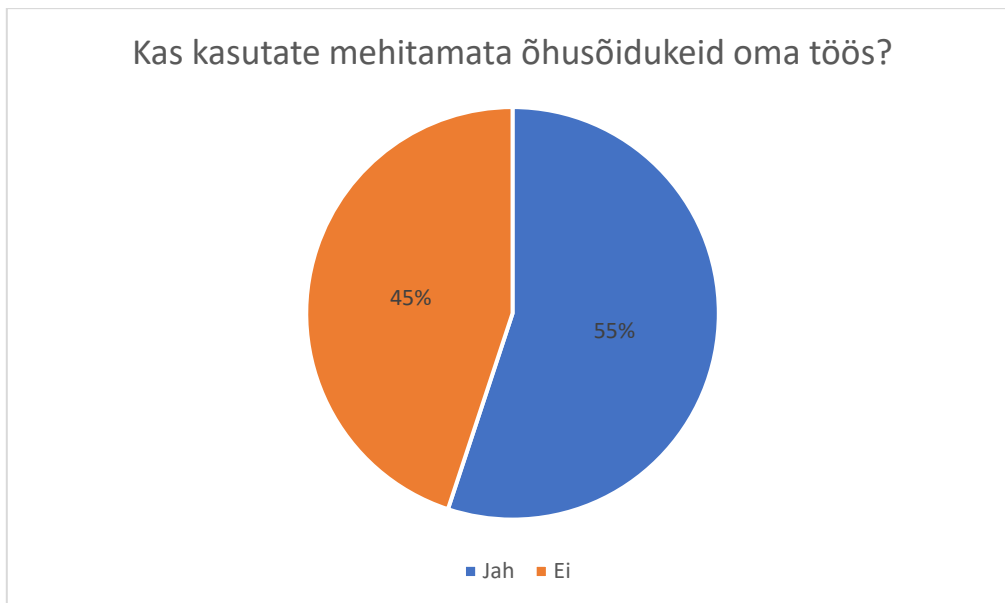
Konkreetsed koostöö näited asutuste vahel

- PPA-ga koostöö piirialadel, seal võimalik tuvastada kalapüüginõuete rikkumisi ning PPA-l võimalik tuvastada ebaseaduslikke piiriületajaid;
- Tulevalve ja tulekahju seiret saaks teha koostöös keskkonnaprobleemide seirega, tuvastatakse näiteks prügistamisi, kaitsealade nõuete rikkumisi jne.
- Viia läbi asutuste vahel koostööprojekte ja ühiseid õppuseid, samuti asutuste vaheline abi osutamine.

Saadud vastustest järeldub, et nähakse koostööd erinevate asutuste vahel, aga täpsem ettekujutus, kuidas objektil droonidega tehtava lennu andmed mehitamata õhusõiduki käitajast kasutajani või tõendusmaterjalini jõuavad, veel ei teadvustata. Eeldatakse, et kui olemas väljakoolitatud personal, kes teostab lennud ning andmetöötluse, on olemas kogu vajalik informatsioon. Tegelikuses on igal asutusel ja valdkonnal objekti suhtes erinev huvi ning andmete kogumisel ja töötlemisel tuleb eelnevalt hinnata lennu vajadust lähtuvalt selle eesmärgist. See aga eeldab eelnevalt sellise info kokku kogumist. Selleks, et paika panna droonide efektiivsus valdkondlikel kontrollidel on vaja hinnata selle tõhusust võrreldes inspektori kohapealse kontrolliga. Konkreetse ettepanekuna toodi välja koostöö Päästeametiga ning Politsei-ja Piirivalveametiga, kus on näha mehitamata õhusõidukite kasutamisel võimalust teostada erinevaid valdkondlike järelevalvetoimingud ühiste lendudega.

3.2 Kogemused ja teadmised mehitamata õhusõidukite kasutamise kohta

Kolmandas küsimuses küsiti, kas kasutatakse mehitamata õhusõidukeid enda töös. Vastused jaotusid järgnevalt - 45% ehk 31 inimest vastas eitavalt ning 55% ehk 38 inimest vastas jaatavalt (joonis 3.2.1). Vastustest järeldub, et üle poolte vastajatest kasutab droone oma tööülesannete täitmisel.

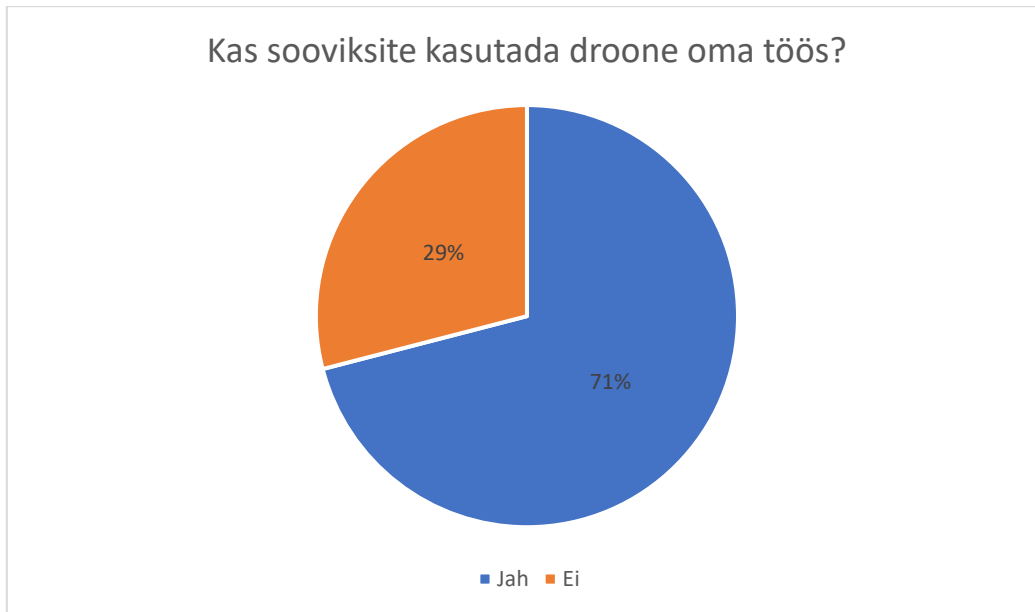


Joonis 3.2.1. Mehitamata õhusõidukite kasutamine tööülesannete täitmisel.

Kolmanda küsimuse juurest suunati vastajad edasi sõltuvalt oma valitud vastusele. Need, kes vastasid küsimusele eitavalt, pidid vastama edasi kolmele küsimusele ja need, kes vastasid küsimusele jaatavalt, vastasid täiendavalt neljale küsimusele. Mõlemal vastajate rühmal oli viimane küsimus ettepanekute esitamiseks keskkonnajärelevalves droonide laialdasemaks kasutuseks ning mõlema rühma puhul käsitleti neid eraldi, sest kasutuskogemus on erinev. Esmalt antakse ülevaade eitavalt vastajate edasistest küsimustest ja vastustest.

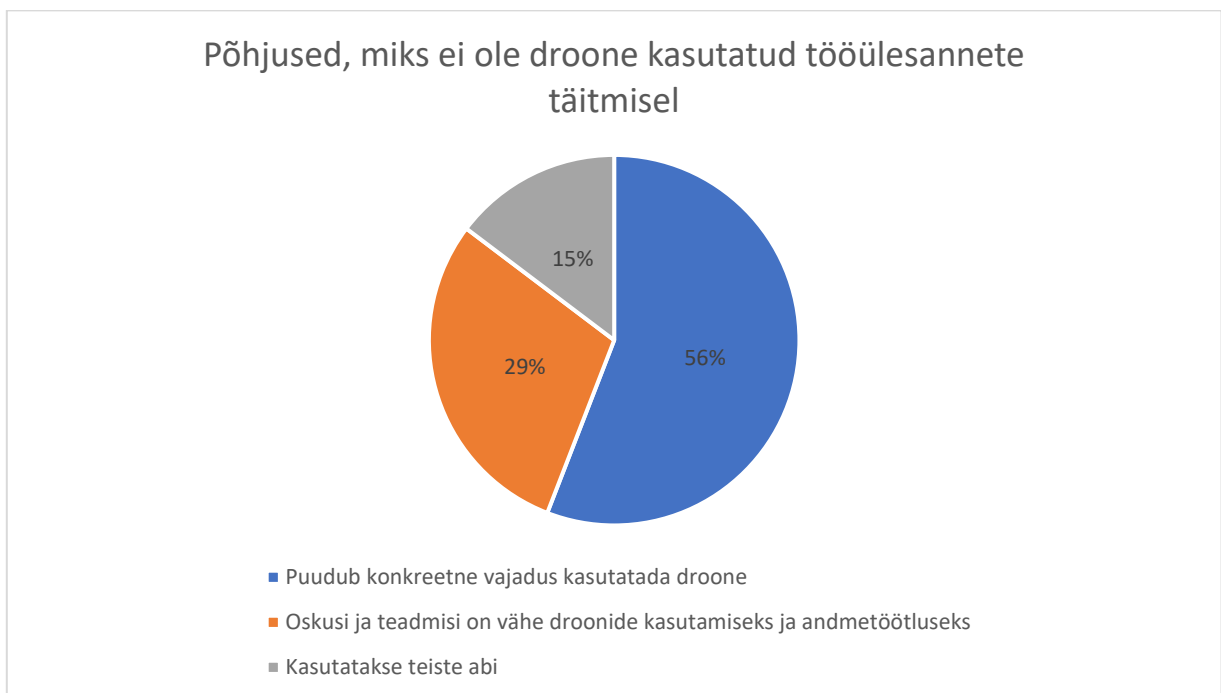
3.3 Vastajad, kes ei kasuta droone

Neljas küsimus uuris, kas kolmandale küsimusele eitavalt vastanud isikud sooviksid droone kasutada oma töös. Jooniselt 3.3.1 on näha, et 71% vastajatest sooviks kasutada droone ning 29% ei sooviks.



