

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

Sisekaitseakadeemia

Politsei- ja piirivalvekolledž

Emily Lepp

**EESTI MAISMAAPIIRI VÕIMALIKUD TEHNILISED
SEIRESÜSTEEMID**

Lõputöö

Juhendaja:

Aleksander Raketski, MA

Tallinn 2021

ANNOTATSIOON

Politsei- ja Piirivalvekolledž	Juuni 2021
Töö pealkiri eesti keeles: Eesti maismaapiiri võimalikud tehnilised seiresüsteemid	
Töö pealkiri inglise keeles: Possible Technical Surveillance Systems of the Estonian Land Border	
<p>Lühikokkuvõte: Käesolev lõputöö on kirjutatud eesti keeles ja koosneb 61 leheküljest ning sisaldab kolme tabelit, 16 joonist ja kolme lisa. Töö teooriaosa koostamisel kasutati 72 eesti- ja inglisekeelset allikat. Lõputöö uurimisprobleem püstitati küsimusena: „Millised piiri valvamise tehnilised vahendid on optimaalsed Eesti maismaapiiri valvamiseks?“ Lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada, millised piiri valvamise tehnilised seiresüsteemid on kõige sobivamad Eesti riigipiiri valvamiseks. Töö koosneb kolmest peatükist, millest kaks on teoreetilised ja üks uurimuslik. Lõputöö raames viidi läbi empiiriline uuring poolstruktureeritud ekspertintervjuude näol. Intervjueeriti 12 piirivalveametnikku, kellelt küsiti arvamusi Eesti maismaapiiril praegu kasutatavate tehnikavahendite kasulike külgede ja puuduste ning ametnike soovitud funktsioone täitvate tehnikavahendite kohta. Lõputöö koostamise ja empiirilise uuringu läbiviimise käigus selgus, et peamised puuduskohad praeguses piiri valvamise süsteemis on veealuse tegevuse ja UAVde avastamise võimetus ning liialt suur halduskoormus ametnikele. Mainitud puudused on vaja lahendada ning tagada vastav seirevõimekus piiril. Eesti loodus piirab tehnikavahendite kasutamist, kuna mitmekülgne maismaapiiri kulu geograafia ja ilmastikumuutused pärsivad tehnikavahendite kasutamise efektiivsust. Töö autor tegi PPAle ettepanekud tagada veealuse tegevuse ja UAVde avastamise seirevõimekus kasutades veealuseid sensoreid ja UAVde tuvastamise süsteeme ning kasutada käesolevas lõputöös väljatoodud tulemused riigipiiri valvamise edendamisel ja idapiiri väljaehitamise raames.</p>	
Lisad:	
Võttesõnad: Eesti maismaapiir, tehnilised seirevahendid, seiresüsteemid	
Võõrkeelsed võttesõnad: <i>Estonian land border, technical surveillance instruments, surveillance systems</i>	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia raamatukogu	
<p>Töö autor: Emily Lepp</p> <p>Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud.</p> <p>Annan Sisekaitseakadeemia tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Sisekaitseakadeemia raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni, välja arvatud vastava märkega asutusesiseseks kasutamiseks tunnistatud töö osad. Annan loa teose üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Sisekaitseakadeemia veebikeskkonna kaudu sealhulgas Sisekaitseakadeemia raamatukogu digikogu kaudu ja paber kandjal Sisekaitseakadeemia raamatukogus kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni, välja arvatud vastava märkega asutusesiseseks kasutamiseks tunnistatud töö osad.</p> <p>Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.</p> <p>Allkiri: /allkirjastatud digitaalselt/</p>	
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja: Aleksander Raketski.	Allkiri: /allkirjastatud digitaalselt/
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor / instituudi juhataja:	Allkiri: /allkirjastatud digitaalselt/

