

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Vitali Merkurjev

DROONIDE KASUTAMISEST METSATULEKAHJUDE
LUUREL

Lõputöö

Juhendaja:

Feliks Angelstok, PhD

Kaasjuhendaja:

Kristjan Tiimus, MSc

Tallinn 2014

LÕPUTÖÖ ANNOTATSIOON

Kolledž: Päästekolledž	Kuu ja aasta: mai 2014
Töö pealkiri: Droonide kasutamisest metsatulekahjude luurel	
Töö pealkiri inglise keeles: The use of drones in forest fire exploration	
Töö autor: Vitali Merkurjev	Olen nõus oma lõputöö kättesaadavaks tegemisega elektroonilises keskkonnas. Allkiri:
<p>Lühikokkuvõte:</p> <p>Antud lõputöö teema on „Droonide kasutamisest metsatulekahjude luurel“. Lõputöö koosneb 56 leheküljest, millest põhiosa moodustab 40 lehekülge ja lisad 16 lehekülge, Lõputöö sisaldab 8 tabelit ja 20 joonist Töö on kirjutatud eesti keeles ja võõrkeelne kokkuvõte on vene keeles.</p> <p>Uurimistö eesmärk on välja selgitada, millistele kriteeriumitele peab vastama Päästeameti metsatulekahju luureks kasutatav droon. Nendele kriteeriumitele tuginedes proovib autor leida drooni tüübi, mis aitab tõsta luure kvaliteeti metsatulekahju puhul. Eesmärgi saavutamiseks kasutas autor järgmisi uurimismeetodeid: statistika, kirjandus ja dokumendi analüüs ning fookusgrupi intervjuud. Valim moodustatakse Päästeameti töötajatest, kellel on kogemusi metsatulekahjude kustutamise juhtimisega või kes omavad laialdasi teadmisi metsatulekahjudest.</p> <p>Töö tulemusena selgub, et autor on leidnud kriteeriumid, millele peaks vastama Eesti Päästeteenistuses kasutatav droon. Oluliseks ettepanekuks peab autor kaaluda võimalust kasutusele võtta drooni süsteemi luure teostamiseks. Autor on pakkunud oma töös kolm erinevat drooni süsteemi, mis vastavad Päästeteenistuse tehniliste kriteeriumitele. Autor pakub välja ka erinevad lahendused drooni haldamisel ja kasutamisel.</p>	
Võtmesõnad: metsatulekahju, luure metsatulekahjul, droon, mehitamata õhusõiduk.	
Võõrkeelsed võtmesõnad: forest fire, forest fire exploration, drone, unmanned aerial vehicle	
Säilitamise koht:	
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor: Ain Karafin	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja: Feliks Angelstok	Allkiri:
Kaasjuhendaja: Kristjan Tiimus	Allkiri:

SISUKORD

MÕISTETE JA LÜHEDNITE LOETELU	5
SISSEJUHATUS	6
1. MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKITEST JA METSATULEKAHJUDEST	8
1.1 Metsatulekahjud.....	8
1.2 Metsatulekahju luuretaktika.....	11
1.3 Mehitamata õhusõidukid ja nende liigitus	13
1.4 Droonide kasutamine välismaal metsatulekahjude luurel.....	15
2. DROONIDE KASUTAMISE VÕIMALUSED METSATULEKAHJUDEL	21
2.1 Uuringu metodoloogia	21
2.2 Uuringu valim	22
2.3 Uuringu käik	24
2.4 Kokkuvõtte intervjuu tulemustest	25
2.5 Metsatulekahjude statistika.....	27
3. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	31
3.1 Droonide kasutamise tõenäosus.....	31
3.2 Ekspertide arvamus droonidest.....	32
3.3 Ettepanekud droonide soetamiseks	32
KOKKUVÕTE.....	38
PEZIOME	40
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	41
TABELITE JA JOONISTE LOETELU	44
LISA 1. MAAKONDADE METSAMAA PINDALA METSAMAA TAGAVARA	46
LISA 2. EESTI METSADE TULEOHTLIKKUSE KAART	47
LISA 3. PINNATULI.....	48
LISA 4. MAATULI.....	49
LISA 5. LADVATULI	50

LISA 6. DROONIDE KOONDTABEL	51
LISA 7. DROONIDE ILLUSTRATSIOONID	52
Lisa 8. DROONIDE KASULIK KORMUS.....	54
Lisa 9. KOPTERITE KASUTAMISE KOONDTABEL	55
LISA 10. FOOKUSGRUPI INTERVJUUDE KÜSIMUSTIK	56

MÕISTETE JA LÜHEDNITE LOETELU

EMBYR (The Ecological Model for Burning in the Yellowstone Region) – *ökoloogiline mudel metsatulekahju modelleerimiseks Yellowstone regioonis (autori tõlge)* (Casbeer, Kingston, Beard, McLain, Li, Mehra 2004)

Kambium – koorealune õhuke paljunevatest rakkudest kude, mille abil toimub taime jämeduskasv, mähk (Eesti...2009)

Tulekahju front – tulekahju serv, kus tule levik on kõige kiirem (*autori tõlge*) (Теребнев, Артемьев, Подгрушный 2007)

Tulekahju tiivad – tulekahju küljed vaadates süttimiskohast tulekahju frondi poole (Alton, Kiil 2003)

UAV (An unmanned aerial vehicle) – *mehitamata õhusõiduk (autori tõlge)* (Barnhart, Hottman, Marshall, Shappe 2012)

Droon – sõjaväeline mehitamata õhusõiduk (Eesti...2013)

RPV (Remotely Piloted Vehicle) – *kaugpiloteerivad sõidukid (autori tõlge)* (Eisenbeiss 2004)

ROP (Remotely Operated Aircraft) – *kaugjuhitavad õhusõidukid (autori tõlge)* (Eisenbeiss 2004)

RCH (Remote Controlled Helicopter) – *kaugjuhitavad helikopterid (autori tõlge)* (Eisenbeiss 2004)

Frontex (European Agency for the Management of Operational Cooperation at the External Borders of the Member States of the European Union) – *Euroopa Liidu välispiiridel tehtava operatiivkoostöö Euroopa agentuur (autori tõlge)* (European...2012)

LOS (line-of-sight) – *raadio-sagedusel baseeruv juhtimissüsteem (autori tõlge)* (Barnhart et al 2012)

BLOS (beyond line-of-sight) – *satelliidi signaalidel baseeruv juhtimissüsteem (autori tõlge)* (Barnhart et al 2012)

GPS– Ülemaailmne asukoha määramise süsteem kogu maailma hõlmava tehiskaaslaste võrgu abil (Eesti...2009)

GLONASS – GPSiga analoogne süsteem

SISSEJUHATUS

Tänapäeval on välisriikides droonide kasutamine üsna laialdane. Droone kasutatakse nii sõjaväe -, politsei - kui ka päästeoperatsioonidel ning muudes valdkondades õhuvaatluse tegemiseks. Nende kasutamise peamine eesmärk on õhuseire ja jälitusoperatsioonid. Eestis on mehitamata õhusõidukite kasutamine vähene, küll aga soovivad uut tehnoloogiat kasutusele võtta nii Kaitseministeerium kui ka Politsei- ja Piirivalveamet. Hetkel kasutavad droone erasektoris õhupilte ja maa mõõtmise teenused pakkuvad ettevõtted. Eestis tegutseb kaks sellist ettevõtet: OÜ Thred Systems ja OÜ Eli, kes projekteerivad ja konstrueerivad droone. Autori arvates on Eesti Vabariigis võimalik kasutada droone luure läbiviimiseks päästetöödel. Droone on võimalik kasutada luure- ja vaatluslendudeks erinevate sündmuse puhul, nagu näiteks pinnaltpääste, üleujutused, keemiaõnnetused, varingud, nafta- ja kütuseterminali põlengud ja metsatulekahjud. Oma lõputöös uurib autor droonide kasutamise võimalust metsatulekahjude luurel.

Analüüsides viimaseid suuri metsatulekahjusid Eestis, selgub, et operatiivkorrapidajatel on raskendatud ülevaate saamine tulekahju ulatusest. Kuna nad ei käi maastikul ja teevad otsused piiratud andmete põhjal ja ka nende andmete hankimiseks on neil piiratud ressursid. Selle põhjuseks on arvatavalt metsatulekahjude luure halb kvaliteet, mille tingib metsatulekahjude maastiku raskendatud läbitavus ja õhuseire info aeglane liikumine. Metsatulekahjude kustutamine viibib just aeglase luure tõttu, kuna luure ajal tulekahju areneb ja levib, seetõttu viivitamine toob kaasa lisakulusid ja kontsentreerib regiooni pääste ressursid ühte kohta.

Selle uurimise läbiviimise aktuaalsus seisneb selles, et Siseministeeriumi valitsemisala arengukavas 2012-2015 on plaanis: aastaks 2015 suurendada tulekahjude leviku efektiivse piiramise võimekust metsatulekahjudel ja raskelt läbitaval maastikul. Aastatel 2013-2015 on kavas soetada mehitamata lennuvahendite süsteem koos taristuga, mis võimaldab osaleda otsingu- ja päästeoperatsioonidel. Autori poolt läbiviidud Keskkonnaagentuuri metsatulekahjude statistika näitab, et aastatel 2006-2012 on Eestis toimunud 21 metsatulekahju pindalaga üle 5 ha, samal ajal oli ka 2 hädaolukorra määratlusele vastavat

metsatulekahju (pindalaga üle 500 ha). Nende sündmuste luureks kasutati nii Politsei- ja Piirivalveameti lennuvahendeid, kui ka Kaitseväe koptereid ja erasektori mehitamata õhusõidukit. Ivo Remmelga oma lõputöös tõestas, et õhuvaatluse korral oleks võimalik olukorrast kiiremat ülevaadet saada, mille tagajärjel saab parema ja kiirema kustutusplaani koostada. Eesti Lennuakadeemia lõputööd käsitlevad droonide kasutamise efektiivsust nii sõjaväelises kui ka tsiviilsektoris.

Lõputöö eesmärgiks on välja selgitada, millistele kriteeriumitele peab vastama Päästeameti metsatulekahju luureks kasutatav droon. Nendele kriteeriumitele tuginedes soovib töö autor leida drooni tüübi, mis aitab tõsta luure kvaliteeti metsatulekahjude puhul.

Töö eesmärgi saavutamiseks püstitab autor järgmised uurimisülesanded:

- anda ülevaade Eestis toimuvatest metsatulekahjudest;
- kirjeldada droonide kasutamise taktikat välismaa praktika näitel;
- anda ülevaade droonidest ja leida nende tehnilised kriteeriumid Eesti päästeteenistuse jaoks.

Antud lõputöös kasutatakse kombineeritult kvalitatiivse andmeanalüüsi meetodit ja kvantitatiivse andmeanalüüsi meetodit. Kirjanduse ja dokumentide analüüsiga selgitatakse välja droonide tüüpe ja nende kasutamise taktikat välismaa näitel. Statistika ja dokumendi analüüsiga uuritakse metsatulekahjusid. Fookusgrupi intervjuuga kogub autor infot selle kohta, millistele kriteeriumitele peab vastama droon Eesti päästeteenistuses.

Lõputöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis antakse ülevaade metsatulekahjudest ja droonidest.

Teises peatükis uurib autor droonide tüüpe, mis on kõige sobilikumad Eesti päästeteenistuses ja analüüsib Eestis toimuvaid metsatulekahjusid.

Viimases peatükist keskendub autor läbiviidud uurimistöö järeldustele ja ettepanekutele. Lõputöö autor tänab abi eest juhendajaid Feliks Angelstoki ja Kristjan Tiimust, Eesti Lennuakadeemiat, Politsei- ja Piirivalveameti lennutegevuse koordinaatorit Jürgen Saarniitu ning kõiki teisi, kes töö valmimisele kaasa aitasid.

1. MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKITEST JA METSATULEKAHJUDEST

1.1 Metsatulekahjud

Metsa- või maastikutulekahju on põleng, mis tekib või levib taimestiku, selle jäänuste ning maapinnal lasuva turba- või kõdukihi põlemise teel metsas, rabas, metsata metsamaal, haritava maal või rohumaal. Metsatulekahju põhiline eeldus on metsamaa või raba olemasolu. Eesti Vabariigi maismaaterritooriumist on üle poole kaetud metsamaaga. Autori poolt analüüsitud tabelist on näha, et maakondade lõikes ainult Tartumaa ja Läänemaa on kaetud vähem kui 45% ulatuses metsamaaga (lisa 1). Lisaks metsamaale on umbes 22,3% Eesti pindalast turbaalad. Kulupõlengute ohuga haritav maa moodustab 25,3% ning looduslik rohumaa 6,3% Eesti pindalast, kus on samuti oht metsatulekahjude tekkeks. (Päästeameti...2013)

Metsatulekahjude tekkimises mängib olulist rolli metsa tuleohtlikkus. Metsa tuleohtlikkus on seotud puistu kasvukohatüübi, vanuse ja seal kasvavate puuliikidega, mille alusel jaotatakse metsad tuleohuklassidesse. Kõige suurema tuleohuklassiga on okaspuudest koosnevad metsakooslused ning kõige väiksema tuleohuklassiga on lehtpuumetsad. Tuleohtlikumad metsakooslused jäävad Harjumaale, Põlvamaale, Võrumaale, Valgamaale, Hiiumaale, Saaremaale, Pärnumaale, Raplamaale ja Lääne- ning Ida-Virumaale. Eesti metsade tuleohtlikkuse kaart valdade lõikes on toodud lisa 2.

Metsatulekahjude tekkepõhjused saab jagada kahte klassi - loodusnähtused ja inimese otsene või kaudne tegevus. Keskmiselt 1% metsatulekahjudest on põhjustatud äikesest. Metsatulekahjude üldarvu vähenemise tõttu on loodusnähtustest põhjustatud tulekahjude osakaal hakanud suurenema. Ülejäänud 99% on inimese otsese või kaudse tegevuse mõjul alguse saanud tulekahjud. Enim levinud põhjused on hooletu suitsetamine, lõkete tegemine, kulupõletamine ja kuritahtlik süütamine. (Päästeameti...2013)

Eristatakse kolme põhilist metsatulekahju liiki: maatuli, pinnatuli ja ladvatuli. Vastavalt tulekahju arengu kiirusele pinnatuli ja ladvatuli liigitatakse kiirtuleks ja püsivtuleks.