Joonis 3.3.1. Vastuste jaotumine lähtuvalt soovist kasutada mehitamata õhusõidukeid oma töös.

Viiendas küsimuses küsiti, miks ei ole kasutatud droone oma tööülesannete täitmisel. Vastused klassifitseeriti kolme kõige levinuma vastusevariandi alusel ning selle põhjal koostati sektordiagramm (joonis 3.3.2), osade vastajate vastused sisaldasid mitut vastust ning need loeti eraldi vastusena.



Joonis 3.3.2. Viienda küsimuse klassifitseeritud vastuste jaotumine.

Järgnevalt on toodud välja iga vastuste rühma all konkreetsed näited.

56%-l vastajatest puudub konkreetne vajadus kasutada mehitamata õhusõidukeid (joonis 3.3.2):

- Kaheksa vastajat tõid välja, et neil puudub vajadus droonide kasutamiseks, st et nende tööülesannete täitmisel pole see vajalik;
- Ei ole tekkinud objektidel vajadust teha kontrolli drooniga;
- Droonide kasutus on juhuslik ja juhtumipõhine ning puudub kindel plaan nende kasutamiseks;
- Objektidele on ligipääs hea;
- Väike vajadus kasutada mehitamata õhusõidukeid;
- Tehniline abivahend ei asenda looduskeskkonda mõjutava otsuse tegemisel konkreetsel objektil viibides tekkivat tunnetust, mis põhineb varasematel kogemustel. Droon teeb töö mugavamaks, kuid sellest tulenevalt võib see muuta ka otsuste kvaliteeti.

Oskusi ja teadmisi on vähe droonide kasutamiseks ja andmetöötluseks, 29% vastajatest (joonis 3.3.2):

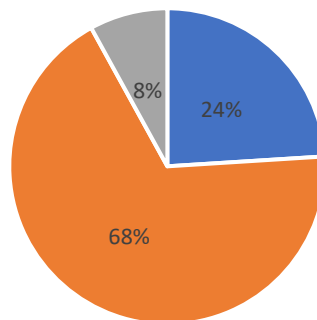
- Puudub üldine väljaõpe ja oskused;
- Puuduvad andmetöötluseks vajalikud programmid;

Kasutatakse teiste abi, 15% vastajatest (joonis 3.2.2)

- Kasutatakse väljaõpetatud kolleegide abi;
- Asutusel olemas spetsialistid, kellelt lenda tellida.

Kuuendas küsimuses küsiti, millised on vastajate ettepanekud, et muuta mehitamata õhusõidukite kasutamine laialdasemaks keskkonnajärelevalves. Vastajate ettepanekud grupeeriti enamlevinud vastuste põhjal, mõned vastajad tõid vastuses välja mitu ettepanekut ning neid vastuseid arvestati eraldiseisvate ettepanekutena (joonis 3.3.3).

Millised on ettepanekud, et muuta mehitamata õhusõidukite kasutamine keskkonnajärelevalves laialdasemaks?



- Koolitused ja väljaõpe
- Ettepanekud valdkonna arendamiseks
- Konkreetsed ettepanekud järelevalves kasutusjuhtumite korral

Joonis 3.3.3. Kasutajakogemusest vastajate ettepanekute jaotumine.

Järgnevalt on iga vastusegrupi all välja toodud vastajate konkreetsed ettepanekud.

Koolitused ja väljaõpe, 24% vastustest (joonis 3.3.3):

- Droonide populariseerimine ning nende tööpotentsiaali tutvustamine laiemale ringile. Inimestel puudub ülevaade mehitamata õhusõidukite kasutamise võimalustest seega ei osata näha ka nende rakendusvaldkondi;
- Rohkemate töötajate väljaõpe või teatud rühma inimeste põhjalik väljaõpe, kes oskaksid teha tõhusat ja kvaliteetset tööd;

Ettepanekud valdkonna arendamiseks, 68% vastustest (joonis 3.3.3):

- Mehitamata õhusõidukid võiks koguda sademete ja õhutemperatuuri andmeid üle Eesti;
- Oluline on tagada andmete kvaliteet nende kogumise faasis ning samuti hilisemal töötlemisel;
- Rohkem kvaliteetseid mehitamata õhusõidukeid;
- Droone võiks olla igas maakonnas (KeA kontoris, järelevalve kasutuses);
- Kohandada Keskkonnaameti infosüsteeme nii, et droonide abil kogutud andmed oleks säilitatavad, need oleksid kättesaadavad ning samuti oleks neid hiljem võimalik otsuste tegemisel ka analüüsida. Oluline oleks muuta mehitamata õhusõidukitega tehtud materjalid kasutamise ka seaduslikuks, et saaks seda infot

kasutada tõendusmaterjalina. Oluline mõelda ka, kuidas droonidega kogutud andmeid ja materjali esitleda autentsena;

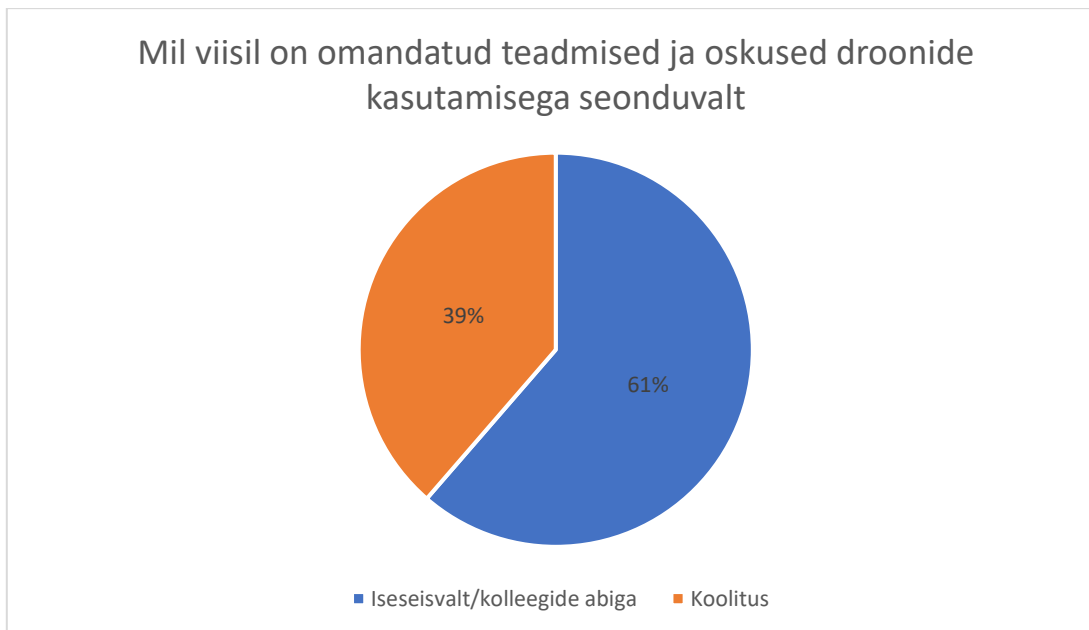
- Kasutada rohkem droone, sest nii tekivad ideed, kuidas neid kasutada;
- Tehnika vastupidavamaks arendamine ning tarkvarade lihtsustamine;
- Tööefektiivsuse ja arendustegevuse eesmärgi püstitamise küsimus;
- Vajalik koht suure mahuga andmete hoiustamiseks ja säilitamiseks;
- Vajalik mehitamata õhusõidukite kasutamist rohkem reguleerida Eestis;
- Ennem lende uurida asutustest, kas kellelgi on kontrollitavas piirkonnas huvipakkuvaid objekte või muud infot vaja ning hiljem saaks lennuga kogutud andmeid jagada.