SISUKORD

ANNOTATSIOON.....	2
MÕISTETE JA LÜHENDITE SELGITUS	5
SISSEJUHATUS	6
1. EESTI RIIGIPIIRI OLEMUS JA SELLE VALVAMINE.....	9
1.1. Eesti riigipiiri tekkimine ja selle valvamine algusaastatel	9
1.2. Eesti riigipiiri olemus.....	9
1.3. Riigipiiri valvamise põhimõtted	10
2. VÕIMALIKUD TEHNILISED VAHENDID RIIGIPIIRI VALVAMISEKS.....	12
2.1. Seadmed veetaluse tegevuse avastamiseks	13
2.2. Maismaal isiku vahetu avastamise seadmed.....	14
2.2.1. Maapinna valvamise radar	14
2.2.2. Valveta maasensorid.....	15
2.2.3. Piirdeala sensorid.....	17
2.3. Mehitamata sõidukid.....	17
2.3.1. Mehitamata maismaasõidukid	17
2.3.2. Mehitamata õhusõidukid	18
2.4. Raadiolainete segamise süsteemid.....	20
2.4.1. Droonituvastussüsteemid.....	20
2.4.2. Mobiilside segamissüsteemid	21
2.5. Vaatlusseadmed	22
2.5.1. Päeval ajal kasutatavad seadmed.....	22
2.5.2. Valgusvõimendid.....	22
2.5.3. Infrapuna öövaatlusseadmed	23
2.5.4. Termograafilised seadmed.....	23
2.5.5. Hübridvaatlusseadmed	24
3. OLUDELE VASTAV TEHNIKAVAHENDITE SÜSTEEM	26

3.1. Uuringu metoodika ja valim	26
3.2. Uuringu tulemused.....	29
3.3. Seirevahendite süsteem.....	39
3.4. Järeldused ja ettepanekud Eesti maismaapiiri seire tõhustamiseks	44
KOKKUVÕTE	47
SUMMARY	49
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	50
TABELITE JA JOONISTE LOETELU	56
Tabelite loetelu	56
Jooniste loetelu	56
Lisa 1. Intervjuu küsimused	58
Lisa 2. Ohud piirile ja tehnilised vahendid nende avastamiseks ja tõkestamiseks.....	59
Lisa 3. Tehniliste vahendite omadused	60

MÕISTETE JA LÜHENDITE SELGITUS

2G (*2nd Generation of Mobile Telephony*) – teise generatsiooni mobiilside lahendus

3G (*3rd Generation of Mobile Telephony*) – kolmanda generatsiooni mobiilside lahendus

Ad hoc – vajaduspõhine

Ajutine kontrolljoon – katkematu mõtteline joon ja seda mööda kulgev vertikaaltasapind, mis eraldab Eesti jurisdiktsioonile alluvat Eesti territooriumi sellele mittealluvast Eesti osast (riigipiiri seadus, 1994)

ANTS – automaatne numbrituvastussüsteem

C-UAV (*Counter Unmanned Aerial Vehicle*) – mehitamata lennubahendite vastuseade

Eurosur (*European Border Surveillance System*) – Euroopa piiride valvamise süsteem

Frontex (*European Border and Coast Guard Agency*) – Euroopa Piiri- ja Rannikuvalve Amet

GSM (*Global System for Mobile Communication*) – globaalne mobiilside süsteem

ISR (*Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*) – luure-, seire- ja vaatlustegevus

Jammer – signaali blokeeriv seade; est k segaja

MSS (*Mobile Surveillance System*) – mobiilne seiresüsteem

PPA – Politsei- ja Piirivalveamet

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) – sünteetilise apertuuriga radar

Sisepiir – Eesti ja Euroopa Liidu liikmersiigi ühine maismaapiir (riigipiiri seadus, 1994)

sUAS (*Small Unmanned Aircraft Systems*) – väikesed mehitamata õhusüsteemid

TARS (*Tethered Aerostat Radar System*) – maapinnale lõastatud aerostaadi radarsüsteem