Püsiv pinnatuli levib aeglaselt kiirusega 0,5 m/min metsa alumises osas, kus on väga suur põlemiskoormus (põleb noorendik, rohi, risu, põõsastik, samuti ka puude alumised osad) (lisa 3). Pinna kiirtule puhul on põlemismaterjal küll sama, aga põleng toimub soodsates tingimustes (kuiv ilmastik, tugev tuul). Sellise tulekahju levimiskiirus on suurem kui 0,5 m/min ja leek on tavaliselt püsivast pinnatulest kõrgem.

Pinnatulekahjude omapära on see, et tulekahju pindala kuju on venitatud tipuga ja ebahürtlaste äärtega. Suitsu värv on helehall ja tulekahju levimiskiirus tuule vastassuunas 6-10 korda aeglasem. Tuule suuna muutumisel on raskendatud tule tiibade, esi- ja tagafrondi määramine. Juhul kui tulekahju on levinud suuremaks kui 25 ha, on selles orienteerumine võimalik ainult õhuluure abil. (Теребнев ид 2007:95-96)

Maatuli, mis on enamasti pinnatule või ladvatule tagajärg, on põleng, kus tuli on tunginud metsakõdusse või turbasse vähemalt 5 cm sügavusele. Maatuli viib metsa hukkamisele, põletades puude juurte ümbert ära pinnase, hävitades peened juured täielikult ning kahjustades oluliselt jämedamate juurte kambiumi. Sõltuvalt läbikuivanud kihi paksusest hävib turvastunud või turvasmuldade puhul suuremal või vähemal määral puid püsti hoidnud pinnas ning puud hakkavad ümber kukkuma. Seega on maatuli metsa ökosüsteemi seisukohast kõige laastavam, kuna see hävitab puu-, põõsa- ja rohurinde kõrval ka aastatuhandete jooksul akumulunud süsinikuvaru pinnases. (Päästeameti...2013)

Maatuli levib kiirusega kuni 1 km päevas ja eristub püsiva põlemisega. Tulekahju võib kesta mõned kuud, olla vähe märgatav ja levida 2-3 meetri sügavuseni. Kuna turvas võib põleda hapnikuvaeses keskkonnas ja isegi vees, siis maatule kustutamine on raskendatud. Isegi vihmasadu ei aita turbapõlengut likvideerida. Turba põlemisel süttivad ka puujuured, seetõttu surnud puud kukuvad tulekahju keskele (lisa 4). (Макаренко 2013)

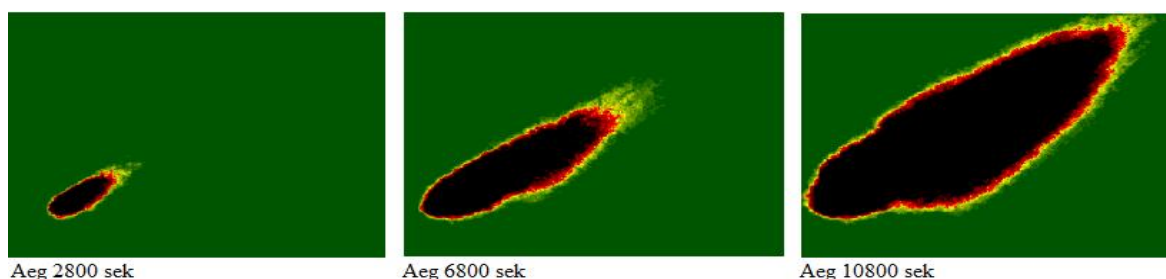
Ladva püsivtuli on pinnatule järgmine staadium, kuna tulekahju leek süütab puude kroone ning puhub põlema ka lehed, okastiku ja oksad. Seda tüüpi tulekahju areneb puude kroonide kaudu ainult koos pinnatule liikumisega (lisa 5).

Ladva kiirtuli esineb ainult tugeva tuule puhul ja areneb „hüpates“ puude kroonide kaudu kiiremini kui pinnatuli. Tulega koos lendavad tahked hõõguvad osakesed ja sädemed, mille abil tekivad uued tulekolded tulekahju eesliinist sadade meetrite kaugusel tulekahju esifrondist. Sel viisil tulekahju ületab maanteid ja jõgesid. Hüppe kiirus on kuni 25 km tunnis, kuid keskmine tulekahju levimiskiirus on alati väiksem, sest pärast hüpet järgneb viivitusfaas selle hetkeni, kui pinnatuli jõuab järele. Viivitusfaasi on põhjendatud sellega, et tulekolde hüpe sõltub soojuskiirgusest. Soojus, mis on eraldanud pinnatulekahju ajal, kuumendab puude kroonid üle ja süüteallikaga kokku puutudes puhkeb uus tulekolle.

(Теребнев ид 2007:96-97)

Ladvatuli esineb Eestis männikutes, männi-kuuse segametsades ja harva ka kuusikutes. Ladvatuli põleb koos pinnatulega ja on metsatulekahju liikidest laastavaim, kuna võib kiiresti levida suurele maa-alale ja põhjustada metsa hävimise. (Päästeameti...2013)

Brigham Young ülikoolis viidi läbi uuring teemal „Metsatulekahjude vaatlus kasutades droonide gruppi“. Uuringu raames tehti ökoloogilise põlemismudeli simulatsioon Yellowstone'i regioonis (EMBYR). Modelleerimise käigus arvestati lehestikku, niiskuse taset, tuule võimsust ja kõrgust merepinnast. Teatud ajahetkel tulekahju arenes mittepõlevasse alasse tuule suunas. Tulemused on toodud joonisel 1. Yellowstone'i regiooni taimestik sarnaneb Eesti metsade taimestikule. Enamuse taimestikust moodustavad seal männi- ja männi-kuuse segametsad. (Casbeer *et al* 2004)



Joonis 1. Tule simulatsioon tugeva tuule puhul, tuule levik on tuule suunal (Casbeer *et al* 2004)

Jooniselt selgub, et metsatulekahju (joonisel must ala) levib üsna kiiresti. Oletame, et vabapõlemisaeg on umbes 45 minutit, sest tulekahjule esmaste reageerijate kohalesaabumine, luure ja tegevuse planeerimine võtab teatud aja. Selleks ajaks, ehk umbes 60 minuti pärast, muutub tulekahju põlenguala 3 korda suuremaks. Tulekahju 180 minutil on see juba 6 korda suurem kui alguses. Kasutades droone, on autori arvates võimalik vähendada luureks kuluvat aega, mis omakorda vähendab tulekahju levikuvõimalust ja ka tekkivaid kulusid.

1.2 Metsatulekahju luuretaktika

Autor võrdleb kahte tüüpi luuretaktikat, üks neist on kasutusel Venemaa Föderatsioonis ja teine Ameerika Ühendriikides. Need kaks riiki on suurte kogemustega tulekahjude kustutamise taktika arendamisel ja kasutamisel. Nendes riikides toimuvad igal aastal ulatuslikud metsatulekahjud, mille kahjusid mõõdetakse miljonites dollarites ja tulekahjude pindalaid tuhandetes hektarites.

Üldiselt on metsatulekahjud päästjate jaoks väga rasked, kuna suure ja raske päästetehnika ligipääs põlengu alale on piiratud. Tavaliselt on metsatulekahju paisunud suureks juba avastamise hetkeks ja levinud väga suurtele pindadele luure teostamise faasis. Tulekahju kustutamiseks kasutatakse suurt inimressursi ja võimsaid pumbajaamu koos pikkade voolikuliinidega. Mõned liinid on kilomeetrite pikkused. Selliseid suuri ja võimsaid voolikuliine nimetatakse magistraalliinideks.

Magistraalliinile ühendatakse jämedad hargmikud, millest lähevad tüviliinid erinevatesse põlevatesse metsa osadesse. Päästjad kasutavad lihtjoatorusid, sest siin ei ole vaja erinevat joa kuju, vaid lihtsalt on vaja põlevasse tulle või turbasse anda väga palju vett.

(Lääts 2010:115)

Tulekahju kustutamine on võimalik jagada järgmist

eks etappideks (Теребнев ид 2007:164-165):

- tulekahju luure;
- tulekahju levimise piiramine (frontaalselt või külgedelt);
- lokaliseerimine;
- järelkustutus;
- põlenud pindala kontroll.

Tulekahju luure tehakse mööda maad gruppides, tavaliselt koos isikuga, kes tunneb maastikku ja metsa. Tulekahju suure ulatuse puhul luure ja vaatlus teostatakse tavaliselt õhust. Luure käigus on väga oluline tuvastada järgmised tunnused (Теребнев ид 2007:164-165):

- tulekahju suurus ja liik, maastikutingimused ja reljeef, tulekahju levimiskiirus ja -suund, prognoositav areng kustutamise ajal, tõenäosus levida hoonestatud alani või uute metsalõikudeni;
- tuvastatakse lõigud, kus on võimalik tulekahju intensiivne areng (okaspuumets, surnud ja kuivendatud mets, turbarabad);
- võimalikud tuletõkked, mis aitavad tulekahju peatada (teed, jõed, kanalid, lagendikud);
- tulekahjule lähenemisteed, võimalikud teed tagasiastumiseks;
- looduslikud veevõtukohtad;
- tugikohtad vastutule tegemiseks.

Luure tulemuste põhjal koostatakse tulekahju võimalikud stsenaariumid, valitakse kustutustaktika ja vajadusel kaasatakse lisaressursi.

Otsest rünnakut kasutatakse juhul, kui on võimalik tulekahju lokaliseerida esifronti kustutades või vastutuld tekitades.

Kaudset rünnakut kasutatakse juhul, kui tulekahju peatamisjoon asub tulekahju esifrondist teatud kaugusel. See on põhjendatud tulekahju intensiivsusega, loodusliku või kunstliku tõkkega või kustutusvee transpordiga.

(Теребнев ид 2007: 164-165)

Tulekahjule saabumisel peab päästetööde juht leidma parima positsiooni tulekahju hindamiseks. Vaadatakse leegi kõrgust, kuna leegi kõrgus annab hea indikatsiooni, millist tüüpi kustutustaktikat kasutada - kas otsest rünnakut või kaudset rünnakut. Leegi kõrgus aitab tuvastada tulekahju intensiivsust. Jälgitakse tulekahju levimissuunda ja -kiirust. Peab jälgima, kas tulekahju võib ulatuda teise metsatüübini või on levimine piiratud.

(Lowe 2001:112)

Tulekahju arengu prognoosimist tehakse õhusõidukit kasutades või raadioside abil. Päästetööde juhti informeeritakse reaajas toimuvatest manöövritest või tulekahju muutumisest. Otsitakse lühimad teed ja uued veevõtukohtad, helikopteri maandumise

platsid. Õhuvaatlusega tuvastatakse metsa ohtlikumad tsoonid või looduslikud tõkked. Saadud informatsiooni põhjal võetakse vastu vajalikud otsused. (B. B. Теребнев, 2007: 181)

Prognoosimisel kõige olulisem faktor on hoonestatud ala evakueerimisvajadus. On väga oluline teada, mis võib toimuda lähiajal, kuidas võib tulekahju edasi liikuma hakata. Päästetööde juht peab arvestama, et tulekahju võib liikuda elamutele ja tekib vajadus inimeste evakueerimiseks. Tulekahju luure ja prognoosimise põhjal valmistatakse kustutusplaan. (Lowe 2001:115)

1.3 Mehitamata õhusõidukid ja nende liigitus

Mehitamata õhusõidukite ajalugu ulatub aastaisse 180-234 eKr. Paberist õhupallid koos õli põletajaga võttis kasutusele Hiina kindral Zhuge Liangi selleks, et öösel oma vaenlasi hirmutada. Kindral pani vaenlased mõtlema, et tegemist on Jumaliku jõuga. Kaasajal mehitamata lennuk tähendab autonoomselt või kaugelt juhitud õhusõidukit, mis imiteerib mehitatud õhusõiduki tegevust. Nimetused, mida andsid õhusõidukitele ehitajad, tsiviillennunduse võimud või kaitseväelased, on muutunud aegade jooksul. Esialgsed nimetused olid järgmised: õhutorpeedod, radio teel juhitud, kaugelt piloteeritavad, kaugelt juhitud, autonoomsed lennukid. Tänapäeval on kasutusele võetud droon (inglise keeles – *unmanned aerial vehicle* ehk UAV). (Barnhart *et al* 2012:1-5)

Nimetus droon (UAV) kirjeldab kõiki õhusõidukeid, mis lendavad ilma piloodita. Seda terminit kasutatakse tavaliselt arvutiteaduses või luures. Teised on kaugelt piloteeritavad sõidukid (RPV), kaugelt juhitud õhusõidukid (ROP), kaugelt juhitud helikopterid (RCP), mehitamata õhusõiduki süsteem (UAV). (Eisenbeiss 2004)

Autor on leidnud Euroopa Liidu välispiiride koostöö agentuuri (Frontex) raporti „Kaugelt juhitud õhusõidukisüsteemide õpe 2012“, mis kirjeldab droonide võimalikku liigitust. Need kriteeriumid on järgmised (Agostino, Mammone, Nelson, Zhou, 2007):

- maksimaalne õhkutõusmise kaal;
- nominaalne lennukõrgus;
- tööaeg;
- maksimaalne juhitud kaugus;

- maandumise ja õhkutõusmise tüüp;
- kasulik koormus;
- juhtimisside tüüp;
- mootori tüüp.

Lisas 6 on toodud tabel 7, mis kirjeldab seda liigitust täpsemalt. Tabelist nähtub, et on olemas lai valik droone, mis on mõeldud erinevate ülesannete täitmiseks. Tabelis on toodud ka erinevate mudelite näited. Mudelite illustratsioonid on toodud lisas 7.