Konkreetsed ettepanekud järelevalves kasutusjuhtumite korral, 8% vastustest (joonis 3.3.3):

- Drooni mõõtmist saab kasutada erinevates valdkondades, peamiselt annab see objektist hea ülevaate (mehitamata õhusõidukiga saab hinnata muutusi jäätmeaunade kasvu või kahanemise osas, jälgida keskkonnaluba omava ettevõtte laienemist territooriumil). Saab jälgida ettevõtete tegevust mingis kohas või mingil ajal, kui näiteks tegemist loata tegevusega;
- Valmimas magistritöö, mille eesmärk on uurida kui efektiivselt saab droonidega teha jäätmeaunade (vms materjali) mahuanalüüsi. Sellised tööd annavad ülevaate võimalustest ning samuti efektiivsusest.

3.4 Vastajad, kes kasutavad droone

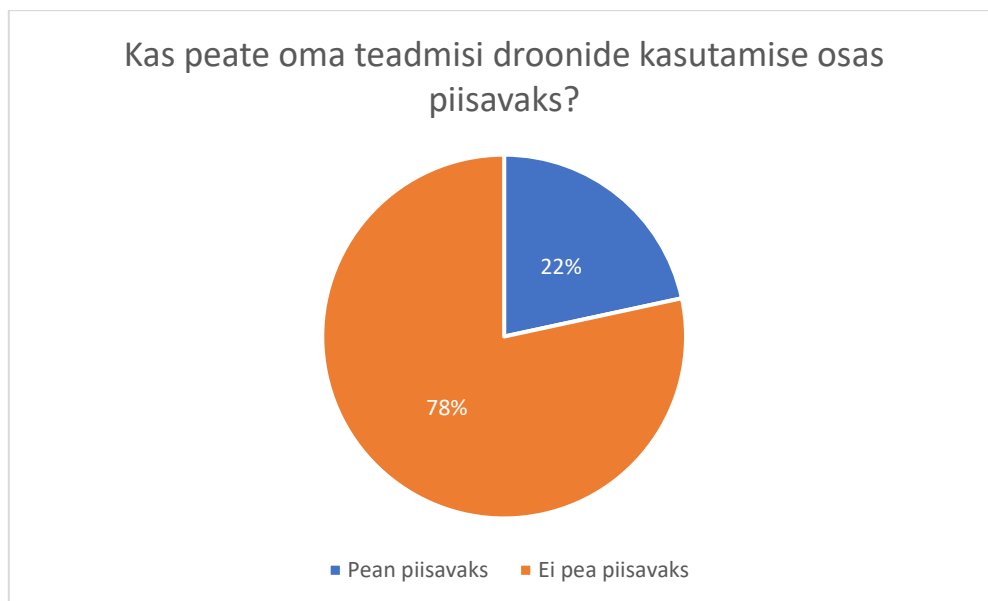
Vastajatelt, kes kolmanda küsimuse juures vastasid jaatavalt, et kasutavad oma töös mehitamata õhusõidukeid, uuriti neljandas küsimuses, kuidas on omandatud oskused ja teadmised droonide kasutamiseks. Lähtuvalt saadud vastustest jaotati need kaheks grupiks, teadmised on omandatud kolleegidelt või iseseisvalt ning teadmised on omandatud koolitustelt. Osad vastajad tõid välja mõlemad variandid ning neid arvestati eraldiseisvate vastustena.



Joonis 3.4.1. Neljanda küsimuse vastuste jaotumine.

61% vastajatest on omandanud oma oskused ning teadmised iseseisvalt, peamiselt praktiseerides töö käigus või on väljaõppe teinud pädev kolleeg (joonis 3.4.1). 39% vastajatest on omandanud teadmised ja oskused droonide kasutamise kohta koolituste abiga (joonis 3.4.1). Mitmed vastajad tõid välja, et on osalenud Lennuakadeemia kursusel „Mehitamata õhusõidukite käitamine“, mis toimus 2020. aasta suvel ning oli tellitud Keskkonnainspektsiooni poolt (alates 01.01.2021 Keskkonnaamet). Seega on vastajate teadmised väga erinevad, sest igaühel on olnud erinev õppimismeetod.

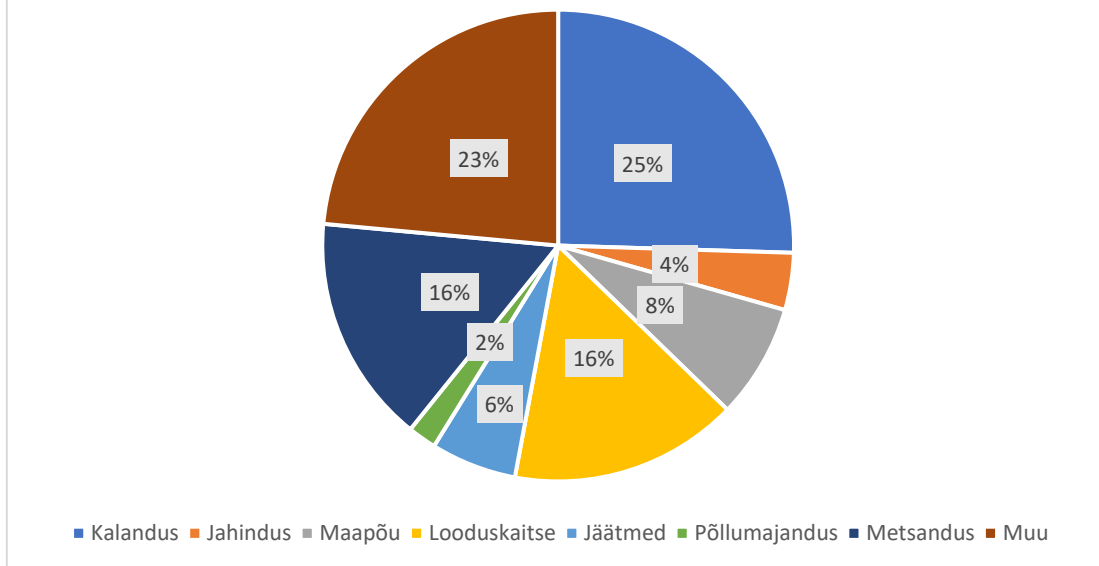
Viiendas küsimuses küsiti, kas vastajad peavad oma teadmisi piisavaks ning mida oleks vaja arendada. Jooniselt 3.4.2 on näha, et 22% vastajatest peab oma teadmisi piisavaks ning 78% ei pea või sooviks oma teadmisi rohkem täiendada. Peamiselt on oskused lendamiseks olemas, kuid soovitakse arendada andmetöötamise oskust. Lisaks on mitmed vastajad välja toonud, et teoorias on teadmised küll olemas, kuid oleks vaja neid kinnistada praktikas ehk teostada lende mehitamata õhusõidukitega. Samuti leiti, et tegu on praegu pidevalt areneva valdkonnaga, mistõttu on igasuguste uute teadmiste omandamine alati oluline.



Joonis 3.4.2. Vastajate jaotumine hinnates oma teadmisi.

Kuuendas küsimuses uuriti, kuidas ja millistel eesmärkidel on vastajad mehitamata õhusõidukeid oma tööülesannete täitmisel kasutanud. Kuna vastajad on erinevatest asutustest ning tööülesanded on ka asutuste siseselt väga erinevad andis see küsimus väga mitmeid vastuseid. Peamiselt jagati vastused seitsme valdkonna vahel, mida küsimustes esines - kalandus, jahindus, maapõu, looduskaitse, jäätmed, põllumajandus ja metsandus (joonis 3.4.3). Mõne vastuse puhul toodi ühes vastuses välja mitu valdkonda, mis loeti eraldi vastusena. Osade vastuste puhul andsid vastajad üldise vastuse, mis arvestati vastusevariandi „Muu“ alla (joonis 3.4.3).

Kuidas ja millistel eesmärkidel olete droone kasutanud oma tööülesannete täitmisel?

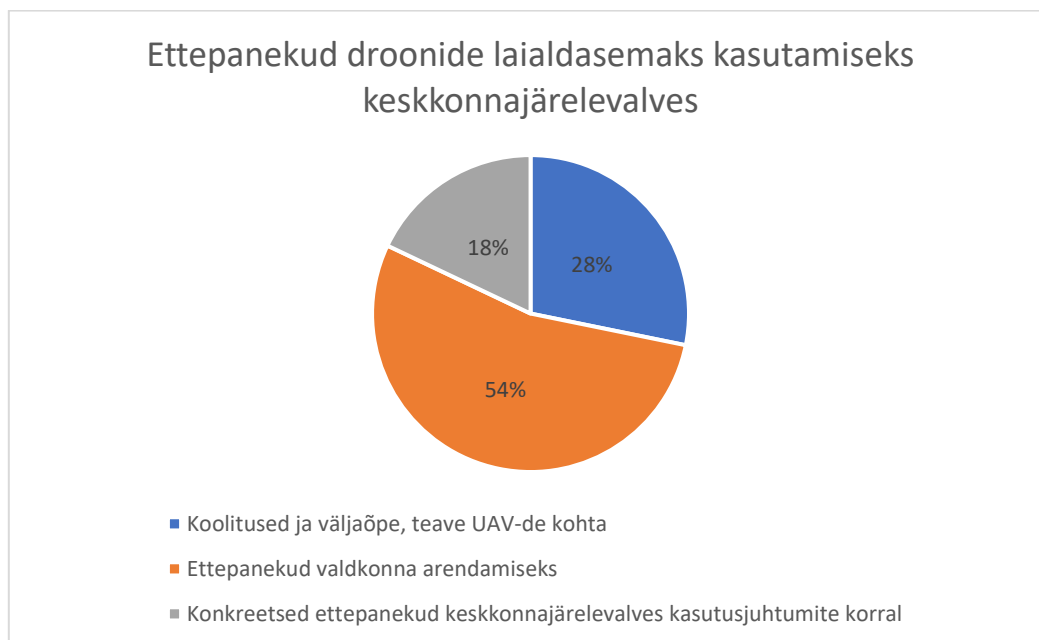


Joonis 3.4.3. Droonide kasutus valdkondade põhisel.