UAS (*Unmanned Aerial System*) – mehitamata õhusüsteem

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) – mehitamata õhusõiduk

UGS (*Unattended Ground Sensor*) – valveta maasensor

UGV (*Unmanned Ground Vehicle*) – mehitamata maismaasõiduk

UUV (*Unmanned Underwater Vehicle*) – mehitamata allveesõiduk

Välispiir – Eesti merepiir ja õhupiir ning maismaapiiri osa, mis ei ole sisepiir (riigipiiri seadus, 1994)

SISSEJUHATUS

Alates 1918. aasta 14. novembrist, mil toimus Eesti Kaitse Liidu (tänapäeval Eesti Kaitseliit) asutaja Johan Pitka juhtimisel esimene koosolek Eesti Vabariigi riigipiiri valvamise korraldamise teemal, on ametnikud järjepidevalt otsinud uudseid abivahendeid riigipiiri valvamiseks. Piirivalve ajaloo algusaastatel olid peamiseks sellisteks vahenditeks mitmekordsed okastraataiad ja vaadetornid. Nüüdsel ajal on piiri valvamise hõlbustamiseks kasutusel erinevad tehnilised seadmed ja süsteemid. Tänapäeval korraldab riigipiiri valvamist Eestis Politsei- ja Piirivalveamet (edaspidi PPA), mis on praegusel kujul tegutsenud aastast 2010, mil liideti varem eraldi tegutsenud Piirivalveamet, Keskkriminaalpolitsei, Politseiamet, Julgestuspolitsei ning Kodakondsus- ja Migratsiooniamet. (Kiviste, *et al.*, 2020, lk 9; Võime, 2007, lk 6, 34)

Lõputöö teema on **aktuaalne**, kuna aastateks 2020-2030 koostatud siseturvalisuse arengukava eelnõu sätestab ühe soovitud olukorrana, et „Eesti piir kui Euroopa Liidu välispiir on valvatud ja kaitstud ning see on piisav julgeoleku tagamiseks. Tõkestatud on piiri ebaseaduslik ületamine, ebaseaduslikud toimingud piiri lähedal, inimkaubandus ja salakaubavedu...“ (Siseminister, 2020). Teema aktuaalsust rõhutab ka Frontexi poolt 2019. aastal koostatud „Euroopa integreeritud piirihalduse tehniline ja tegevusstrateegia,“ milles on muuhulgas kolmel eri tasandil püstitatud kavandatavad meetmed piirieelsel alal pideva laiema piirkonna seire tagamiseks, mis on järgnevad (Frontex, 2019, lk 37):

- riikide tasandil töötada välja täiustatud vahendid ja tehnilised seadmed piirieelse ala seire suutlikkuse saavutamiseks;
- Euroopa tasandil tagada piirieelse ala seirevõimekus kasutades tipptasemel vahendeid ja seadmeid;
- Euroopa ja riikide tasandil välja töötada uued piirieelsel alal toimuva seire kontseptsioonid.

Nende meetmete planeeritud väljunditeks on kokkuvõtlikult riskide ja ohtude õigeaegne ja tõhus kindlakstegemine ning reaalses andmete saamine piirieelsel alal toimuva kohta. (Frontex, 2019, lk 37).

Käesolevas lõputöös käsitletakse Eesti Politsei- ja Piirivalveameti töös kasutatavaid maismaapiiri valvamise tehnikavahendeid ja nende süsteeme. Töö keskne ülesanne on leida maismaapiiri seireks optimaalsed tehnilised piiri valvamise vahendid ja nende kombinatsioonid, arvestades sealjuures piiri kulgemise maastiku ja muude looduslike teguritega. Lõputöö **uudsus** seisneb eelkõige selles, et võimalike Eesti maismaapiiri tehniliste seirevahendite ja -süsteemide kasutamist pole uurimistööna autorile teadaolevalt sellise fookusega uuritud. Sarnasel teemal kirjutas Tartu Ülikooli õigusteaduskonna tudeng Annika Lauk 2018. aastal magistr töö „Piirirežiimi tagamine Eesti Vabariigis“, milles autor analüüsis Eestis kehtivat piirirežiimi regulatsiooni koostoimes Euroopa