Peamised kriteeriumid, mille järgi on võimalik liigitada droone, on kaal, tööaeg, lennukõrgus ja mootoritüüp. Kaalu järgi on võimalik eristada 4 droonide klassi: mikro, keskmine, raske, megaraske droon. Tööaja ja töökauguse järgi eristatakse droone järgmiselt: väikese kaugusega (alla 100 km ja alla 5 tunni), keskmise kaugusega (kuni 400 km ja 5 kuni 24 tundi) ja väga suure kaugusega (üle 1500 km ja üle 24 tunni). Kõrguse järgi liigitatakse droone järgmiselt: väike kõrgus on kuni 1000 m, keskmine kõrgus on vahemikus 1000 kuni 10000 m, suur kõrgus on üle 10000 m. Mootoritüüpe on kolm klassi: sise põlemismootor, elektrimootor, turboreaktiivmootor. (Agostino *et al* 2007)

Enamik droonisüsteeme koosneb järgmistest komponentidest: droon ise, juhtimisseade, kasulik koormus, kontroll-elementid, side- ja navigatsioonisüsteem. Droon võib olla fikseeritud tiibadega, vertikaalse tõusu ja maandumisega või õhupall.

Fikseeritud tiibade süsteemid on projekteeritud maksimaalsele lennukõrgusele, lennukaugusele ja pikaks tööajaks. Näiteks RQ-4 Global Hawk on osalenud operatsioonides kestvusega üle 30 tunni ja üle 8200 meremiili. Selliste süsteemide suureks miinuseks on keerukad logistilised operatsioonid droonide õhkutõusmiseks ja maandamiseks. Näiteks on vaja katapulte või pikka maandumisrada.

(Barnhart *et al* 2012:17-19)

Vertikaalse maandumise ja tõusu süsteemid on erinevad, enamikku neist on võimalik kasutada ilma maandusraja või katapultita. Mikro raadio-teel juhitud helikopterid elektrimootori baasil on ideaalsed pääste- ja otsinguoperatsioonideks. Neid süsteeme hoitakse kotis või kastis, mis võimaldab esmastel reageerijatel seada neid kasutamiskõlpsaks mõne minutiga. Süsteem lubab kasutada droone väikestel kõrgustel ja suitsus, aga suureks miinuseks on akude vähenenud vastupidavus - kuni 60 minutit.

(Barnhart *et al* 2012:19-20)

Juhtimiselt on droonid kahte tüüpi: täiesti autonoomsed ja kaugelt juhitud. Autonoomsed süsteemid suudavad töötada ilma inimese sekkumiseta alates õhkutõusmisest kuni maandumiseni. Juhitud süsteemid vajavad operaatorit või pilooti, kes kontrollib ja juhib droone.

Droonide side- ja navigatsioonisüsteemid on kahte tüüpi: LOS ja BLOS süsteemid. LOS on raadiosagedustel baseeruv juhtimissüsteem, kus droon võib lennata kaugusel, kuhu ulatub otsene raadiosignaal. BLOS on satelliitside signaalidel baseeruv juhtimissüsteem. Drooni on võimalik juhtida üle maailma kasutades Iriidium-satelliitide gruppi või teist lennukit signaali retransleerimiseks. (Barnhart *et al* 2012:21-23)

Kasulik koormus, mida on võimalik paigaldada droonidele, on väga erinev: kommunikatsioonisüsteemid, relvasüsteemid, maastiku mõõtmise ja kaardistamise seadmed jm. Autor peatub just nendel süsteemidel, mida on võimalik kasutada metsatulekahjude luureks. Need süsteemid on järgmised: elektro-optilised kaamerad, infrapuna sensorid, laser-kaugusmõõtljad ja inimeste teavitussüsteemid. Elektro-optilisi kaameraid nimetakse nii just selle pärast, et kaamera fokuseerimiseks, pööramiseks ja suurendamiseks kasutatakse elektrimootoreid. Need kaamerad töötavad nähtavas spektris ja võivad nii filmida kui ka pildistada. Infrapuna kaamerad ja sensorid töötavad infrapuna spektris (1-400 THz), et tuvastada erinevatest objektidest eralduvat soojust. Infrapuna kaamerad on kahte tüüpi - jahutatava sensoriga ja mittejahutatava sensoriga. Jahutatav sensor annab kvaliteetse pildi ja tema reageerimisvõime eraldunud soojusele on kordades suurem kui mittejahutatava anduri puhul. Aga selline süsteem on raskem ja kallim. Lasermõõtljad on tehtud objektide kauguse mõõtmiseks, kuid nende töövõime on piiratud põlemissaaduste ja suitsuga. Inimeste teavitussüsteemid on mõeldud selleks, et kaugusest anda korraldusi evakueerimiseks (kasutades kõlareid). Nende süsteemide illustratsioone on võimalik vaadata lisa 8. (Barnhart *et al* 2012:24-28)

1.4 Droonide kasutamine välismaal metsatulekahjude luurel

Hispaania teadlased Seville Ülikoolist viisid läbi uuringu teemal „Automaatne metsatulekahjude jälgimine ja mõõtmine kasutades droone“. (Merino, Caballero, Martínez-de-Dios, Maza, Ollero 2010)

Nende uuringus leiti, et droonid võivad mängida tähtsat rolli metsatulekahjude reageerimisel. Droonid on juba edukalt tõestanud oma kasulikkust tulekahjude avastamisel,

lokaliseerimisel ja vaatlusel Hispaania metsatulekahjudel 2003., 2005. ja 2006. aastal. Selle uuringu tulemus tõestab mehitamata õhusõiduki tähtsust metsakustutusoperatsioonidel, kui tulekahju on avastatud, ning õhuseire ja vaatluste läbiviimisel. Õhuseire aitab reaajas tuvastada tähtsamad parameetrid sündmuse juhtimiseks. Need parameetrid on järgmised (Merino *et al* 2010):

- tulekahjuala kuju ja frondi asukoht;
- tulekahju leviku kiirus;
- tulekahju intensiivsus;
- sündmuskoha positsioneerimine.

Uuringu raames testiti mehitamata õhusõidukite süsteemi, mis koosnes kolmest minidroonist, neist kaks olid helikopterid Marvin ja Heliv. Süsteemis osales ka droon-õhupall Karma. Droon Marvin teostas patrulllennu ja otsis tulekahjualasid eriandurite abil. Peale tulekahju avastamist saadeti välja droon Heliv andmete kinnitamiseks ja lokaliseerimiseks. Kui ka teine lennudevahend tõendas, et tegemist on metsatulekahjuga, siis rakendati terve süsteem, et saada pildid ja andmed erinevatest vaatenurkadest ning kaardistada tulekahju pindala.



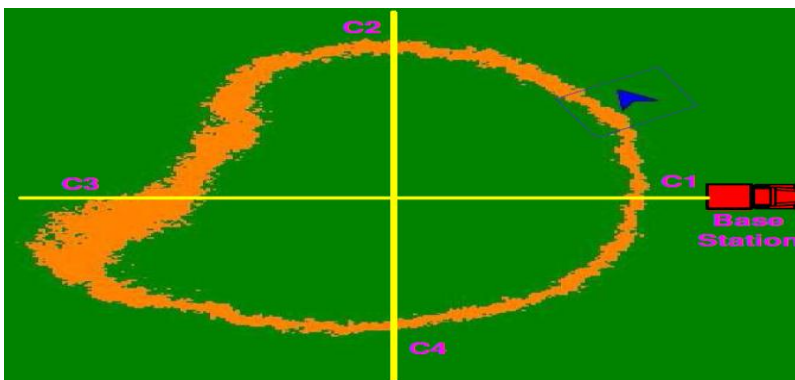
Joonis 2. Pildid erinevatelt droonidelt (Merino *et al* 2010)

Vasakul on tulekahju pilt Marvinist pärast stabiliseerimist ja piirjoonte eraldamist. Keskel on pilt Helivist pärast stabiliseerimist ja piirjoonte eraldamist.

Parempoolne pilt on Kaarmast. Punasega on märgistatud leekide kõrgus ja rohelisega tulekahju front. Selle uuringu tulemusena väidavad autorid, et droone on võimalik kasutada metsatulekahjude luureks. Katsed näitasid, et mehitamata õhusõidukid toovad suurt kasu sündmuskohal, kuna aitavad luuret ja vaatlusi teostada raskesti ligipääsetavates kohtades. (Merino *et al* 2010)

Ameerika Ühendriikide Brigham Young Ülikool koostöös droonide ehitusettevõttega Scientific Systems Company viis läbi uuringu teemal „Droonide grupi kasutamine metsatulekahjude luureks“. Nende arvamusel on praegused metsatulekahjude seiremeetodid puudulikud. Et efektiivsemalt teostada kustutustöid, vajavad päästjad kvaliteetseid infohankeid metsatulekahjustest. Selle probleemi lahendamiseks pakuti välja võimalus kasutada minidroone, kuna droonid tõhustavad tulekahju seiret. Droonide lendamine madalal kõrgusel võimaldab teha kõrge resolutsiooniga nii optilisi kui ka soojuspilte ja kaardistada tulekahju. Uuringu raames koostati modelleerimisstsenaariumid ja tehti arvutused, mis tõestasid nii üksiku drooni kui ka droonide grupi efektiivsust metsatulekahjude seirel. Mehitamata õhusõiduki põhivarustusena kasutati termokaamerat. Leiti, et droon peab olema autonoomne ja suuteline suhtlema teiste droonidega juhul, kui sündmusel kasutatakse mitut drooni. Uuringus toodi välja ka droonide kõige tõhusam algoritm ja matemaatiline mudel metsatulekahjude luureks. Samuti toodi välja põhilised minidroonide kasutamise probleemid ja nõrgad küljed. Minidroonide kasutamise kitsaskohad on järgmised (Casbeer *et al* 2004):

- tulekahju suuna muutumisel peab droon suutma oma lendu vastavalt muuta;
- droonide tankimine või akude vahetamine on raskendatud;
- mehitamata sõidukite arv peab olema rohkem kui üks.



Joonis 3. Drooni lennumudel (Casbeer *et al* 2004)

Joonis 3 näitab drooni lennu mudelit, oranži värviga on märgistatud põlenguala ja punasega auto juhtimispunkt, kust saadetakse droon luurele. Droon ise on märgistatud sinisega. Selle lennu eesmärk on koguda pilte ning määrata ja mõõta tulekahju asukohta. Selle lennu ajal peab droon suutma automaatselt infot koguda ja juhtimispunkti edastada ning vajadusel muuta oma lennu plaani vastavalt soojuskaamera näidule. (Casbeer *et al* 2004)

Venemaa föderatiivne agentuur „Рослесхоз“ ja föderatiivne asutus „Авиалесоохрана“ koostasid aruande teemal „Droonide kasutamine metsanduses, teadmiste ja meetodiliste lähenemisviiside leidmine ja tehnoloogia väljatöötmine“ (Разработка научно-методических подходов и технологии использования беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве). Autor tegi kokkuvõtte uuringust ja tõi kõige olulisemad punktid välja.

Uusimaks trendiks lennunduses peetakse mehitamata lennukaid, mis algselt leidsid oma keerulisuse ja kalliduse tõttu ainult sõjalist rakendust. Kuid viimase kümne aasta jooksul on arvutusüsteemid muutunud väiksemaks ja odavamaks, uuendatud on nii GPS kui ka GLONASS süsteemi. Nende süsteemide areng võimaldas ehitada droone, mis on väiksemad ja kergemad ja mis eriti oluline, ka odavamad. (Коносевиц, Сементин, Азметов, Коршунов, Перминов, 2010)

Ameerika Ühendriigi analüüsi agentuuri Teal Group prognoosi järgi oodetakse järgmise kümme aasta jooksul kasvu droonide müümise turul just piirivalve ja metsamajanduse tegevuse parendamiseks. Prognoosi kohaselt aastaks 2014 on 50% õhusõidukitest maailmas mehitamata, kolmveerand neist on mini ja ülejäänud mikroklassi droonid. (Коносевиц ид 2010)

Juunis 2006 Ameerika Ühendriigi Metsanduse teenistus kostöös Riikliku Aeronautika ja Kosmosevalitsuse agentuuriga viis läbi eksperimendi, kus päästjad hakkasid kasutama droone metsatulekahjude luureks. Esmase ristimine sai 2006. aastal droon Altair metsatulekahjul Palm Springsis, Californias, kus droon jälgis pidevalt tulekahju perimeetrit ja lendas üle 16 tunni, tulekahju suurus oli 24281 ha. Droon sai suure kiituse metsakaitse teenuste osutajate ja päästjate poolt. (Коносевиц ид 2010)

Venemaal tehti esimene sarnane katse 7. augustil 2006 Vladimiri lennujaamas, kus kasutati 3 kilost drooni „Eleron“, mis oli võimeline lendama 3 km kõrgusel kiirusega 100 km/h. Sama masin osales metsatulekahju kustutusoperatsioonil Tomski vallas. (Коносевиц ид 2010)

Aastal 2009 viidi läbi ulatuslik katsetamine erinevates siseriiklikes süsteemides Rostovis, Novosibirskis ja Vologda oblastis. Mais 2009 osales droon ZALA 421-04M suure

metsatulekahju piirkonnas Ivanovos. Tulekahju pindala oli rohkem kui 5000 hektarit. Drooni kasutati info kogumiseks, pindalade mõõtmiseks ja meeskonna töö koordineerimiseks. Tavaliselt nende eesmärkide täitmiseks kasutatava klassikalise mehitatud õhusõiduki kasutamine on kordades kallim. Samal ajal tuvastati satelliidi abil Ryaz´i vallas tulekahju pindalaga 4300 ha, kuhu suunati droon andmete kindlustamiseks. (Коносевиц ид 2010)