Kalanduse valdkonnas toodi droonide kasutamist välja kõige rohkem, 25% vastajatest. Peamiselt kasutatakse kalanduse valdkonnas droone ebaseaduslike püügivahendite tuvastamiseks veekogus, kalameeste tuvastamiseks veekogul, salavõrkude fikseerimiseks ja mõrra ehituse tuvastamiseks. Jahinduse valdkonnas tõi kasutamise välja 4% vastajatest, peamiselt kasutatakse jahimeeste leidmiseks droone piirkondades, kus puuduvad teed või on raske ligipääsetavus. Maapõue valdkonnas droonide kasutamist tõi välja 8% vastajatest. Droone kasutatakse turbakarjääride kontrollil kuna see annab hea visuaalse ülevaate suurel alal, maavara kaevandamise loa kontrollidel, kaevandatud mahtude määramisel ja korrastatud karjääride kontrollil. Looduskaitse valdkonna kontrollidele drooniga teostab 16% vastajatest, kontrollitakse looduskaitseõuete täitmist, ehituskeeluvööndeid veekogude kallastel, väriselupaikade kontroll, poollooduslikke koosluste ja nende taastamistööde ja hooldamise seire. Lisaks toodi välja, et drooniga on hea kontrollida kotkaste ja röövlindude pesi, sest sellega toimub vähem lindude häirimist ning on ka kuluefektiivne. Samuti on drooniga hea otsida hõbehaigru kolooniaid (pesitsevad roostikus) ning otsida laululuikede elupaiku (kinnikasvanud soiste kallastega väikeveekogud). Drooniga saab ka tuvastada karuputke olemasolu maastikul. Jäätmealaseid kontrollidele teostab vastajatest 6%, peamiselt toodi välja jäätmehunnikute kaardistamine ja jäätmemahude määramine drooniga. 2% vastajatest teostab drooniga põllumajanduslikke kontrollidele, toodi välja, et drooniga saab sõnnikuhoidlatest parema ülevaate. Metsanduse valdkonna kontrollidele drooniga teostab 16% vastajatest, droonilende tehakse metsa uuendamise kontrollimiseks, tormikahjustuste hindamiseks

ja metsandusalase järelevalve teostamisel ning ka pärandniitudel kontrollitakse drooniga raiete tegemist. 23% vastustest liigitati muu alla, sest seal toodi välja üldised vastused drooni kasutamisest nagu järelevalve teostamine, uuring ja kontroll, ülevaate saamine, rikkumiste kohta andmete kogumine, sündmuskoha vaatluse teostamine ja maa-ala kaardistamiseks. Nagu eelpool toodust nähtub on leitud väga erinevaid võimalusi droonide kasutamiseks järelevalve teostamisel ning kindlasti ei ole see nimekiri ammendav.

Seitsmendas küsimuses küsiti, millised on vastajate ettepanekud mehitamata õhusõidukite laialdasemaks kasutamiseks keskkonnajärelevalves. Vastused klassifitseeriti üldiste tunnuste alusel ning selle põhjal koondati andmed. Jooniselt 3.4.4 nähtub, et 54% ettepanekuid puudutasid valdkonna üldist arendamist, 28% vastustest töid vajaduse koolituste ja väljaõppe järele ning samuti vajaduse teha rohkem teavitustööd mehitamata õhusõidukite kasutamise võimalustest ning 18% vastajatest tõi välja konkreetseid ettepanekuid keskkonnajärelevalves kasutusjuhtumite põhjal. Mitmed vastajad tõi välja erinevaid ettepanekuid ning kui vastus kuulus mõne teise rühma alla, arvestati seda eraldiseisva vastusena.



Joonis 3.4.4. Kasutajakogemusega vastajate ettepanekute jaotumine.

Järgnevalt on välja toodud iga vastuste rühma ettepanekud:

Koolitused ja väljaõppe, samuti teave mehitamata õhusõidukite kohta

- Rohkem tuleks teha koolitusi ja tutvustada droonidega saadud info kasutamise võimalusi;
- Arendada tuleks metoodikat ning õpetada rohkem inimestele mahtude arvutamise oskusi;
- Võiks olla rohkem koolitusi ning praktilisest poolest ka lennutamisi.
- Praktiline asutusesisene koolitamine reaalses töökeskkonnas, see julgustaks inspektoreid rohkem droone kasutama;
- Oluline omandada kasutamise oskused, sest paljudel need puuduvad ning samuti ei olda teadlikud kõigist võimalikest kasutusvaldkondadest;
- Võiks olla eestikeelsed juhendmaterjalid, mis aitaks ka vajadusel seadet kalibreerida;
- Oluline pidevalt teha koolitusi ja hoida töötajaid valdkonna arenguga kursis, see annab kõikidele hea ülevaate ka drooni kasutamise võimalustest oma töös.
- Rohkem näha võimalusi oma töös mehitamata õhusõidukite kasutamiseks;
- Kõige olulisem on muidugi inspektoreid koolitada ning samuti julgustada kasutama mehitamata õhusõidukeid;

Ettepanekud valdkonna arendamiseks

- Tuleks luua mehitamata õhusõidukite meeskond, kes selle valdkonnaga tegeleks, seda arendaks ning tegeleks info ja andmehaldusega. See meeskond oleks tunduvalt efektiivsem oma oskuste ja varustusega, kui iga valdkonna inspektor iseseisvalt üritab sellega hakkama saada;
- Vajalik oleks luua eraldi osakond, kes tegeleks droonide arendamisega kõigis valdkondades, sest praegu arendab seda iga valdkond eraldi ning oskused ja teadmised on väga varieeruvad;
- Inspektoreid võiks varustada väikeste kaasas kantavate droonidega, mida on lihtne endaga kaasas kanda.
- Suuremad ja võimekamad droonid, mis on varustatud termokaameraga või mõõdistustarkvaraga. Samuti võiks olla paar väga head droonid, mille lennu ulatus on ca 50 km ning mis suudavad õhus püsida paar tundi. Vajadusel tuleks kasutada EL vahendeid/ressursse võimekuse saavutamiseks.
- Tõsta kasutatavate droonide kvaliteeti;
- Seire- ja mõõteseadmete rakendamine;
- Võimekamate droonide soetamine, hetkel kasutuses olevatel seadmete võimekus lagedal maastikul 2 km raadiuses lennata, kaameratel puudub suurendamise variant;
- Seadusandluses tuleks teha vastavaid muudatusi, mis lubaks ka droonidega kogutud materjalide kasutamist tõenditena;

- Võimekamad droonid;
- Kooskõlastused seadusandluses;
- Piirialadel on suureks takistuseks bürokraatia. PPA ei pea piirialadel droonide lennutamiseks luba taotlema, KeA aga peab taotlema ühekordse lennuloa. Tihtipeale tekib drooni lennutamise vajadus ootamatult ning loa taotlemine võtab aega ning see takistab suuresti ka droonide kasutamist;
- Oluline oleks välja selgitada droonide täpsus ja järeltöötuse võimalused, lisaks kasutusefektiivsuse hindamine;
- 3D mudeldamine;
- Piltide serverisse laadimine ning kaardilt nähtavaks tegemine;
- Parema rahastuse valdkonna arendamiseks ning võimekamate vahendite soetamiseks (termokaamerad, pikem lennuaeg, andmete järeltöötlus, drooni juhi tasustamine);
- Mehitamata õhusõidukite kasutamine tuleks muuta kohustuslikuks teatud järelevalve toimingutes;
- Võiks olla rohkem droone, et oleks võimekust rohkematel inimestel neid kasutada.

Konkreetsed ettepanekud järelevalves kasutusjuhtumite korral

- Teostada mõõdistamisi droonidega, pindalad ja vahemaad;
- Arendada rohkem teiste valdkondade kontrolli droonidega, näiteks põllumajandusettevõtted, PRIA jms ehk siis pruuni valdkonna kontrolli;
- Rakendada rohkem droonide kasutamist keskkonnalubade kontrollidel, kaitse territoorium, põllud, sõnnikuhoidlate lekke ülevaade;
- Näiteks peale raiet teha ülelend drooniga ning saaks määrata, kas harvendusraiel on kinni peetud rinnaspindala alammäärast, samuti näiteks karjäärides ülekaevandatud aladel mahtude arvutamine.

3.5 Küsitluse kokkuvõte

Küsitlusest saab järeldada, et 91% vastajatest peab oluliseks laialdasemat droonide kasutamist asutuse töös. Samuti leiti 68% vastajate poolt, et mehitamata õhusõidukite kasutamine tõhustaks asutuste vahelist kootööd, mis oleks oluline, sest selle tulemusel paraneb ka keskkonnaseire ning -järelevalve. Samuti arvati, et võiks olla ühine andmebaas drooni lendude info jagamiseks ja erinevatel asutustel sellele ligipääs. See annaks võimaluse jagada infot kiirelt ning vajadusel on ligipääs olemas igaühel. Vastajad

leidsid, et olemasolev olukord droonide kasutamise võimalustest oleks vajalik kaardistada, sest hetkel on väga erinevad oskused ja samuti seadmed, mistõttu ei omata täielikku ülevaadet võimekusest. Selle põhjal saaks hinnata ka koolituste vajadust, sest vastustest selgub, et inimeste teadmised ning oskused on väga erinevad.

Küsitluses selgus, et 55% vastanutest kasutab droone oma töös ja 45% vastanutest ei kasuta. Seejuures 71% nendest vastajatest, kes polnud veel oma töös droone kasutanud sooviksid seda tulevikus teha. Droone kasutatakse looduskaitse objektide jälgimisel, jahindus-, kalandus-, looduskaitse valdkonnas, metsandus valdkonna seiretel ning kaevanduste ja jäätmealade kontrollimisel. Droonide kasutamist praktiseeritakse väga paljudes keskkonnaseire ja – järelevalve valdkondades.

Kogutud andemetest selgus, et suur hulk vastajatest pidas oluliseks infot droonide kasutamise kohta, koolituste tegemist andmetöötlemise ning kasutusvõimaluste kohta ning praktilisi õppusi ja väljaõpet. 71% vastajatest, kes oma töös kasutasid droone, soovisid rohkem teadmisi just kogutud info töötlemise kohta, aga nähti ka juriidilisi kitsaskohti ja toodi välja just lennulubade pikk ooteaeg. Samuti võib väita, et inimeste teadmised droonidest on erinevad ning paljudel puudub ettekujutus sellest, millised on nende kasutusvõimalused.

4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Käesolevas töös uuriti droonide kasutamise näiteid mujalt maailmast ning Eestist ja samuti viidi läbi küsitlus saamaks infot asutuste valmisolekuks kasutada droone. Dronide kasutamise levimine viimastel aastatel on sellele valdkonnale palju tähelepanu toonud ning vajaduse hinnata nende võimekust ning kasutusvaldkondi. Uuringu tulemusel selgus, et riigiasutustes on huvi valdkonna arendamise vastu suur ning samuti on pakkuda välja ideid, mis selleks teha on vaja. Paljuski aga kajastub uuringust ka seda, et inimestel puudub täielik ülevaade valdkonnast. Dronide laialdase kasutuse leviku põhjuseks on nende võime saada kiirelt andmeid (Aluoja 2013). Hetkel teostatakse keskkonnajärelevalvet ja -seiret peamiselt konkreetsel objektil kohapeal käies ning vajadusel tehakse mõõtmised vastavate seadmetega, kuid droon annab võimaluse koguda andmed kokku lühema aja jooksul ning samuti on järgnev andmetöötlus kiirem protsess, võrreldes kohapeal tehtavate mõõtmistega. Uuringust tuli välja, et dronide kasutus on oma algatusel väga laialt levinud ning samuti on soov tulevikus droone kasutada ka neil, kes neid varasemalt kasutanud pole. Enamik küsitlusele vastajatest näeb tulevikus dronide laialdasemat kasutamist oma asutuses. Dronide areng on meeletult kiire ning iga aastaga avastatakse nende kasutamiseks uusi valdkondi. Siinkohal ongi oluline hinnata ka nende kasutusvaldkondi keskkonnajärelevalves ja tuua välja ka koostöö võimalused asutuste vahel.

Koostöö arendamiseks on vajalik hinnata mitmeid aspekte, alates eeltööst vajalike andmete kogumiseks kuni andmeanalüüsi lõppfaasis andmete kättesaadavaks tegemiseni. Erinevad asutused soovivad uuritavast piirkonnast erinevat infot, kuid selleks, et andmete kogumine teostada ühise lennuga, on vajalik teada, mis andmeid saada soovitakse. Selle põhjal tuleb lennu teostamiseks valida sobiv droon, sobivad kaamerad ning hinnata andmemahthu, mis kogutakse. Hiljem on vajalik teha andmetöötlus ja analüüs. Selleks, et selline koostöö toimiks oleks kindlasti vajalik, et drooni valdkonnas oleks igast asutusest vastavad inimesed, kes seda infot koguvad ja edastavad. Paika tuleks panna, kuidas kogutakse andmed ennem lennu teostamist asutustest ning kuidas peaks toimuma hilisem andmetöötlus, kas seda teeb mingi kindel grupp inimesi koostöö raames või on igast asutuses vastavad inimesed, kes seda teevad või antakse kogutud materjal edasi otse soovijale, kes siis seda vastavalt saab kasutada andmete töötlemiseks ja analüüsiks.

Ühe konkreetse koostöö võimalusena toodi välja piirialadel ühiste lendude tegemine PPA-ga, kus keskkonnajärelevalves oleks võimalik tuvastada kalapüüginõuete rikkumisi ning PPA saab teha järelevalvet ebaseaduslike piiriületajate osas. Selles osas vähendaks koostöö ka bürokraatiat, sest hetkel on piirialadel drooni lennutamiseks vajalik hankida lennuluba. Tihtipeale aga tekib selliseid olukordi, kus drooni lennutamise vajadus võib tekkida ootamatult ning kui inspektor pole luba taotlenud, ei saa ta ka lendu teostada. Veel toodi koostöö võimalusena välja Päästeametiga tulevalve ja järelevalve tegemine, kus droonidega uuritavatel aladel saaks ka tuvastada prügistamisi või kaitsealade nõuete rikkumisi. Samuti oleks võimalik teha ka Päästeametiga koostöös järelevalvet metsanduse valdkonnas. Üks ettepanek koostöö arendamiseks oli luua ühine andmebaas, kus lendude infot jagatakse. Ühine andmebaas tagaks kiire ja ülevaatliku info liikumise lendude kohta. Andmebaasi saaks asutused määrata huvi pakkuvad piirkonnas, kus lende soovitakse teha ning kõik osapooled, kellel on antud ala suhtes mingi huvi saaksid esitada ka omapoolsed soovitatavad andmed. Muidugi tekib siinkohal küsimus, millise võimekusega droonid asutustes on ning kas peaks asutused omavahel koostöös soetama võimekad droonid, millega on võimalik koguda eri liiki andmeid. Samuti mängib rolli ka drooni käitaja oskus andmeid koguda ning oluline oleks tagada andmete kvaliteet, mis tõstatab küsimuse, kas drooni peaksid käitama asutustes kindlad välja koolitatud isikud või peab olema asutuses olemas kõikidel see võimekus, kes droone käitavad. Koostöö arendamine tõhustaks kindlasti ka keskkonnajärelevalvet ja -seiret ning samuti oleks sellest kasu ka teistele asutustele, kellega koostööd tehakse. Kindlasti vajaks see teema tõsisemat käsitlust ning tekkinud küsimustele vastuste leidmist.

Uuringust selgus, et drooni valdkonna vastu on suur huvi ning inimesed sooviksid neid rohkem kasutada. Puuduseks on teadmatus kasutusvaldkondadest ning koolituste ja väljaõppe puudumine. Tänapäeval on iga inspektor peamiselt ise pidanud endale selgeks tegema, kuidas drooni lennutada ning millised on võimalused. Asutusesiseselt on tehtud üks koolitus, mis puudutas droonide käitamist ja andis esmase ülevaate seadusandlusest ja droonidest üldiselt. Selleks aga, et võtta droonid kasutusele ja rakendada nende maksimaalset potentsiaali, oleks vajalik teha koolitusi, mis arendaks ka andmetöötlusoskust, samuti oleks vajalik, et inimesteni jõuaks info, millistes valdkondades on nende kasutusvõimalused ning kuidas neid kasutada soovitud andmete saamiseks. Droonide laialdasemaks kasutuseks järelevalves toodi välja mitmete vastajate poolt ka seda, et võiks olla kindel töörühm, kes tegeleb valdkonna arendamisega ning samuti teostab soovitud lende. Mõneti oleks see igati mõistlik, et valdkonnas tegutsevad teatud inimesed, kes teevad droonidega kogu vajaliku töö ja edastavad saadud tulemused inspektorile. Samas on järelevalve teostamise kohustus ka

inspektoril ning siinkohal tuleb paika panna, kas inspektor peaks lennu teostamise ajal samuti drooni käitajaga kaasas olema. Paljud inspektorid aga soovivad oma valdkondlikke kontrolle just ise teostada, sest nad teavad oma maakonna piires uuritavaid objekte kõige paremini. Drooni kasutamise osas on vajalik hinnata võimalikke lahendusi, kus ja kes neid kasutavad ning millisel eesmärgil. Kindlasti ei ole kõikidel töötajatel huvi droonide kasutamist õppida ning nende jaoks oleks mugavam kui olemas oleks vastav inimene, kes vajadusel teostaks lennu ja teeks andmetöötlust.