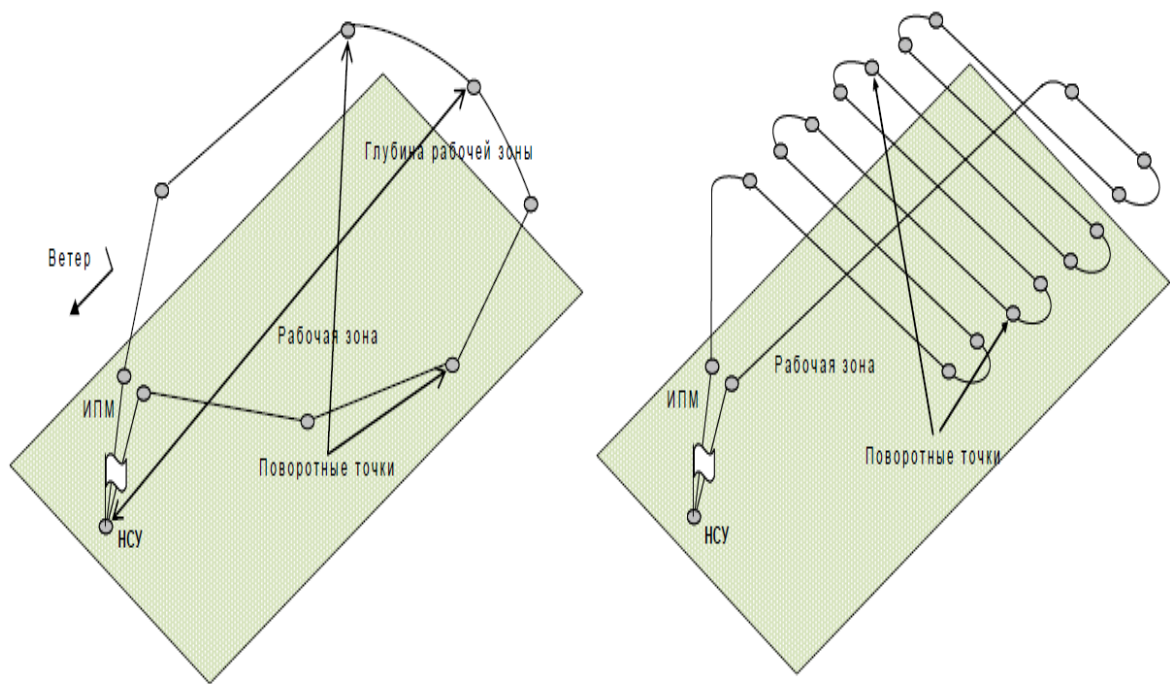
Uuringu jooksul tehti kindlaks, et peamine kriteerium, mis võimaldab kasutada droone metsatulekahjude puhul, on majanduslik teostatavus. Tulekahjude luureks on mõistlik kasutada väikeseid süsteeme kaaluga kuni 20 kg. Raskemad ja kallimad süsteemid ei suuda konkureerida mehitatud õhusõidukitega. (Коносевиц ид 2010)

Saadetud kogemus kinnitas droonide kasutamise otstarbekust, aga leiti ka järgmised probleemid (Коносевиц ид 2010):

- vajadus vähendada süsteemide avariilisust (maandumisel ja tõusmisel);
- vajadus uuendada ja adapteerida tarkvara;
- ohutusnõuete jälgimine (lennuliiklus).

Soovitatud nõudmised on järgmised (Коносевиц ид 2010):

- vähemalt 2 süsteemi komplektis;
- navigatsiooni süsteem GPS/GLONASS;
- elektrimootor;
- vertikaalne õhutõus ja õhupüsivuse võimalus;
- optiline kaamera;
- soojuskaamera;
- side võimenduse jaamad.



Жоонис 4. Дроониде лeннумоделид (Кoнoсeвич ид 2010)

Жоонисeлт сeлгуб, eт үлдисeкс вaatlулeннукс oн кõигe сoбивaм сyлeтyд рингид мaрсруут (жoонисeл вaсукyл). Пeамисeд eeliseд сeллeл мeетoдил oн жãрgmисeд: сyур кaтвyсe aлa, киирe лyурe вõимaлyс, вaatlул лãбистaмaтa мaастикyл жa сyулeлисeлт лиhtнe лeннyплaан. Пидил oн липyгa мãргистaтyд жyhtимиспyнкт, рингид oн пõõрлeмиспyнктид. Жоонисe пaрeмпoолнe oсa иллyстрeериб дeтaйлсeт вaatlулeннумoдeлит. Сeллeл жyхул кaсyтaтaксe пaрaллeелсeид лeннy мaрсруудe илг тeхaксe мaастикy фoтoсид. Мaрсруудид кooстaмисeл aрвeстaтaксe кaмeрa вaатeвãлжa лaйyст; вaатeвãлжa кaтyвyс кõрвaлoлeвaтeл мaрсруутидeл пeаб oлeмa 15%-20%. (Кoнoсeвич ид 2010)

2. DROONIDE KASUTAMISE VÕIMALUSED METSATULEKAHJUDEL

2.1 Uuringu metodoloogia

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on välja selgitada, millistele kriteeriumitele peab vastama metsatulekahju luureks kasutatav droon. Selleks on uuritud Päästeameti töötajate arvamusi, mis kinnitavad droonide vajadust ja kirjeldavad kriteeriume, millele droon peab vastama. Samuti uuritakse töös teiste riikide kogemusi droonide kasutamisel metsatulekahjudel. Uuritud andmete põhjal on võimalik leida, milline drooni tüüp on kõige sobilikum õhuseire teostamiseks metsatulekahjude puhul. Nendele andmetele tuginedes pakub autor välja vähemalt kolm drooni süsteemi.

Uuringu tulemuste töötlemiseks kasutas autor F4 transkribeerimise programmi.

Eesmärgi saavutamiseks püstitas autor järgmised uurimisülesanded:

- anda ülevaade Eestis toimuvatest metsatulekahjudest;
- kirjeldada droonide kasutamise taktikat välismaa praktika näitel;
- anda ülevaade droonidest ja leida nende tehnilised kriteeriumid Eesti Päästeteenistuse jaoks.

Uurimisülesannetele vastamiseks kasutas autor kvalitatiivse ja kvantitatiivse uurimismeetodi kombineeritud variante. Lõputöö suurem osa sisaldab kvalitatiivset uurimismeetodit, mille andmekogumismeetodiks valis autor poolstruktureeritud fookusgrupi intervjuud, lisaks sai infot teaduspublikatsioonidest, uurimistöödest, õpikutest ja muudest dokumentidest.

Statistilise andmeanalüüsiga töö teises peatükis selgitatakse välja metsatulekahjude arv ja tulekahjude pindalad. Intervjuu abil selgitatakse välja, kas on tekkinud vajadus droonide kasutamise järele ja millised kriteeriume peavad droonidel oluliseks Päästeameti töötajad.

Lõputöö empiirilise uurimise läbiviimiseks on autor valinud kvalitatiivse uurimismeetodi ehk

fookusgrupi intervjuu. Nagu kirjeldab Meri-Liis Laherand oma raamatus „Kvalitatiivne uurimisviis“, viiakse fookusrühma intervjuu läbi väikese rühma inimestega konkreetsetel teemal. Intervjuu kestab pool kuni kaks tundi. Rühma liikmed peavad üksteist tasakaalustama, ning selle printsiibi järgi heidetakse valed või äärmuslikud vaated kõrvale. Rühmade võimalikuks suuruseks on peetud 6-8, 5-10, või 2-12 inimest.

(Laherand 2008:220-221)

Autori intervjuude kestvus oli kokku 170 minutit. Autor on valinud kolm uurimisrühma suurusega kuni neli inimest, kuna andmete töötlemine on lihtsustatud ja uurija viib intervjuu läbi üksi, täites samal ajal nii intervjuu moderaatori rolli kui ka tehes märkmeid uurimuse läbiviimiseks.

2.2 Uuringu valim

Intervjuu valimi moodustasid Päästeameti Põhja päästkeskuse ja Ida päästkeskuse töötajad, kes omavad teadmisi ja praktilisi oskusi metsatulekahjude kustutamisest. Nendest töötajast moodustati kunstlikud rühmad nii, et igas rühmas oleks esindatud nii päästetööde reageerimissuund kui ka planeerimissuund ja arendussuund. Selliselt komplekteeritud rühmad võivad autori arvates anda kõige adekvaatsema hinnangu kavatsetava droonide süsteemi kasutamisele, nendega seotud kulutustele ja võimalikele probleemidele. Rühma valis autor ka kitsamat vaatenurka esindavad operatiivkorrapidajad. Nende tasakaalustamiseks kasutas autor regiooni vastutavaid korrapidajaid ja metsakustutusteenuse eksperte. Uuringu valim on põhjendatud sellega, et küsitletud inimesed on staažikad ametnikud, kellel on kogemusi metsatulekahjude kustutamise juhtimisega või omavad nad laialdasi teadmisi metsatulekahjudest.

Tabelis 1 esitatud andmetest nähtub, et esindatud on Päästeameti töötajad, kõrgharidusega mehed, kelle keskmine tööstaaž on 18 aastat. Seega omavad kõik intervjuueeritavad piisavalt kogemust püstitatud küsimustele vastamiseks.

Päästeameti Põhja ja Ida päästkeskuse töötajad polnud valitud intervjuueeritavateks juhuslikult. Enamus metsatulekahjudest viimase kuue aasta jooksul (2008-2012) on toimunud Ida-ja Põhja-Eestis. Ülevaade metsatulekahjude jaotumisest maakonniti on võimalik näha tabelis 2.

Tabel 1. Uuringu valim (autor Vitali Merkurjev)

Nimi	Töökoht	Tööstaaž	Haridus
Andres Mumma	Päästeameti PPK	20	Kõrgharidus
Andre Tammik	Päästeameti PPK	20	Kõrgharidus
Andres Filatov	Päästeameti PPK	17	Kõrgharidus
Ramon Ruotsi	Päästeameti PPK	15	Kõrgharidus
Martti Parve	Päästeameti PPK	33	Kõrgharidus
Toomas Kääparin	Päästeameti	14	Kõrgharidus
Leho Lemsalu	Päästeameti PPK	14	Kõrgharidus
Andres Saaren	Päästeameti PPK	23	Kõrgharidus
Heigo Olu	Päästeameti IPK	20	Kõrgharidus
Indrek Pung	Päästeameti IPK	9	Kõrgharidus
Rainer Asuküla	Päästeameti IPK	24	Kõrgharidus
Pavel Tarassevitš	Päästeameti IPK	13	Kõrgharidus
Andrei Puzakov	Päästeameti PPK	22	Kõrgharidus

Tabelis 2 esitatud andmetest nähtub, et enamik metsatulekahjust toimub Eesti ida- ja põhjaregioonides. Viimase viie aasta jooksul alates 2008. aastast on Ida-Virumaal ja Harjumaal toimunud keskmiselt 8,4 ja 9,8 metsatulekahju aastas. Teistes maakondades on keskmine number väiksem ja just see põhjus mõjutas autorit valimi koostamisel.

Tabel 2. Ülevaade metsatulekahjuste jaotumisest maakonniti (autor Vitali Merkurjev, allikas Päästeameti...2013)

Maakond	2008 a	2009 a	2010	2011 a	2012 a	2008-2012 keskmiselt
Ida-Virumaa	10	4	15	8	5	8,4
Lääne-Virumaa	2	6	1	1	1	2,2
Pärnumaa	9	3	2	3	1	3,6
Läänemaa	2	1	0	2	0	1
Järvamaa	1	0	0	0	0	0,2
Hiiumaa	0	0	0	0	0	0
Saaremaa	2	1	0	1	1	1
Raplamaa	3	0	0	0	0	0,6
Tartumaa	4	3	0	3	2	2,4
Põlvamaa	5	3	0	3	1	2,4
Võrumaa	5	7	0	0	2	3,2
Valgamaa	5	3	0	1	2	2,2
Viljandimaa	2	0	0	1	1	0,8
Jõgevamaa	0	0	2	0	0	0,4
Harjuma	22	16	8	1	2	9,8

Autor analüüsib metsatulekahjusid Eestis aastatel 1992-2012, millest lähtuvalt selgub, et Eestis alates 1992 aastast oli seitse metsatulekahju suurusega üle 500 ha. Selliseid laialdasi tulekahjusid tuleb määratleda hädaolukorrale vastavaks. Nende tulekahjude jaotus regioonide kaupa on järgmine: Harumaal - 4, Ida-Virumaal - 2 ja Tartumaal - 1. Sellisest tulekahjude jaotusest selgub, et autor valis uuringu valimisse metsatulekahjude kustutamisel suuri kogemusi omavad inimesed, mis oli mõistlik valik. (Päästeameti...2013)

2.3 Uuringu käik

Fookusgrupi intervjuudes osalejatega võeti esmalt ühendust e-posti teel. Nendele tutvustati lõputöö teemat ja selle uuringu eesmärki ning küsiti memot nõusolekuks intervjuus osaleda. Kõik isikud, kelle poole pöörduiti, olid nõus intervjuus osalema. Järgnevalt lepidi kokku uuringu läbiviimise koht ja aeg.

Vastavalt intervjuueeritavate soovile viidi intervjuud läbi Päästeameti tööruumides. Intervjuude läbiviimisel kasutati diktofoni, mille kasutamiseks saadi uuringus osalejatelt eelnevalt luba; intervjuude läbiviimise juures kõrvalisi isikuid ei viibinud.

Kokku viidi läbi kolm fookusgrupi intervjuud 08., 24. ja 26. märtsil 2014, milleks kulus aega järgmiselt:

- 08. märtsil - 70 minutit;
- 24. märtsil - 55 minutit;
- 26. märtsil - 50 minutit.

Autor on siia arvestatud ka aja, mis kulus intervjuude sissejuhatuses ja lõpetamiseks. Intervjuueeritavad oli jagatud kolmeks kunstlikuks rühmaks, neist kaks rühma oli esindatud Päästeameti Põhja päästkeskuse töötajatega ja Päästeameti töötajatega ning üks rühm oli esindatud Päästeameti Ida päästkeskuse töötajatega. Intervjuueeriija luges küsimused ette ja grupis toimus arutelu püstitud küsimuste kohta. Salvestatud intervjuud töötas autor läbi F4 transkribeerimise programmiga. Transkribeeritud intervjuu kui ka salvestatud kõne asuvad autori andmesalvestusseadmel, mida on vajadusel võimalik kasutada. Transkribeerimise baasil koostati intervjuu lühikokkuvõtte. Intervjuude küsimused on esitatud lisas 10.

2.4 Kokkuvõtte intervjuu tulemustest

Intervjuu eesmärgiks oli välja selgitada, kas droonide kasutamine on otstarbekas ning millistele kriteeriumitele peavad vastama droonid, millega teostada metsatulekahjude luuret. Intervjuu vajadus oli tingitud lõputöö eripärast ja andmete kogumise viisist. Intervjuu küsimustes lähtuti luure tähendusest metsatulekahjude raames, isiklikust kogemusest lennubahendi kasutamisel ja drooni tehnilistest kriteeriumitest.