Kõik asutused püüavad alati leida lahendusi, mis vähendaks nende kulutusi rahaliselt ning samuti otsitakse võimalusi, et tööülesandeid üha kiiremini ja kvaliteetsemalt täita. Droonide maksumus on väga erinev ning sõltub suuresti sellest, millist infot sellega koguda soovitakse. Hetkel Keskkonnaameti järelevalveosakonnas kasutuses olevad DJI Mavic Pro droonid on järelevalve tegemisel väga heaks abivahendiks ja annavad võimaluse efektiivseks infokorjeks. Lennuaeg ühe akuga jääb neil droonidel ligikaudu 20 minuti kanti, seda on välja toodud ka teiste kasutajate poolt (Eramets 2018). Mitme aku puhul on võimalik teha lend tunni aja jooksul. Lennu pikkus sõltub muidugi uuritava ala suuruselt ning siinkohal on oluline ka, et eelnevalt oleks paika pandud, millistest punktidest lende tehakse. Arvestada tuleb ka seda, et drooni ja juhtpuldi vahel peab püsima signaal. Mitmetes läbiviidud uurimustes on välja toodud, et drooniga on seire või järelevalve teostamine kiirem, sest ei pea kulutama nii palju aega objekti läbi käimisele ja kohapealsele mõõdistamisele. Sikka (2017) tõi oma töös välja, et drooni lend objektil, kestis umbes pool tundi ning hilisemale andmetöötlustele kulus ligikaudu üks tund. Kokkuvõtvalt kulus andmete kogumisele ja analüüsimisele natuke alla kahe tunni, kohapealsete mõõtmistega oleks aega kulunud 2 tööpäeva (Sikka 2017). Droonid pakuks keskkonnajärelevalves kindlasti ajakulu kokkuhoidu. Paljudes järelevalve toimingutes on kõige kulukamaks just objektil viibimine ja selle läbi käimine. Objektid on väga erinevad ning mõnikord võib kuluda ülevaate saamiseks terve tööpäev ning sellestki võib väheks jääda. Droon oleks siinkohal taaskord heaks lahenduseks, mis lihtsustaks inspektori tööd. Eesti Energia kasutab droone oma kaevandustes laomahutude kaardistamisel ja objektide mõõtmisel. Kogu ala kontrollitakse drooniga ning see on tunduvalt ohutum, kiirem ja piisavalt täpne. Näiteks saab Estonia kaevanduse põlevkivilaojäägi ära määrata poole tunniga, varasemalt kulus sellele pool päeva. (Eesti Energia 2020) Keskkonnajärelevalves on samuti oluline tagada ohutus ning droon võiks tunduvalt vähendada riske, mis võivad objekti läbi käimisega kaasneda.

Uuringu tulemusel selgus, et droone kasutatakse väga erinevate tööülesannete täitmisel. Kõige lihtsam ja kiirem viis nendega info kogumiseks on objektist või piirkonnast ülevaate saamine, mida rakendatakse kalandus-, jahindus- ja looduskaitse järelevalve teostamisel. Paljud töötajad on ka ise leidnud mitmeid võimalusi droonide kasutamiseks teistes valdkondades, kus vajalik on ka näiteks hilisem andmetöötlus. See näitab, et asutuses pole täpselt ära määratletud, millistes valdkondades on võimalik droone kasutada, kuid seda oleks vajalik teha. Keskkonnajärelevalve peab suutma käia kaasas tehnoloogia arenguga ning selleks on oluline ka määratleda valdkonnad, mille kontrollidel on droonide kasutamine vajalik. Järelevalve peab olema riigis ühtne ning tagama, et igas maakonnas oleksid ühtsed toimingud selle teostamiseks. Droonidega alles alustaval inspektoril on alguses väga raske koheselt kvaliteetseid andmeid koguda asuma, sest pole juhiseid, millele tuginedes vajalikke oskusi ja teadmisi omandada. Uuringust selgus, et vajalik oleks arendada rohkem ka teiste valdkondade (põllumajandus, PRIA, jäätmed) kontrolle droonidega, sest hetkel on rohkem droonid kasutuses kalanduse-, looduskaitse- ja jahinduse järelevalve tegemisel. Järelevalve tegemisel on igal valdkonnal oma spetsiifika, mis omab andmete kogumisel tähtsat rolli ning oluline oleks vastavate juhiste olemasolu. Vastavad meetodikad oleksid vajalikud andmete tõendamiseks. Keskkonnajärelevalves on väga oluline, et saadavad andmed oleksid kogutud vastavalt seadusele. Kuna hetkel pole drooniga saadud mõõdistusandmeid võimalik kasutada tõendusmaterjalina, on saadud andmed pigem informatiivsed. Vastavate meetodikate väljatöötamine oleks üks võimalus, kuidas saaks droonidega kogutud andmed muuta autentseks.

Uuringust nähtub, et inimeste teadmised on väga erinevad ning puudujääk on juba üldistest teadmistest, sest kasutusvaldkonna laiendamisel keskkonnajärelevalves toodi välja mitmeid teemasid, mis tegelikult leiavad ka praegu rakendust. Uuringus toodi valdkonna arendamiseks välja näiteks 3D mudelite tegemist ning pindalade ja vahemaade arvutamine. Seda kõike on võimalik drooniga kogutud andmete põhjal teostada. Drooniga on võimalik luua 3D kõrgusmudeleid (inglise keeles *digital elevation model* ehk lühend DEM), millele on omakorda võimalik laotada ortomosaiik, mis muudavad need kolmemõõtmelised mudelid väga realistlikeks. Saadud mudelilt saab hinnata välist tegelikku olukorda erinevate nurkade alt arvutiekraanilt. Neid mudeleid on edasi võimalik konverteerida geodeesias tuntud CAD-tarkvarade pinnalaotuseks kolmnurkmudelite kujul (inglise keeles *triangulated irregular network* ehk lühend TIN). Saadud andmeid on võimalik kasutada näiteks pealmaakaevanduste kaevandatud mahtude määramisel. Drooni lennult kogutud aerofotode põhjal saab teha ka punktipilvi (inglise keeles *point cloud*), mida on omakorda võimalik klassifitseerida ning selle

tulemusel eristada vajalikud objektid mittevajalikest, näiteks taimkate või hoonestus maapinnast. (Aluoja 2013) Andmeanalüüsiks on võimalik kasutada erinevaid tarkvarasid, kõige tuntumad neid on GIS tarkvarad. Lisaks on andmetöötluks veel mitmeid programme, mis on tehtud kasutajate jaoks võimalikult mugavaks ning on kas osaliselt tasuta või väikese kuutasuga, näiteks Agisoft Metashape, Drone 2Map, Maps Made Easy jne.

Keskkonnajärelevalve teostamisel kõige lihtsam andmete saamise viis on objektist ülevaate saamine, mida uuringus palju välja toodi. Lend tehakse soovitud piirkonnas ja kogutakse kokku vajalik info. Looduskaitse piirangute kontrollimisel, kalanduse järelevalves ning jahitegevuse tuvastamisel on see kõige kiirem viis tuvastada kuskil rikkumisi. Lennu tegemise ajal on koheselt võimalik ekraanilt juba tuvastada rikkumine ning vajadusel minna kohapeale kontrollima. Teise variandina saab ka teha lennuga video või fotod ning kui tuvastatakse rikkumine on võimalik tugineda lennu ajal kogutud andmetele ning asuda edasisi järelevalvetoiminguid teostama. Sellist ülevaatlikku info kogumise meetodit on võimalik kõikides valdkondades rakendada. Põllumajanduse valdkonna kontrollidel on võimalik kontrollida sõnniku- ja silohoidlaid ning tuvastada nende lekkeid, samuti on võimalik tuvastada sõnniku ja siloauasid põldudel. Kalanduse ja looduskaitse valdkonna kontrolli saab ühildada ka põllumajanduse valdkonna kontrolliga, kus saab tuvastada veekaitsevööndis karjatamist. Maapõue ja jäätmevaldkonna kontrollidel on hea saada drooniga ülevaate objektist, kuid siinkohal saab hiljem teha ka andmetöötlust ning määrata jäätmemahтусid või karjäärides tuvastada näiteks mäeeraldise piiridest väljapoole kaevandamist või hinnata kaevandatud materjali mahтусid. Droonidega puistangu mahтude määramisel jäävad mõõdistamise erinevused lubatud mahтude piiresse (Männamets 2015). Erinevatel objektidel on materjalide iseloom ka erinev, mis võib mingil määral mõjutada saadavat tulemust. Karjääride kontrollimisel on võimalik drooniga kontrollida mäeeraldise piiride tähistamist või materjalipuistangute ladustamist teenindusmaal ning et kaevandaja peaks kinni kehtestatud piiridest. Metsanduse valdkonnas saab droonidega kontrollida metsaeraldise piiridest kinni pidamist, raietööde teostamist ja metsa uuendamist. Metsanduse valdkonnas vajaks droonide kasutus keskkonnajärelevalves kindlasti rohkem arendamist ja meetodikate väljatöötamist.

Võttes arvesse uurimistulemusi ja käesoleva töö teoreetilist osa teeb töö autor järgnevad ettepanekud:

1. Keskkonnaameti järelevalveosakond peaks kaardistama ära, milline on struktuuriüksuse võimekus kasutada droone. See annaks ülevaate, millisel tasemel on inspektorite oskused ja teadmised ning milliseid koolitusi oleks vaja, et arendada nende oskusi. Lisaks saaks ülevaate, kas praegu kasutusel olevad droonid on piisavalt võimekad ja tagavad piisava infokorje järelevalve teostamisel.
2. Asutuses tuleks tutvustada droonide kasutusvõimalusi järelevalve toimingute tegemisel. See annaks inspektoritele ülevaate ning edasi saavad nad otsustada, kas ja millistel toimingutel droone kasutada sooviksid, samuti saab sellega hinnata koolituste vajadust.
3. Drooniga kogutud andmete hoiustamiseks oleks vajalik luua andmebaas, sest tegu on suure mahuga andmetega, mis võtavad palju ruumi.
4. Droonide kasutuse valdkonna arendamiseks on kindlasti vajalik töörühm, kes tegeleb selle valdkonnaga ning pidevalt kaardistab ja hindab olukorda. Tegu on pidevalt ja väga kiirelt areneva valdkonnaga ning üha enam leitakse droonide kasutamiseks uusi väljundeid, samuti on oluline, et seadusemuudatused jõuaksid kiirelt drooni käitajateni.
5. Hinnata tuleks valdkondlikke kasutusvõimalusi: kalanduse-, jahinduse-, looduskaitse-, metsanduse-, jäätmealase-, põllumajanduse-, veekaitse- ja maapõue järelevalve teostamisel drooniga. Selleks oleks vajalik igas valdkonnas tutvustada, millised on võimalused drooni kasutamiseks ning milliseid andmeid sellega on võimalik koguda.
6. Tuleks välja töötada vastavad meetodikad igas valdkonnas, see muudaks andmete kogumise kvaliteetsemaks. Lisaks võiks väljatöötatud meetodikad olla olulised ka hilisemas tõendamise faasis.
7. Tuleks hinnata koostöö võimalusi teiste asutustega ja kas koostöö tegemine oleks mõistlik ning kas see koostöö tagaks ka andmete piisava kvaliteedi.
8. Vajalik oleks hinnata, milliseid tarkvaraprogramme tuleks asutuses kasutusele võtta nii lendude planeerimiseks kui hilisemaks andmetöötluseks.

KOKKUVÕTE

Keskkonnajärelevalvel on oluline kaasas käia tehnoloogiliste muutustega ning leida järelevalve teostamiseks efektiivsemaid meetodeid. Droonid leiavad üha enam kasutusi erinevates asutustes, kes samuti teostavad järelevalvet oma tegevusvaldkondades. Droonide kasutamine võiks aidata muuta keskkonnajärelevalvet efektiivsemaks ning vähendada ka inspektorite töömahtu, mis suuresti seisneb objektide kohapealse kontrollimises.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli anda ülevaade droonide kasutamisest keskkonnajärelevalves ja pakkuda Keskkonnaameti järelevalveosakonnale vastavasisulised arengusuunad. Töö eesmärgi täitmiseks püstitati kaks uurimisülesannet. Esmalt viidi läbi küsitlus Keskkonnaametis, Keskkonaagentuuris ja RMK-s, et hinnata töötajate teadmisi ja oskusi droonide kasutamisest. Teisena koostati küsitlusele tuginedes analüüs ja toodi välja arengusuunad Keskkonnaameti järelevalveosakonnale, et muuta droonide kasutamist keskkonnajärelevalves laialdasemaks.

Uurimuse tulemusena selgus, et töötajate huvi droonide kasutamise vastu on suur. Nii mitmeteski keskkonnajärelevalve ja -seire valdkondades on droonid juba leidnud kasutust. Droone kasutatakse kalapüüginõuete, jahinduse, looduskaitse, metsanduse, jäätmekäitluse valdkonna, maapõue, ja põllumajanduse kontrollidel. Paljudel juhtudel toodi ka välja, et drooni on hea kasutada objektil ülevaate saamiseks. Vastajate ettepanekutest droonide laialdasemaks kasutamiseks toodi kõige rohkem välja koolituste ja väljaõppe vajadust, sest see saab tihti väga suureks takistuseks, miks droone ei kasutata. Samuti toodi olulise asjana välja, et drooniga kogutud andmeid ei ole võimalik tõendusmaterjalina kasutada, sest puudub väljatöötatud metoodika, mis oleks kooskõlas seadustega. Võimekamate droonide soetamine oli samuti üks enim välja toodud vastus. Seda ilmselt ka seetõttu, et praeguste droonide lennuaeg on lühike ning nad on väga tundlikud ilmastikutingimustele. Uuringu põhjal võib öelda, et droone tahetakse kasutada ning soovitakse saada juurde teadmisi, kuidas ja millistes järelevalve valdkondades nende kasutamine on võimalik.

Lähtuvalt teisest püstitatud uurimisülesandest viidi läbi küsitluse analüütiline käsitlus. Selle tulemusena pakuti Keskkonnaameti järelevalveosakonnale välja arengusuunad, et muuta droonide kasutamine keskkonnajärelevalves laialdasemaks ja efektiivsemaks.

Arvestades käesolevas töös saadud tulemusi, on droonide valdkonna edasine arendamine väga oluline. Käesolevas töös pakutud arengusuunad tuginevad uuringul saadud vastustele ning kirjanduse analüüsile. Oluline oleks hinnata spetsiifiliselt iga keskkonnajärelevalve valdkonda eraldi, mis annaks detailsema ülevaate ja aitaks luua ja levitada asutuses ka ühtset praktikat, mida saaksid kõik rakendada.

SUMMARY

Drones are effective tools for environmental monitoring. In Estonia drones are used for environmental inspections couple of years now and we have some practice. Different institutions have learned how to use drones and make their work more secure and cost-effective. In Estonia there are no researches about using drones in environmental inspections from earlier.

The aim of this Master's thesis is to give development ideas for Supervision Department of Republic of Estonia Environmental Board. In order to achieve purpose of the work two research tasks were set, first to conduct a survey and second to give development ideas basing on survey analysis.

Survey was conducted in Environmental Board, in Environment Agency and in the State Forrest Management Centre. The purpose of survey was to find out in what duties drones are used and how. Also to get a overview about workers knowledge about drones and their using possibilities. Drones are used in different environmental inspection and monitoring tasks based on this study. Mostly brought out drone use in fisheries surveillance, in nature conservation, in hunting supervision, in waste monitoring and in mining areas. The survey revealed that there is a need for introducing drone use possibilites and also for training. Second task was to analyse survey information and bring out development ideas. Nine development ideas was proposed to Supervision Department of Environmental Board.

This paper gives a overview about drone use possibilities and definitely using drones in different supervision specialities needs to be analysed in more detail. For environment surveillance it is very important to work out standardised protocols to do surveillance, because using drone data for evidence is obstacle. It is very important to collect data about institution capability and start planning how to make surveillance more effective in environmental surveillance.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Alliksoo, M.** (2021). Droonid ja vesinik. Skycorp. http://h2est.ee/wp-content/uploads/2019/11/notes_vesinikdrooni_marek.alliksoo.pdf (18.05.2021)
- Aluoja, J.** (2013). Droonid maastikul: kiiremini, detailsemalt ja turvalisemalt mõõdistamas. *Tehnoloogia*. Lk 36-37.
- Anic-Murguzur, F. J., Munoz, L., Monz, C., Hausner, V. H.** (2020). Drones as a tool to monitor human impacts and vegetation changes in parks and protected areas. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. Vol 6. Lk 105-113.
- Chao, H., Cao, Y., Chen, Y.** (2010). Autopilots for small unmanned aerial vehicles: A Survey. *International Journal of Control, Automation, and Systems*. Vol. 8. Lk 36-44.
- Curzan, C. B., Weinstein, B. G., Grasty, M. R., Kohn, B. F., Hendrickson, E. C., Arredondo, T. M., Thompson, P. G.** (2016). Small unmanned aerial vehicles (micro-UAVs, drones) in plant ecology. *Applications in Plant Sciences*. Vol. 4(9).
- DJI. (2021). MATRICE 300 RTK. Specs. Kättesaadav: <https://www.dji.com/ee/matrice-300/specs> (18.05.2021).
- Director. (28.04.2021). Unistuste tööandja. Keskkonnaagentuur. Kättesaadav: <https://director.ee/2020/03/10/keskkonnaagentuur/> (19.05.2021).
- Droon.ee. (2021a). Droonid. DJI Care Refresh 2-Year Plan (DJI Air 2S). Kättesaadav: <https://droon.ee/toode/dji-care-refresh-2-year-plan-dji-air-2s/> (18.05.2021).
- Droon.ee (2021b). Droonid. Inspire 2. Kättesaadav: <https://droon.ee/toode/inspire-2/> (18.05.2021).
- Eesti Energia. (28.11.2020). Droonidest on saanud kaevanduses väärt abimees. Kättesaadav: <https://www.energia.ee/et/uudised/avaleht/-/newsv2/2020/11/28/droonidest-on-saanud-kaevanduses-vaart-abimees> (20.05.2021).
- Eesti Kaitsevägi. (7.05.2020). Kaitsevägi toetab piirikontrolli mehitamata õhusõidukiga. Kättesaadav: <https://mil.ee/uudised/kaitsevagi-toetab-piirikontrolli-mehitamata-ohusoidukiga/> (24.05.2021).
- Eisenbeiss, H.** (2009). UAV Photogrammetry. Doktoritöö. Konföderatsiooni Zürichi Tehnikakõrgkool. 203 lk.