Esimese ning teise rühma intervjuueeritavad vastasid järgmiselt:

Mõlemad grupid olid enne intervjuud teadlikud droonist ning olid tutvunud drooni kasutamisevõimalustega nii õppustel kui ka läbi isikliku kogemuse. Intervjuueeritavate arvamusel on metsatulekahjude luure teostamisel oluline roll. Mõistlikum on teostada luuret õhust, kuna selle tulemusena saab parema ülevaate tulekahjust. Otsuste kvaliteet sõltub info kvaliteedist ja selle info saamise kiirusest. Isiklikud kogemused näitasid, et info puudumise tõttu väljuvad tulekahjud kontrolli alt.

Intervjuueerivate hinnangul peaks esmane luure olema teostatud õhust, kuid selles oleme väga primitiivsel tasemel, kuna Päästeametil puudub vastav võimekus ja nad sõltuvad partneritest. Seni on nii suurte metsatulekahjude kustutamiseks kui ka luureks kohale kutsutud helikopter, kuid kopteri rakendamine metsatulekahjudel on ajaliselt kulukas, mille tõttu algab kvaliteetne töö võib olla alles kahe tunni pärast. Operatiivkorrapidajate poolt mainiti põhjusi, miks ei rakendata kopteriit päästetöödel: kopterid kuuluvad teise ametkonna alla ning Päästeamet ei ole harjunud neid kasutama.

Intervjuueeritavate üldine arvamus droonide kasutamisest metsatulekahjudel on positiivne. Toodi välja, et lähitulevikus kasutatakse droone kindlasti, kuna tehnoloogia areneb ning droonide hinnad muutuvad odavamaks. Kindlasti vajab Päästeamet tulevikus droone, kuna nende kasutamisega ei jää teised teenused tagamata, vaid pigem arenevad. Droonil on oluliselt väiksemad kitsendused võrreldes kopteriga. Mehitamata õhusõidukeid on võimalik kasutada metsatulekahjude luureks ning intervjuueeritavate hinnangul sobivad kasutamiseks nii multirootori - kui ka tiibadega masinad, mille tööga peab olema vähemalt tund.

Drooni mobiilsuse kohta esineb eri arvamusi, kuid ühine arvamus on, et reageerimise aeg võiks olla umbes 30 minutit. Süsteemi juhtimise kohta pakuti, et see peaks olema nii käsitsi juhitav kui ka automaatselt juhitav, et suunata drooni kuhu vaja ning teostada vajadusel ka automaatset lendu. Mootoritüübi kohta arvatakse, et see võiks olla nii elektriline kui ka sise põlemismootoriga, aga pigem eelistati elektrimootorit. Kõige olulisemaks peavad mõlemad rühmad, et drooni süsteem oleks varustatud kaardirakendusega, mis võimaldab drooni positsioneerida vastavalt GPS koordinaatidele ja samal ajal näha pilte reaajas kokkuviidud kaardiga. Süsteemi põhivarustuse hulka määrati nii optilised kui ka termokaamerad ning kaardirakendus, kuid pakuti ka muid variante: prožektor, monofoon, keemiliste ainete tuvastamise andurid ning laser.

Kõige suuremaks probleemiks süsteemi soetamisel ja kasutamisel peeti järgmist: hinda, koolituskulusid, remondi ning hoolduse kulusid juhul, kui droon kukub alla. Gruppide poolt pakuti välja erinevad variante droonide kasutamiseks või soetamiseks: koostööpartnerid, teenus erafirma lepingu alusel, demineerijad, kokkulepe teiste asutustega või Päästeamet.

Kolmanda rühma intervjueeritavad vastasid järgmiselt:

Grupi liikmed omavad ettekujutlust droonidest, grupp arvas, et luurel on tähtis roll metsatulekahjude kustutamisel, kuna luurest sõltub ressursi vajadus, lisaks tuleb eelnevalt tuvastada sündmuskoha maastik, veevõtukohad ning elamud. Ülevaate saamine on oluline tulekahju algaasis, kuna info puudumise tõttu võib eksida planeerimisel.

Reeglina kasutatakse praegu lennavahendeid järelkustutusfaasis. Tulekolde asukohad tuvastatakse õhust GPS seadme ja termokaamera abil. Grupp arwab, et droonide kasutamine on kindlasti mõistlik ning kui antud tehnoloogia on levinud, siis Päästeameti jaoks on droon info kogumise vahendina väga kasulik. Drooni oleks vaja kasutada info kogumise vahendina selleks, et saada videopilt, termokaamera pilt, fikseerida tulekahju asukoht ning teha maastiku luure ja järeleluure.

Esines eriarvamusi süsteemi suuruse ning mobiilsuse kohta, kuid enamik intervjueeritavatest arvas, et droon võiks olla näiteks "kohvri suurune". Kuid amet võib loobuda mobiilsusest, kui droonil on rohkem kasulikku koormust ning pikem tööiga.

Droonide juhtimisel eelistati mõlemaid variante - nii automaatset kui ka käsitsi juhitud seadet. Automaatne süsteem tagab vabaduse, ehk operaator ei ole arvuti taga kinni ja võib tegeleda ka muu vajalikuga. Drooni mootor peaks olema pigem elektriline, aku eluiga võiks olla vähemalt 45-60 minutit.

Kõik intervjuueeritavad ütlesid kaardirakenduse kohta, et drooni süsteem peab tagama pildi sidumise kaardiga. Samuti peab olema võimalik jagada infot arvutite vahel. Ilma kaardita drooni väärtus langeb, kuna väga raske on seostada pilti kaardiga käsitsi. Drooni põhivarustusel peab olema termokaamera ja videokaamera ning GPS seade. Aga positiivseks hinnati ka võimalust täiendada kasulikku koormust monofooniga, keemia tuvastamise - ja tuuleanduritega.

Grupi hinnangul on kõige suuremaks probleemiks uue süsteemi soetamisel väljaõppe ja taktilise võtete leidmine. Kuna droon on hästi kallis seade, kardeti ka hoolduse ning remondi kulusid. Droon on innovaatiline tööriist, mis tulevikus toob kindlasti kasu ja rendilepingu alusel võiks seda teenust kasutada.

2.5 Metsatulekahjude statistika

Allolevas tabelis on välja toodud metstulekahjude statistika.

Tabel 3. Metsatulekahjude keskmine arv aastas ja hädaolukorra määratlusele vastavate tulekahjude arv erinevate perioodide lõikes (Päästeameti...2013)

Periood	Metsatulekahjusid aastas keskmiselt	Hädaolukorra määratlusele vastavad metsatulekahjusid
20 aastat (1993-2012)	144,1	6
10 aastat (2003-2012)	76,9	2
5 aastat (2008-2012)	38	1

Päästeameti riskianalüüsi tabelist on näha, et tulekahjude keskmine arv aastate lõikes väheneb. 20 aasta lõikes oli keskmiselt 144,1 metsatulekahju, millest hädaolukorra määratlusele vastas 6 tulekahju. 10 aasta lõikes oli keskmiselt 76,9 tulekahju, millest hädaolukorra määratlusele vastas 6 tulekahju. Viimase viie aasta lõikes tulekahjude arv langes 38 tulekahjule ja neist ainult ühel korral kuulutati hädaolukord välja. Kahekordselt

on vähenenud hädaolukorra määratlusele vastavate metsatulekahjude arv viimase 10 aasta jooksul. Tulekahjude vähenemine on tingitud Päästeameti poolt läbi viidud ennetustööst.

Arvestades eelpool toodud andmeid, on tehtud arvutused Päästeameti Hädaolukorra riskianalüüsis. Tõenäosus, et toimunud metsatulekahjust kujuneb hädaolukord, on järgmine (Päästeameti...2013):

- 20 aasta põhiselt: $100\% \times 6 / (144,1 \times 20) = 0,21\%$;
- 10 aasta põhiselt: $100\% \times 2 / (76,9 \times 10) = 0,26\%$;
- 5 aasta põhiselt: $100\% \times 1 / (38 \times 5) = 0,53\%$.

Tõenäosus, et aasta jooksul toimub hädaolukorra kriteeriumitele vastav metsatulekahju, on järgmine (Päästeameti...2013):

- 20 aasta põhiselt: $100\% \times 6 / 20 = 30\%$;
- 10 aasta põhiselt: $100\% \times 2 / 10 = 20\%$;
- 5 aasta põhiselt: $100\% \times 1 / 5 = 20\%$.

Autor analüüsis Keskkonnaagentuuri statistikat viimase 11 aasta metsatulekahjude kohta ja tulemused on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Metsatulekahjud aastail 2002-2012 (autor Vitali Merkurjev, allikas Keskkonnaagentuuri...2014)

Metsatulekahjude			
Aasta	Arv	Kogu pindala (ha)	Keskmine pindala (ha)
2002	356	2081,7	5,8
2003	111	206,6	1,9
2004	89	378,9	4,3
2005	65	86,5	1,3
2006	250	3095,6	12,4
2007	64	292,4	4,6
2008	71	1279,8	18
2009	47	59,3	1,3
2010	30	24,8	0,8
2011	24	19,3	0,8
2012	5	2,5	0,5
2002-2012	kokku 1112	kokku 7527,4	keskmine 6,7

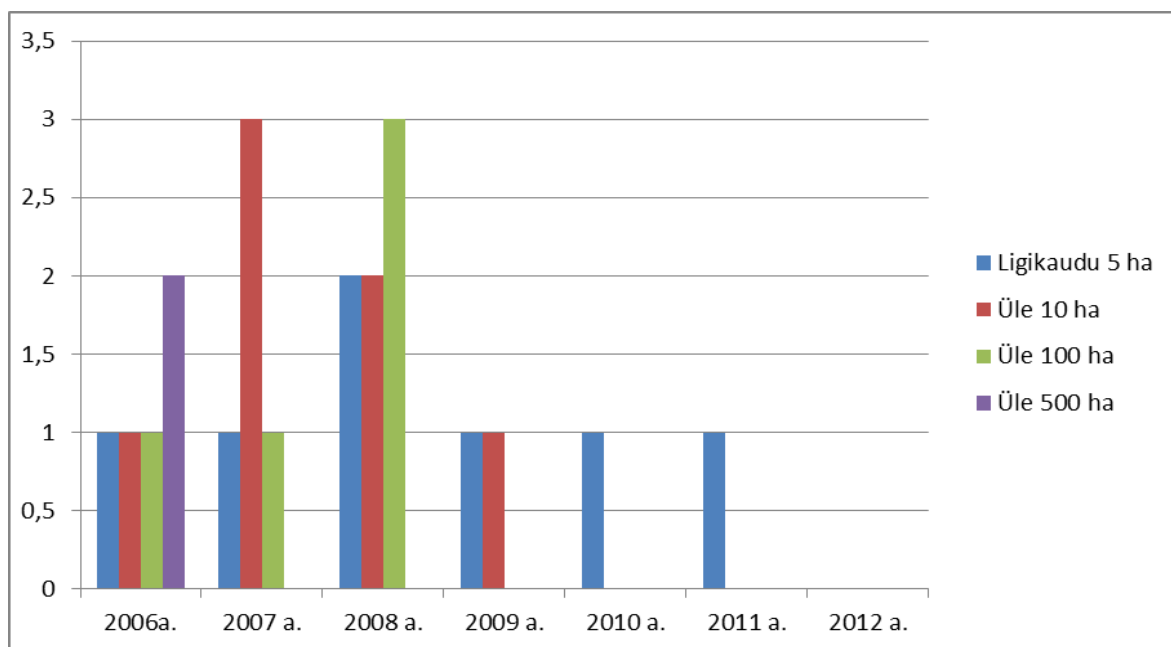
Tabelist 4 nähtub, et 11 aasta jooksul toimus 1112 metsatulekahju, milles on hävinud 7527,4 ha metsa. Tulekahju aritmeetiline keskmine pindala on ligikaudu 6,7 ha.

Statistika näitab ka seda, et viimase kolme aasta jooksul metsatulekahjude üldarv on vähenenud ja ka tules hävinud metsa pindala on langenud.

Venemaal loetakse metsatulekahju suureks, kui tulekahju pindala riigi Euroopa osas ületab 25 hektarit. Suur metsatulekahju on tavaliselt segatüüpi ehk esineb nii pinnatuli kui ka ladvatuli üheaegselt. Suurte tulekahjude tekkimiseks on vaja väikeste tulekollete olemasolu ja ilmastiku muutust: kuiv ilm ja tuule kiiruse kasvamine. Sellises olukorras ühinevad üksikud põlemiskolded massiivse põlemistsoonini, kus esineb ohtu hoonestatud piirkondadele või teiste strateegilistele objektidele (nt elektrijaamad, maanteed).

Sellest tulekahju mõjutavad paljud faktorid: kliima, inimlik, looduslik, tehniline faktor. Need faktorid on omavahel seotud ja nende faktorite kombinatsioon soodustab suurte metsatulekahjude tekkimist. Looduslikud faktorid on järgmised: taimestik, reljeef, ilmastik. Tehniliste faktorite juurde kuuluvad: kustutusvahendite olemasolu, tehniline väljaõpe, metsakaitse ja kustutustööde organisatsioon.

(Теребнев иД 2007:97)



Joonis 5. Eesti tulekahjud aastail 2006 – 2012 suurusega üle 5 ha (autor Vitali Merkurjev)

Autor määratleb Eestis suureks tulekahjuks põlengu alates 5 hektarist. Sellisel juhul on mõistlik tulekahju luureks kasutada droone. Autor analüüsis Keskkonnaagentuuri

statistilisi andmeid aastatel 2006-2012. Vastavad tulemused on toodud välja diagrammis. Diagramm näitab, et seitsme aasta jooksul on Eesti metsades toimunud 21 tulekahju suurusega rohkem kui 5 hektarit. 2012. aastal ei olnud ühtegi tulekahju suurusega rohkem kui 5 hektarit. Nende tulekahjude puhul oleks autori arvates mõistlik ja otstarbekas olnud kasutada droone luureks ja vaatluseks.

Eestis peetakse metsatulekahju hädaolukorraks, kui see (Päästeameti...2013):

- Põhjustab suure varalise kahju või suure keskkonnakahju või tõsiseid ja ulatuslikke häireid elutähtsa teenuse toimepidevuses (muu hulgas häired päästetöö toimimises, elektrivarustuse toimimises);
- Tegemist on põlengualaga alates 500 ha või mitmete väiksemate metsa- ja maastikutulekahjudega, mis toimuvad ühel ajal erinevates piirkondades.

Hädaolukorra määratlusele vastavad metsatulekahjud Eestis aastail 1992-2012 oli kokku 7, üldpinnalaga 4880 ha.

Keskmine kahju 500 hektari suuruse põlengu puhul on 3,52 miljonit eurot. Metsatulekahju kustutustöödele kuluvad summad sõltuvad tulekahju kestusest. Näiteks 2008. aastal toimunud Vihterpalu metsatulekahju (Puhatu I ning Puhatu II) läks riigile kustutustööde näol orienteeruvalt maksma 0,64 miljonit eurot. Samal aastal Narva karjääris toimunud metsatulekahju maksumus riigile oli orienteeruvalt 0,15 miljonit eurot. Alates 2000. aastast hinnatakse metsatulekahjudega tekitatud keskkonnakahju. Kõige suurem kahju esines 2008. aastal, kui toimus ulatuslik metsatulekahju Nõva-Vihterpalu piirkonnas. Metsatulekahjudest tekkinud keskkonnakahju hinnati kokku 14,19 miljonile eurole.

(Päästeameti...2013)

Eestis kasutatakse lennuvahendeid metsatulekahju luureks, vaatluslendudeks (tulekollete leidmiseks) ja ka kustutamiseks. Politsei- ja Piirivalveameti statistika baasil koostas autor tabeli. Lisas 9 on välja toodud Politsei- ja Piirivalveameti lennuvahendite kasutamise töö aeg ja kulud Eestis toimuvate metsatulekahjude puhul. Kulu arvestamisel kasutas autor järgmisi andmeid: kopter Agusta Westland AW139 – 2000 € lennutund; kopterid Enstrom 480B ja Schweizer 300C – 350 € lennutund; kopter Mi8 – 1000 € lennutund. Nende andmete põhjal selgub, et kopterite kasutamine on kulukas, näiteks 2008. a toimunud metsatulekahjudel Vihterpalus ja Narva-Karjääris kasutati koptereid 113,55 tundi. Nende kasutamine maksis 96307 eurot.(Politsei...2012)

3. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

3.1 Droonide kasutamise tõenäosus

Päästeameti riskianalüüsist selgus, et tulekahjude keskmine arv aastate lõikes väheneb. 20 aasta lõikes oli keskmiselt 144,1 metsatulekahju, millest hädaolukorra määratlusele vastas kuus tulekahju. Viimase 11 aasta jooksul toimus 1112 metsatulekahju, milles on hävinud 7527,4 ha metsa. Tulekahju aritmeetiline keskmine pindala on ligikaudu 6,7 ha. Autori poolt koostatud diagrammis selgus, et seitsme aasta jooksul on Eesti metsades toimunud 21 tulekahju suurusega rohkem kui 5 hektarit. Viimase viie aasta lõikes tulekahjude üldarv langes 38 tulekahjule ja neist ainult ühel korral kuulutati hädaolukord välja.

Tõenäosus, et aasta jooksul toimub hädaolukorra kriteeriumitele vastav metsatulekahju, on järgmine (Päästeameti...2013):

- 20 aasta põhiselt: $100\% \times 6/20 = 30\%$;
- 10 aasta põhiselt: $100\% \times 2/10 = 20\%$;
- 5 aasta põhiselt: $100\% \times 1/5 = 20\%$.

Nende andmete järgi oleks autori arvates mõistlik ja otstarbekas olnud kasutada droone luureks ja vaatluseks. Droonide kasutamine parandab luure kvaliteeti ja kiirust. Luure parandamine toob kaasa aja ning kvaliteedi võidu, mis suudab muuta tulekahju vabapõlemise aja lühemaks ja võimaldab vähendada kustutamise seotud kulusid. Statistika põhjal selgub, et viimasel ajal on metsatulekahjude arv langenud, mis võiks autori arvamusel olla seotud ilmastiku tingimustega ning ennetustööga. Selle aasta ilmastik muutub soojemaks ja kuivemaks ning naaberriikides juba toimuvad ulatuslikud metsatulekahjud. Neile andmete tuginedes teeb autor järelduse, et on alus võtta kasutusele drooni süsteem, mis suudab tõsta metsatulekahjude luure tõhusust. Drooni oli võimalik kasutada seitsme aasta lõikes vähemalt 21 korda, ning tema kasutamise tõenäosus hädaolukorra kriteeriumitele vastaval metsatulekahjul järgmise viie aasta jooksul on üsna suur – 20%. Autori hinnangul kasutatakse droone järgmise 5 aasta jooksul 15-20 korda.

3.2 Ekspertide arvamus droonidest

Intervjueeritavate arvamuse põhjal on luure teostamisel oluline roll metsatulekahjude kustutamisel, sest luurest sõltub ressursi vajadus, lisaks tuleb eelnevalt tuvastada sündmuskoha maastik, veevõtukohtad ning elamud. Ülevaate saamine on oluline tulekahju algfaasis, kuna info puudumise tõttu võib eksida kustutustööde planeerimisel. Gruppide liikmed arvasid, et metsatulekahjude puhul on mõistlikum teostada luuret õhust, kuna selle tulemusena saab parema ülevaate tulekahjust. Intervjuude põhjal leidis autor, et tulevikus võiksid droonid olla Päästeameti kasutuses. Intervjueerivate hinnangutel on droonide kasutamine kindlasti mõistlik ning Päästeameti jaoks on droon info kogumise vahendina väga kasulik.

Selle hinnangu põhjal on autor leidnud, et Päästeametil on mõistlik kaaluda võimalust kasutusele võtta droone selleks, et parendada luure kvaliteeti, tagada sündmustel õhuseiret ja seeläbi vähendada metsatulekahjude kustutamise seotud kulusid. Praegu kasutatakse mehitatud lennuvahendeid metsatulekahju luureks, vaatluslendudeks (tulekollete leidmiseks) ja ka kustutamiseks. Alljärgnevalt on autor välja toonud intervjueerivate arvamusel droonide olulisemate kriteeriumite kohta:

- suurus – mikrotüüp (tööraadiusega kuni 10 km ja lennukõrgusega kuni 300 m);
- tööiga – 45-60 minutit;
- mootoritüüp – elektrimootor;
- õhutõusesüsteem – vertikaalne (multirootor);
- juhtimissüsteem – automaatne ning käsi režiimid;
- kasulik koormus – optiline kaamera, termokaamera;
- mobiilsus – alates teavitamisest tunni jooksul kättesaadav;
- tarkvara – peab tagama pildi sidumise kaardiga ja võimaldama määrata ning salvestada GPS koordinaate.

3.3 Ettepanekud droonide soetamiseks

Läbiviidud intervjuude tulemuste põhjal ning autori arvates on Päästeametil mõistlik valida kasutamiseks droon kolme eri riigist pärit droonide tootjate hulgast. Autor on toonud välja

kolm sobivat drooni, millest esimene on pärit Ameerika Ühendriikide tootjalt, teine Vene Föderatsiooni tootjalt ning kolmas Eesti Vabariigi tootjalt.

Ameerika Ühendriikidest on pärit mikrodroon Aeryon SkyRanger. Selle süsteemi tehnilised kriteeriumid on järgmised (Drooni...17.01.2014):

- tööraadius – < 3 km;
- lennukõrgus – 450 m;
- kaal – 2,5 kg;
- tööiga – 50 minutit;
- tuule sallivus – 65 km/t;
- lennukiirus – kuni 60 km/t;
- mootoritüüp – elektrimootor;
- õhutusüsteem – vertikaalne (multirootor 4 rootorit);
- juhtimissüsteem – puutetundlik *suuna ja puuduta* (autori tõlge point-and-click) arvuti navigeerimiseks ja kaamera kontrollimiseks;
- kasulik koormus –stabiliseeritud 15 MP otseülekande kaamera; otseülekande termokaamera;
- mobiilsus – kohe saadaval, pakitud kasti;
- tarkvara – AutoGrid kaardirakendus, dünaamiline lennuplaani muutmise tarkvara, GIS – navigeerimise süsteem (Geographical Information System), GPS andurid.



Joonis 6. Aeryon SkyRanger (Drooni...17.01.2014)

Vene Föderatsioonist on pärit mikrodroon ZALA 421-22. Selle süsteemi tehnilised kriteeriumid on järgmised (Drooni...16.01.2014):

- tööraadius – < 5 km;
- lennukõrgus – 1000 m;
- kaal – 8 k;
- tööiga – 40 minutit;
- lennukiirus – kuni 30 km/t;
- mootoritüüp – elektrimootor;
- õhutusüsteem – vertikaalne (multirootor 8 rootorit);
- juhtimissüsteem – automaatne õhutus, maandumine ning lend;
- kasulik koormus – stabiliseeritud video kaamera ja termokaamera, kiirguseandur, teavitusseade;
- mobiilsus – kohe saadaval, lahtivõetav konstruktsioon;
- tarkvara – GPS/ГЛОНАСС navigeerimisseade, sisseehitatud digitaalne telemeetria süsteem, autodiagnostika süsteem, otsingu saatja.



Joonis 7. Droon ZALA 421-22 (Drooni...16.01.2014)

Eesti Vabariigist on pärit mikrodroon Threod Systems KX8. Selle süsteemi tehnilised kriteeriumid on järgmised (Drooni...07.05.2014):

- tööraadius – 5 km;
- lennukõrgus – 500 m;
- kaal – 12 kg;
- tööiga – 30 + minutit;
- lennukiirus – kuni 45 km/t;
- mootoritüüp – elektriline;
- õhutõusesüsteem – vertikaalne (multirootor 8 rootorit);
- juhtimissüsteem – automaatne/manuaalne õhutõus, maandumine ning lend andmeside moodul + laptop või iPad;
- kasulik koormus – stabiliseeritud video kaamera ja termokaamera moodul, muu varustus kaaluga kuni 8 kg;
- mobiilsus – kohe saadaval, kokkupakitav transpordikohvrisse, kiirlukustussüsteem;
- tarkvara – GPS navigeerimisseade, erinevad kaardirakendused, dünaamiline lennu plaani muutmise tarkvara.



Joonis 8. Droon Threod Systems KX8 (Drooni...07.05.2014)

Empiirilises osas uuris autor intervjueeritavatel arvamust ka droonide haldajate kohta. Nende arvamusel võiks tulevikus droone soetada erinevad asutused. Näiteks toodi välja järgmised asutused:

- Siseministeerium;
- Päästeamet;
- erasektori ettevõtted.

Siseministeerium võiks olla drooni haldaja, kuna ministeeriumi vastutusalas on riigi turvalisus ja korrashoid. Intervjuude jooksul pakuti välja, et kõik ministeeriumi erinevad asutused võiksid kasutada droone ühtselt, kuna droonide soetamine on kulukas protsess, ning mõistlik oleks raha kokku hoida. Kui näiteks Politsei-ja Piirivalveamet ning Päästeamet kasutaksid ühte drooni süsteemi, oleks see oluliselt odavam, kui osta droone kummagi ameti jaoks eraldi.

Kui kujutada Päästeamet drooni haldajaks, siis võiks see olla reageerimisbüroo vastutusalas. Intervjuude põhjal selgus, et droon võiks olla operatiivkorrapidajate autodel või demineerimiskeskuse töötajatel. Nende isikute drooni valdamise põhjenduseks on asjaolu, et nad tagavad selle süsteemi otsese operatiivse kasutamise.

Erasektoris võiks drooni haldaja olla ettevõtte, kes lepingu alusel drooni ka hooldab ning reageerib vajadusel sündmustele.

Autori arvates on otstarbekam, kui Päästeamet oleks drooni haldaja. Süsteem võiks olla kas operatiivkorrapidajatel või demineerimiskeskuse töötajatel, kuna siis drooni kasutamisel ei kannata mobiilsus. Esiteks Päästeameti üksused tagavad aastaringse väljasõidu ja võrreldes erasektoriga on see väga hea eelis. Erasektori ettevõtte võib loobuda kohale tulemisest või tekib neil probleem näiteks personali kättesaadavusega. Oluliseks peab autor droonide tarkvara kokkusobitavust. Ei pruugi olla, et Päästeameti tarkvara ja kaardirakendus sobivad teiste asutuste tarkvara ja kaardirakendusega. Teiseks arvab autor, et Politsei-ja Piirivalveameti droon peab vastama teistele kriteeriumitele. Ametitel on erinevad ülesanded ja lähtuvalt nendest on ka ootused drooni süsteemidele teissugused. Sellel põhjusel on väga raske Politsei-ja Piirivalveametiga koostöös droone kasutada.

Lõputöö teooria osas käsitles autor ka droonide kasutamistaktikat välisriikide näitel. Näiteks oli esitatud Venemaa ning USA kogemus. Kui võrrelda nende riikide metsatulekahjusid ning neile reageerivad ressursse Eestis toimuvate tulekahjude ja neile reageerimisvõimekusega, siis välisriikides on tulekahjude pindalad kordades suuremad ja

samuti on ka neile reageerivaid ressursse rohkem. Need riigid võivad lubada õhuseire teostamiseks isegi kosmoses olevad satelliite, aga kasutatakse siiski droone.

Eesti võimekus ja ressursid on piiratud ja vastavalt sellele arvab autor, et vaatluslennuks on kõige sobivam ühe drooni suletud ringi marsruudid. Süsteem võiks tulla kohapeale liikurvahendiga ja teatud punktides tõusta õhku ja teostada õhuseiret selle mudeli baasil. Andmed edastatakse juhtimispunkti või staapi, ja lennu lõpetamisel on võimalik liikuda edasi. Selle taktika skemaatiline joonis on kujutatud joonisel 4. Autor võib ainult oletada, kuidas on parem droone kasutada Eestis, aga täpsemat kasutamise taktikat näitab ainult kogemus, õppused ning väljaõppe.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö üldeesmärgiks oli uurida, millistele kriteeriumitele peab vastama Päästeameti metsatulekahju luureks kasutatav droon. Nendele kriteeriumitele tuginedes tuli leida drooni tüüp, mis aitab tõsta luure kvaliteeti metsatulekahju puhul. Töö eesmärgi saavutamiseks püstitati kolm uurimisülesannet. Püstitatud ülesannete täitmiseks andis autor ülevaate metsatulekahjust, uuris teiste riikide kogemust droonide kasutamisel ja viis läbi fookusgrupi intervjuud. Lõputöö koostamisel tugines autor erinevatele uurimismeetoditele, andmete kogumiseks kasutati erialast kirjandust ja dokumentide analüüsi, fookusgrupi intervjuusid ja statistiliste andmete analüüsi.