Eramets. (09.10.2018). Droon aitab aega kokku hoida. Kättesaadav: <https://www.eramets.ee/metsandusuudised/droon-aitab-aega-kokku-hoida/> (23.05.2021).

Floreano, D., Wood, R. J. (2015). Science, technology and the future of samll autonomous drones. *Nature*. Vol 521. Lk 460-466.

Kangru, T., Lõhmus, V., Felding, S. (2021). Droonide kasutamise võimalikkusest korrashoiutööde järelevalvel. Aruanne. Tallinna Tehnikakõrgkool. Tallinn. Kättesaadav: https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/aruanne_2020-016_10.05.2021.pdf (19.05.2021)

Kardasz, P., Doskocz, J., Hejduk, M., Wiejkt, M., Zarzycki, H. (2016). Drones and possibilities of their using. *Journal of Civil & Environmental Engineering*. Vol 6.

Keskkonnaagentuur. (18.05.2021). EMAS organisatsioonid Eestis. Kättesaadav: <https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/eesmargid-tegevused/emas/emas-organisatsioonid-eestis> (20.05.2021).

Keskkonnaamet. (2021). Keskkonnaameti tutvustus. Kättesaadav: <https://www.keskkonnaamet.ee/et/keskkonnaamet-kontakt/keskkonnaameti-tutvustus> (07.03.2021).

Lega, M., Kosmatka, J., Ferrara, C., Russo, F., Napoli, R. M. A., Persechino, G. (2012). Using Advanced Aerial Platforms and Infrared Thermography to Track Environmental Contamination. *Environmental Forensics*. Vol 13. Lk 332-338.

Manfreda, S., McCabe, M., Miller, P., Lucas, R., Madrigal, V. P., Mallinis, G., Dor, E. B., Helman, D., Estes, L., Ciruolo, G., Müllerova, J., Tauro, F., De Lima, M. I., De Lima, J. L. M. P., Frances, F., Caylor, K., Kohv, M., Maltese, A., Perks, M., Ruiz-Perez, G., Su, Z., Vico, G., Toth, B. (2018). On the Use of Unmanned Aerial Systems for Environmental Monitoring. *ResearchGate*.

Miller, K. (2019). Droonide kasutamise võimalused prügilagaasi seires. Magistritöö. Linna- ja tööstusmaastike korralduse õppekava. Eesti Maaülikool. Tartu. Lk 71.

Männamets, H. (2015). Droonilt mõõdistamise kasutamise võimalikkus markšeideritöödel. Magistritöö. Mäeinstituut. Tallinna Tehnikaülikool. Tallinn. Lk 52.

Rango, A., Laliberte, A. S. (2010). Impact of flight regulations on effective use of unmanned aircraft systems for natural resources applications. *Journal of Applied Remote Sensing*. Vol 4.

Rohi, G., Ejofodomi, O., Ofualagba, G. (2020). Autonomous monitoring, analysis, and countering air pollution using environmental drones. *Heliyon*. Vol 6.

RT I 25.05.2018, 1. (01.01.2019). Mõõteseadus¹. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/112122018057> (18.05.2021).

RT I 10.07.2020, 98. (07.07.2001). Keskkonnajärelevalve seadus. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/12798053?leiaKehtiv> (07.03.2021).

Sikka, A. (2017). Drooni kasutamise võimalikkus põlevaine ladustamise laoplatside paikvaatluses Lõuna päästkeskuse näitel. Lõputöö. Sisekaitseakadeemia Päästekolledž. Tallinn.

Simon, J., Essex, A., Muhlhausen, J., Scott, J. (2017). Drones and Environmental Monitoring. *Environmental Law Reporter*. Vol 47.

Smith, K. W. (2015). The Use of Drones in Environmental Management. World Environmental and Water Resources Congress. Conference Paper.

Sisekaitseakadeemia. (2021). Sisekaitseakadeemia droonikeskuse koostööd ja eesmärgid. Kättesaadav: https://www.sisekaitse.ee/et/sisekaitseakadeemia-droonikeskuse-koostood-ja-eesmargid?language_content_entity=et (19.05.2021).

Tamuri, G. (2017). Looduskaitse valdkonna õigusrikkumised Põlvemaal 2004-2016. Bakalaureusetöö. Keskkonnakaitse õppekava. Eesti Maaülikool. Tartu. Lk 37.

Thiel, C., Müller, M. M., Berger, C., Cremer, F., Dubois, C., Hese, S., Baade, J., Klan, F., Pathe, C. (2020). Monitoring Selective Logging in a Pine-Dominated Forest in Central Germany with Repeated Drone Flights Utilizing A Low Cost RTK Quadcopter. *Drones*. Vol 4.

Tmušić, G., Salvatore, M., Aasen, H., James, M. R., Goncalves, G., Ben-Dor, E., Brook, A. Polinova, M., Arranz, J. J., Meszaros, J., Zhuang, R., Johansen, K., Malbeteau, Y., Pedroso de Lima, I., Davids, C., Herban, S., McCabe, M. F. (2020). Current Practices in UAS-based Environmental Monitoring. *Remote Sensing*. Vol 12.

Transpordiamet. (2021a). Mehitamata õhusõidukid, sealhulgas droonid. Kättesaadav: <https://www.ecaa.ee/et/lennundustehnika-ja-lennutegevus/mehitamata-ohusoidukid-sealhulgas-droonid> (12.04.2021).

Transpordiamet. (2021b). Droonid. Uue rakendusmääruse (EL) 2019/947 korduma kippuvad küsimused. Kättesaadav: https://www.ecaa.ee/sites/default/files/kkk_1.pdf (19.05.2021).

Vacca, A., Onishi, H. (2016). Drones: military weapons, surveillance or mapping tools for environmental monitoring? The need for legal framework is required. *Transportation Research Procedia*. Vol 25. Lk 51-62.

Wingtra. (2021). Overview. Kättesaadav: <https://wingtra.com/mapping-drone-wingtraone/> (18.05.2021).

LISAD

Lisa 1. Küsitluse ankeet

Vanus

- 18-30
- 31-50
- 51-

Sugu

- Mees
- Naine

Asutus

- Keskkonnaameti keskkonnakasutuse valdkond
- Keskkonnaameti looduskasutuse valdkond
- Keskkonnaameti järelevalve valdkond
- Keskkonnaagentuur
- RMK

1. Kas näete tulevikus mehitamata õhusõidukite laialdasemat kasutust oma asutuses?

- Jah
- Ei

2. Kas mehitamata õhusõidukite kasutamine võiks tõhustada asutuste vahelist koostööd? Kuidas?

3. Kas kasutate ise oma töös mehitamata õhusõidukeid?

- Jah
- Ei

Kui vastasite 3. küsimusele jaatavalt

4. Kuidas olete omandanud mehitamata õhusõidukite kasutamise teadmised/oskused?

5. Kas peate oma teadmisi piisavaks? Mida oleks vaja arendada?

6. Kuidas ja millistel eesmärkidel olete mehitamata õhusõidukeid oma tööülesannete täitmisel kasutanud?

7. Millised on Teie ettepanekud, et muuta mehitamata õhusõidukite kasutamine keskkonnajärelevalves laialdasemaks?

Kui vastasite 3. küsimusele eitavalt

4. Kas sooviksite oma töös kasutada mehitamata õhusõidukeid?

5. Miks Te ei ole kasutanud mehitamata õhusõidukeid oma töös?

6. Millised on Teie ettepanekud, et muuta mehitamata õhusõidukite kasutamine keskkonnajärelevalves laialdasemaks?