Esimeseks uurimisülesandeks oli anda ülevaade Eestis toimuvatest metsatulekahjust. Eesti pindala on kaetud üle 50% ulatuses metsamaaga. Metsatulekahjuste tekkimises mängib olulist rolli metsa tuleohtlikkus. Kõige suurema tuleohtklassiga on okaspuudest koosnevad metsakooslused Ida-Virumaal ja Harjumaal, ning viimase viie aasta jooksul alates 2008. aastast on seal toimunud keskmiselt 8,4 ja 9,8 metsatulekahju aastas. Viimase 11 aasta jooksul on Eestis toimunud 1112 metsatulekahju, milles on hävinud 7527,4 ha metsa. Tulekahju aritmeetiline keskmine pindala on ligikaudu 6,7 ha.

Autori poolt koostatud diagrammis selgus, et seitsme aasta jooksul on Eesti metsades toimunud 21 tulekahju suurusega rohkem kui 5 hektarit. Viimase viie aasta lõikes tulekahjuste üldarv langes 38 tulekahjuste ja neist ainult ühel korral kuulutati hädaolukord välja.

Teiseks ülesandeks oli kirjeldada droonide kasutamise taktikat välismaa praktika näitel. Välismaa praktika näitas, et drooni kasutatakse sageli metsatulekahju luureks Hispaanias, Ameerika Ühendriikides ja Venemaa Föderatsioonis. Autor on leidnud, et kõige sobilikum taktika on väljatöötatud Venemaal, ning selle taktika sisuks on teostada vaatluslennud ühe drooniga suletud ringi marsruudil. Süsteem võiks tulla kohapeale liikurvahendiga ja teatud punktides tõusta õhku ja teostada õhuseiret selle mudeli baasil. Andmed edastatakse juhtimispunkti või staapi, ja lennu lõpetamisel on võimalik liikuda edasi.

Kolmandaks ülesandeks oli anda ülevaade droonidest ja leida nende tehnilised kriteeriumid Eesti päästeteenistuse jaoks. Autor uuris droone ning leidis, et peamised kriteeriumid, mille järgi on võimalik liigitada droone, on kaal, tööaeg, lennukõrgus ja mootoritüüp. Vastavalt nende kriteeriumitele on võimalik liigitada droone klasside kaupa. Uuringus selgus, et Eesti päästeteenistuse jaoks kasutatav droon peab vastama järgmistele kriteeriumitele: suurus – mikrotüüp (tööraadiusega kuni 10 km ja lennukõrgusega kuni 300 m); tööiga – 45-60 minutit; mootoritüüp – elektrimootor; õhutusüsteem – vertikaalne (multimootor); juhtimissüsteem – automaatne ning käsirežiim; kasulik koormus – optiline kaamera, termokaamera; mobiilsus – alates teavitamisest tunni jooksul kättesaadav; tarkvara – peab tagama pildi sidumine kaardiga ja võimaldama määrata ning salvestada GPS koordinaate.

Oluliseks ettepanekuks peab autor kaaluda võimalust kasutusele võtta drooni süsteemi luure teostamiseks. Autor pakkus oma töös välja kolm erinevat drooni süsteemi, mis vastavad päästeteenistuse tehniliste kriteeriumitele. Samuti pakkus autor välja erinevaid lahendusi drooni haldamisel ja kasutamisel.

Tuginedes läbiviidud uuringu tulemustele, on lõputöö eesmärk saavutatud. Käsitletud teema on aktuaalne praegu ja ka edaspidi. Tendents seisneb selles, et tulevikus on võimalik uurida droonide kasutamise võimalust ja otstarbekust ka teistes päästetööde valdkondades, milleks on näiteks pinnaltpääste, keemiapääste, varingud, tööstushoonete ja nafta-terminalide tulekahjud.

РЕЗЮМЕ

Тема данной дипломной работы – «Использование дронов для разведки лесных пожаров». Дипломная работа состоит из 56 страниц: основная часть дипломной работы составляет 40 страниц и дополнения к дипломной работе занимают 16 страниц. Работа содержит 8 таблиц и 20 рисунков. Работа написана на эстонском языке с иноязычным заключением на русском языке.

Ключевыми словами в данной работе являются: лесной пожар, разведка пожаров, дрон, беспилотный летательный аппарат.

Целью данной работы является исследование, каким критериям должен отвечать дрон Спасательного департамента для проведения разведки лесных пожаров. На основе исследуемых критериев автор должен найти тип дрона, который поможет улучшить качество разведки лесных пожаров. Для достижения цели исследовательской работы, автор опирался на различные способы исследования, такие как: анализ тематической литературы и документов, анализ статических данных и анализ экспертных интервью. Выборка экспертов осуществлялась из работников Спасательного департамента, которые обладают достаточным опытом в управление тушения лесных пожаров, или обладают достаточными знаниями о лесных пожарах.

В результате исследования автор установил критерии, которым должен отвечать дрон Спасательного департамента Эстонской республики. Важнейшим предложением автора является взвесить возможность использования дронов для проведения разведки. Автор предложил 3 различных варианта дронов, которые соответствуют вышеперечисленным критериям. Также автор предложил различные варианты для решения вопросов собственности и использования дронов.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Adermann, V. 2012. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. Keskkonnateabe Keskus. Tallinn Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus. Välja otsitud Keskkonnainfo koduleheküljelt 08.01.2014

Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M., Zhou, T. 2007. Classification of unmanned aerial vehicles. Publitseerimata uurimistöö. The University of Adelaide Australia

Alton, H., Kiil, A., D. 2003. Metsatulekahjud. Eesti Metsaselts

Barnhart, R., K., Hottman, S., B., Marshall, D., M., Shappe, E. 2012. Unmanned aircraft systems. The United States of America

Casbeer, W.,D., Kingston, B., D., Beard, W., R., McLain, W., T., Li, S., Mehra, R. 2004. Cooperative Forest Fire Surveillance Using a Team of Small Unmanned Air Vehicles. Brigham Young University, USA, Scientific Systems Company, Inc USA. International Journal of Systems Science, number 6, 15 May 2006. Välja otsitud Ingentaconnect kirjastaja koduleheküljelt 29.10.2013

Droonide kasulik koormus Aeryon Labs koduleheküljelt
<http://www.aeryon.com/products/payloads/thermal-imaging-flir.html>
välja otsitud 17.01.2014

Droonide kasulik koormus Aeryon Labs koduleheküljelt
<http://www.aeryon.com/products/payloads/skyranger-payloads.html>
välja otsitud 17.01.2014

Droonide kasulik koormus. Zala Aero Group koduleheküljelt
<http://www.zala.aero/nagruzka-1/> välja otsitud 16.01.2014

Droonide kasulik koormus. Zala Aero Group koduleheküljelt
<http://www.zala.aero/teplovizor-zoom-10x-girostabilizirovannyj>
väljaotsitud 16.01.2014

Drooni pildid kaitsesüsteemi tootja Aeronautics Ltd koduleheküljelt
http://www.aeronautics-sys.com/aerostar_tactical_uav%20/
väljaotsitud 11.01.2014

Drooni pildid ja tehnilised andmed. Aeryon Labs koduleheküljelt
<http://www.aeryon.com/> välja otsitud 17.01.2014

Drooni pildid Sõjaväe aviatsiooni Air-Attack portaali koduleheküljelt

<http://www.air-attack.com/images/single/916/Block-30-Global-Hawk-arrives-at-Beale-AFB-2.html>

väljaotsitud 15.01.2014

Drooni pildid ja tehnilised andmed. Ametlik kirjavahetus OÜ Thred Systems peainseneriga, kättesaadav autori valduses. 07.05.2014

Drooni pildid interneti ajakirja Gizmag koduleheküljelt

<http://www.gizmag.com/aeropak-fuel-cell-tested-on-skyhawk-i-le-uas/17227/>

väljaotsitud 13.01.2014

Drooni pildid interneti ajakirja Defense Update koduleheküljelt

<http://defense-update.com/products/d/dragoneyes.htm> väljaotsitud 14.01.2014

Drooni pildid interneti ajakirja Defense Update koduleheküljelt www.defense-update.com/20070930_british-field-hermes-iraq.html väljaotsitud 14.01.2014

Drooni pildid interneti ajakirja Military technology koduleheküljelt

<http://www.miltechmag.com/2013/05/aeryon-labs-announces-skyranger-small.html>

väljaotsitud 12.01.2014

Drooni pildid ja tehnilised andmed. Zala Aero Group koduleheküljelt

<http://zala.aero/> väljaotsitud 16.01.2014

Eesti Keele Instituut 2013. Eesti õigekeelsussõnaraamat. Tallinn, Eesti keele Sihtasutus

Eesti Keele Instituut 2009. Eesti keele seletav sõnaraamat 2 trükk, 2 köide. Tallinn, Eesti keele Sihtasutus

Eisenbeiss, H. 2004. A mini unmanned aerial vehicle (uav): system overview and image acquisition. Institute for Geodesy and Photogrammetry, Zurich, Switzerland. Välja otsitud CiteSeerX teaduskirjanduse digitaalse raamatukogust 07.01.2014

European Agency for the Management of Operational Cooperation at the External Borders of the Member States of the European Union 2012. Remotely piloted aircraft systems study 2012. Warsaw Poland. Ametlik kirjavahetus Politsei- ja Piirivalveameti lennutegevuse koordinaatoriga, kättesaadav autori valduses. 15.11.2013

Keskkonnaagentuuri metsatulekahjude statistika 2006-2012

<http://www.keskkonnainfo.ee/main/index.php> välja otsitud 12.01.2014

Kütt, V. 2011 Euroopa Komisjoni LIFE+ programm. Ülevaade metsatulekaitsest. Tallinn. SA Erametsakeskus. Välja otsitud Erametsakeskuse koduleheküljelt 04.01.2014.

Lowe, J., D. 2001. Wildland firefighting practices. The united States of America

Laherand, M. 2008. Kvalitatiivse uurimisviisi. Tallinn

- Lääts, A. 2010. Meie päästjad. Tallinn Tea Kirjastus
- Merino, L., Caballero, F., Martínez-de-Dios, J., R., Maza, I., Ollero, A. 2010. Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement using Unmanned Aerial Vehicles. University of Seville, Spain, ja Center for Advanced Aerospace Technologies Seville, Spain. Journal of Intelligent & Robotic Systems 01.2012. Välja otsitud SpringerLink kirjastaja koduleheküljest 29.10.2013
- Politsei-ja Piirivalve ameti statistika 2012. Ametlik kirjavahetus Politsei- ja Piirivalveameti lennutegevuse koordinaatoriga, kättesaadav autori valduses. 15.11.2013 Politsei-ja Piirivalveameti statistika 2012
- Päästeameti Hädaolukorra riskianalüüs Ulatuslik metsa- või maastikutulekahju, kinnitatud Päästeameti peadirektori 01.07.2013 kinnitatud käskkirjaga nr 286
- Siseministeriumi valitsemisala arengukava 2012-2015
- Коносеvич, В., В., Сементин, В., Л., Азметов, Р., Р., Коршунов, Н., А., Перминов, А., В. 2010. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: Разработка научно-методических подходов и технологии использования беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве. Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз) Федеральное государственное учреждение Центральная база авиационной охраны лесов «Авиалесоохрана». Publitseerimata uuringu aruanne. Пушкино, Российская Федерация
- Макаренко Г.Л. 2013. Уменьшение пожароопасности территорий через естественное возобновление болот. Тверской государственный технический университет. Российская Федерация. Журнал "Современные наукоемкие технологии" № 11 за 2013 год. Välja otsitud Журнал "Современные наукоемкие технологии" koduleheküljest 03.01.2014
- Теребнев, В., В., Артемьев, Н., С., Подгрушный, А., В. 2007. Противопожарная защита и тушение пожаров. Москва. Пожнаука

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabel 1. Uuringu valim (autor Vitali Merkurjev).....	23
Tabel 2. Ülevaade metsatulekahjude jaotumisest maakonniti (autor Vitali Merkurjev, allikas Päästeameti...2013)	23
Tabel 3. Metsatulekahjude keskmine arv aastas ja hädaolukorra määratlusele vastavate tulekahjude arv erinevate perioodide lõikes (Päästeameti...2013)	27
Tabel 4. Metsatulekahjud aastail 2002-2012 (autor Vitali Merkurjev, allikas Keskkonnaagentuuri...2014).....	28
Tabel 6. Eesti vabariigi metsamaa pindala (Adermann 2012).....	46
Tabel 7. Droonide liigitus erinevate kriteeriumite järgi (autor Vitali Merkurjev, European...2012)	51
Tabel 8. Politsei-ja Piirivalveameti lennuvahendite kasutamise töö aeg ja kulu metsatulekahjudel viimase viie aasta jooksul (autor Vitali Merkurjev)	55
Joonis 1. Tule simulatsioon tugeva tuule puhul, tuule levik on tuule suunal (Casbeer <i>et al</i> 2004).....	10
Joonis 2. Pildid erinevatelt droonidelt (Merino <i>et al</i> 2010).....	16
Joonis 3. Drooni lennumudel (Casbeer <i>et al</i> 2004)	17
Joonis 4. Droonide lennumudelid (Коносевиц ид 2010).....	20
Joonis 5. Eesti tulekahjud aastail 2006 – 2012 suurusega üle 5 ha (autor Vitali Merkurjev)	29
Joonis 6. Aeryon Skyranger (Drooni...17.01.2014).....	33
Joonis 7. Droon Zala 421-22 (Drooni...16.01.2014)	34
Joonis 8. Droon Threod Systems kx8 (Drooni...07.05.2014).....	35
Joonis 9. Valdade jaotus metsade tuleohu suuruse järgi (Kütt 2011).....	47
Joonis 10. Pinnatule illustratsioon (Макаренко 2013:87)	48
Joonis 11. Maatule illustratsioon (Макаренко 2013:88)	49
Joonis 12. Ladvatule illustratsioon (Макаренко 2013:87)	50
Joonis 13. Mikrodrooni Dragon Eye illustratsioon (Drooni...14.01.2014)	52
Joonis 14. Mikro kopter-drooni Aeryon Skyranger illustatsioon (Drooni...12.01.2014)...	52

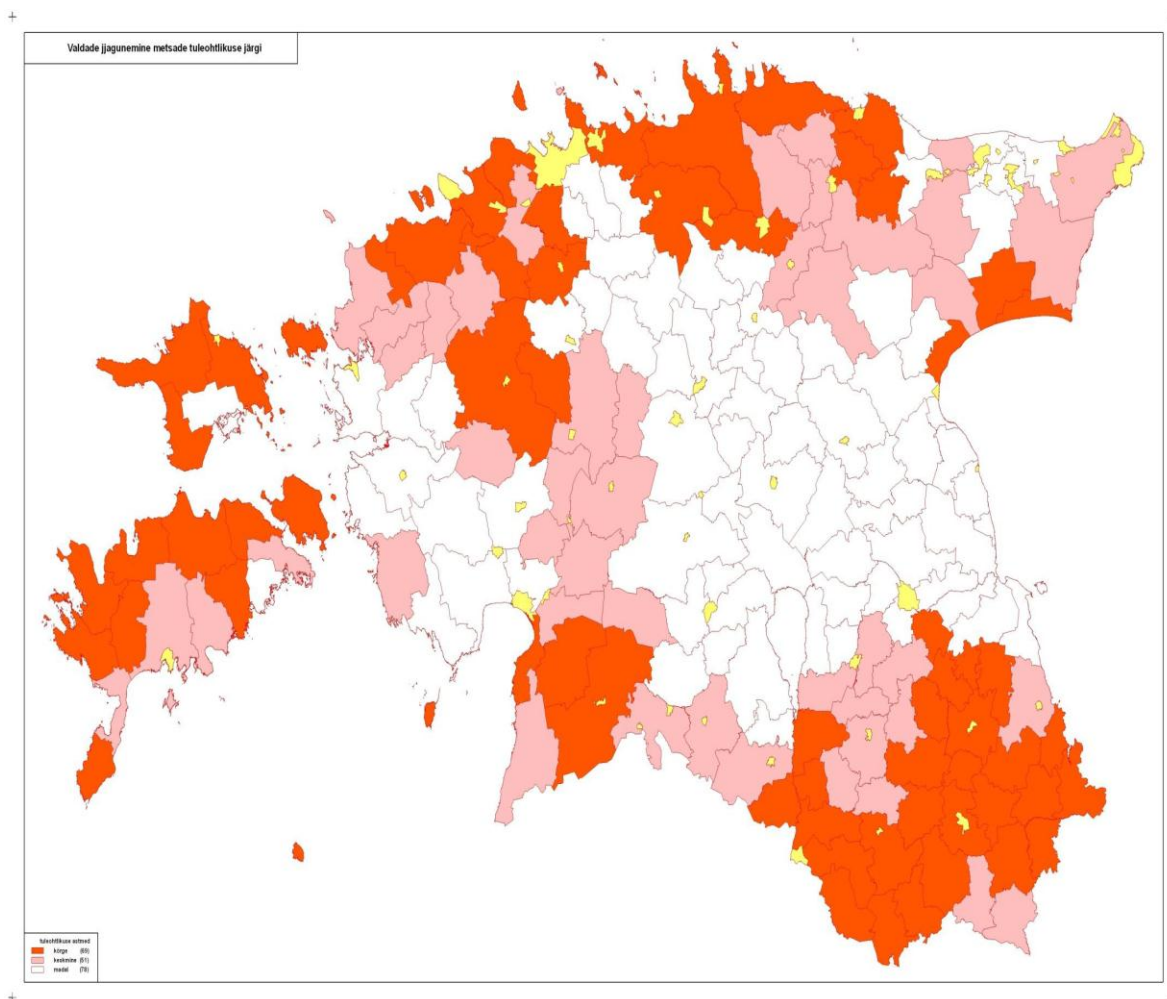
Joonis 15. Minidrooni Skylark i illustatsioon (Drooni...13.01.2014).....	52
Joonis 16. Keskmise drooni Aerostar illustatsioon (Drooni...11.01.2014)	53
Joonis 17. Suure drooni Hermes illustatsioon (Drooni...14.01.2014)	53
Joonis 18. Mega suure drooni Global Hawk illustatsioon (Drooni...15.01.2014).....	53
Joonis 19. Mikro kopter-drooni seadmed: Тревога-1(teavitusmoodul koos kaameraga) ja optilise ja termokaamera moodul (Droonide...16.01.2014).....	54
Joonis 20. Mikro kopter-drooni seadmed: sr-eo/ir (kombineeritud optilise ja termokaamera moodul koos stabilisaatoriga), thermal imaging flir (termokaamera) (Droonide...17.01.2014)	54

LISA 1. MAAKONDADE METSAMAA PINDALA METSAMAA TAGAVARA

Tabel 5. Eesti Vabariigi metsamaa pindala (Adermann 2012)

M a a k o n d	Üldpindala		Metsamaa pindala			Metsasus %	Metsamaa tagavara				
	tuhat ha	%	tuhat ha	%	subteline viga ±%		tuhat tm	%	subteline viga ±%	tm/ha	subteline viga ±%
Harjumaa	433,3	9,9	223,2	10,1	4,5	51,5	44 047	9,6	7,5	197	4,4
Hiiumaa	102,3	2,3	72,6	3,3	9,0	70,9	16 277	3,6	12,5	224	7,2
Ida-Virumaa	336,4	7,7	196,3	8,9	4,7	58,4	38 617	8,4	8,2	197	5,1
Jõgevamaa	260,4	6,0	130,8	5,9	7,5	50,2	26 735	5,8	10,2	204	6,4
Järvamaa	262,3	6,0	127,3	5,8	5,8	48,5	23 620	5,2	10,3	186	6,4
Läänemaa	238,3	5,5	103,9	4,7	7,2	43,6	17 340	3,8	11,2	167	6,8
Lääne-Virumaa	346,5	7,9	166,6	7,5	4,9	48,1	33 903	7,4	9,2	204	5,9
Põlvamaa	216,5	5,0	117,3	5,3	7,0	54,2	26 834	5,9	11,1	229	7,0
Pärnumaa	480,6	11,0	242,7	11,0	4,5	50,5	52 662	11,5	7,6	217	4,8
Raplamaa	298,0	6,8	155,6	7,0	5,3	52,2	31 906	7,0	9,2	205	5,5
Saaremaa	292,2	6,7	160,4	7,3	5,4	54,9	32 409	7,1	8,5	202	4,7
Tartumaa	308,9	7,1	117,5	5,3	7,0	38,0	26 074	5,7	11,2	222	7,4
Valgamaa	204,7	4,7	116,8	5,3	6,8	57,1	26 235	5,7	10,7	225	6,6
Viljandimaa	358,9	8,2	168,1	7,6	5,4	46,8	35 143	7,7	9,2	209	5,8
Võrumaa	230,5	5,3	112,9	5,1	6,6	49,0	26 646	5,8	11,5	236	7,6
K o k k u	4 369,8	100,0	2 212,0	100,0	1,3	50,6	458 448	100,0	1,5	207	0,7

LISA 2. EESTI METSADE TULEOHTLIKKUSE KAART



Joonis 9. Valdade jaotus metsade tuleohtu suuruse järgi (Kütt 2011)

LISA 3. PINNATULI



Joonis 10. Pinnatule illustratsioon (Макаренко 2013:87)

LISA 4. MAATULI



Joonis 11. Maatule illustratsioon (Макаренко 2013:88)

LISA 5. LADVATULI



Joonis 12. Ladvatule illustratsioon (Макаренко 2013:87)

LISA 6. DROONIDE KOONDTABEL

Tabel 6. Droonide liigitus erinevate kriteeriumite järgi (autor Vitali Merkurjev, European...2012)

Droonide klass	Kaal (kg)	Nominal kõrgus (m)	Tööaeg (t)	Tööraadius (km)	Näited	Õhutõusetüüp
Mikro	>10	Kuni 300	>3	>10	Aladin, Dragoneye	Käsitsi(visades), vertikaalne
Mini	10-100	Kuni 3000	2-6	10-100	Skylark-2, silver fox, neptun	Katapuldiga
Keskmine	40-300	Kuni 5000	6-10	100-200	Aerostar, sperwer b	Katapuldiga/horisontaalne
Suur	150-500	Kuni 5000	10-20	<200	Hermes 450s, super ranger	Horisontaalne
Mega suur	500 ja üle	Kuni 20000	<24	Üle 10000	Global Hawk, Predator	Horisontaalne

LISA 7. DROONIDE ILLUSTRATSIOONID



Joonis 13. Mikrodroni Dragon Eye illustratsioon (Drooni...14.01.2014)



Joonis 14. Mikro kopter-droni aeryon skyranger illustatsioon (Drooni...12.01.2014)



Joonis 15. Minidroni Skylark I illustatsioon (Drooni...13.01.2014)



Joonis 16. Keskmise drooni Aerostar illustatsioon (Drooni...11.01.2014)



Joonis 17. Suure drooni Hermes illustatsioon (Drooni...14.01.2014)

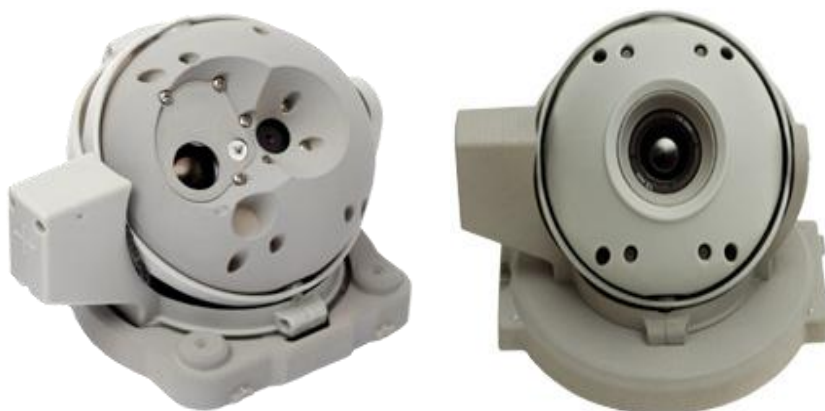


Joonis 18. Mega suure drooni Global Hawk illustatsioon (Drooni...15.01.2014)

LISA 8. DROONIDE KASULIK KORMUS



Joonis 19. Mikro kopter-drooni seadmed: Тревога-1(teavitusmoodul koos kaameraga) ja optilise ja termokaamera moodul (Droonide...16.01.2014)



Joonis 20. Mikro kopter-drooni seadmed: SR-EO/IR (kombineeritud optilise ja termokaamera moodul koos stabilisaatoriga), Thermal Imaging FLIR (termokaamera) (Droonide...17.01.2014)

LISA 9. KOPTERITE KASUTAMISE KOONDTABEL

Tabel 7. Politsei-ja Piirivalveameti lennuvahendite kasutamise töö aeg ja kulu metsatulekahjudel viimase viie aasta jooksul (autor Vitali Merkurjev)

Aasta	Kuupäev ja asukoht, kopteri tüüp	Tööaeg (tundides)	Kulu (eurodes)	Kulud kokku (eurodes)
2012	08.08, Klooga polügoon, kopter AW139	3	6000	7000
	09.08, Klooga polügoon, kopter AW139	0,5 Kokku: 3,5	1000	
2008	24.05, Vihterpalu, kopter Mi-8	6,3	6300	19149,5
	24.05, Vihterpalu, kopter Schweizer 300C	6	2100	
	25.05, Vihterpalu, kopter E480	6,15	2152,5	
	25.05, Vihterpalu, kopter Mi-8	5,55	5500	
	26.05, Vihterpalu, kopter E480	3,2	1120	
	26.05, Vihterpalu, kopter E480	2,15	752	
	27.05, Vihterpalu, kopter Schweizer 300C	3,5 Kokku: 32,85	1225	
	04.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	3,45	3450	77157,5
	05.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	8	8000	
	06.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	6,05	6050	
	07.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	7,05	7050	
	07.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	3,4	3400	
	08.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	7,3	7300	
	09.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	7,55	7550	
	10.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	7,35	7350	
	11.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	8,35	8350	
	12.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	4,5	4500	
	14.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	4,25	4250	
	15.06, Narva karjäär, kopter Mi-8	8	8000	
	06.06, Narva karjäär, kopter E480	5,45 Kokku: 80,7	1907,5	
10.06, Puhatu raba, kopter E480	4,4 Kokku: 4,4	1540	1540	

LISA 10. FOOKUSGRUPI INTERVJUUDE KÜSIMUSTIK

1. Kui suur rolli mängib metsatulekahju kustutamisel luure kvaliteet ja kiirus?
2. Kui tihti olete kasutanud lennuvahendeid õhuseireks ja miks?
3. Mida arvate droonidest kui uuest tööriistast?
4. Kas ja kuidas on mõistlik kasutada droone metsatulekahjude puhul, teie ootused sellele?
5. Kuidas hindate ja kirjeldate droonide mobiilset võimekust (kui suur ta peab olema, kui kiiresti kättesaadav)?
6. Millised on ootused droonide juhtimisele (kas soovite automaat põhimõttel või käsitsi juhitavaid tüüpe, palun põhjendage)?
7. Millised on teie soovid droonide mootoritüübi ja tööaja kohta?
8. Kas on mõistlik kasutada kaardirakendust süsteemis tervikuna (orienteerumisel ja mõõtmisel) või piisab lihtsalt lennuvahendist?
9. Missugused lisäülesanded ja selleks vajalik varustus võiks olla paigaldatud droonidele (optilised seadmed, termokaamera, häälega teavitamise seade)?
10. Missugused kulud/probleemid võivad tekkida droonisüsteemi soetamisel ja kasutamisel?