Liidu õigusega ning selgitas välja piirirežiimi kitsaskohad. Muuhulgas leidis Lauk töös kinnitust enda püstitatud hüpoteesile, mille kohaselt Eesti Vabariigi ja Venemaa Föderatsiooni vahelise ajutise kontrolljoone väljaehitamine aitab ennetada, avastada ja tõkestada selleks mitteettenähtud kohas toimuvat ebaseaduslikku piiriületust ja piiriülest kuritegevust (Lauk, 2018, lk 62). Käesolevas lõputöös uuritakse spetsiifiliselt maismaapiiri tehnilisi seirevõimalusi ning antakse soovitusi optimaalsete maismaapiiri seiresüsteemide väljatöötamiseks Eesti piirivalve tarvis.

Uudsete piiri valvamise tehniliste lahenduste väljatöötamise olulisuse kasuks räägib ka asjaolu, et piiri valvamise võimalikke erinevaid meetodeid on nii maailma-, Euroopa kui ka erinevate riikide tasanditel varem uuritud. Siseriiklikest uuringutest väärib väljatoomist Diana Marnoti (2020, lk 27) uuring „Baltikumi julgeolekupoliitika dokumentide võrdlus“, milles autor leidis, et kõik kolm Balti riiki prioriseerivad riigi julgeoleku tagamisel riigipiiri valvamis- ja kaitsevõimekuse suurendamist. Selles avaldub efektiivsemate piiri valvamise süsteemide väljatöötamise vajadus. Rahvusvahelistest uuringutest väärib märkimist N. Srivastava, *et al.* poolt (2017, p. 285) koostatud „*Border Security System*“, milles toodi välja oluliste tänapäeva probleemide – ebaseadusliku piiriületuse, piiriülese kaubaveo ja muu illegaalse piiril toimuva tegevuse – lahendamise vajalikkus. Uuringus anti soovitusi piirivalve teostamisel kasutada suuremas mahus kõrgetasemelisi tehnoloogilisi lahendusi muutmaks riigipiiri valvamine automatiseeritumaks.

Lõputöö uurimisprobleemi olemus tugineb eelnevalt kirjeldatud tähtsusele valvata riigi- ja Euroopa Liidu välispiiri võimalikult efektiivselt. Piiri valvamise edendamine ning eriti seda abistavate tehniliste vahendite väljatöötamine on aktiivset lahendust vajav fookuspunkt nii riikide kui ka Euroopa Liidu tasandil, kuna piiriülene kuritegevus on alati aktiivne riigi turvalisust ja julgeolekut õhnestav potentsiaalne oht. Risk on veelgi kasvanud kaasajal, mil hobikasutuseks mõeldud väikesed tehnikavahendid on mitmekesisemad ja inimestele kättesaadavamad kui kunagi varem. Sellest tulenevalt püstitatakse lõputöö **uurimisprobleem** küsimusena: millised piiri valvamise tehnilised vahendid on optimaalsed Eesti maismaapiiri valvamiseks?

Uurimisprobleemi täpsustavad **uurimisküsimused** on järgnevad:

1. Millised on Eesti piirivalves praegu kasutusel olevate tehniliste vahendite kasulikud omadused ja puudused?
2. Milliseid Eestis varem kasutamata tehnilisi vahendeid saaks kasutada Eesti piirivalves?
3. Milliseid piiranguid seab Eesti geograafiline ja klimatoloogiline olustik erinevate tehniliste lahenduste kasutamise võimalikkusele?

Lõputöö **eesmärgiks** on välja selgitada, millised piiri valvamise tehnilised seiresüsteemid on kõige sobivamad Eesti riigipiiri valvamiseks. Lõputöö uurimisprobleemist lähtuvalt püstitatakse eesmärgi saavutamiseks järgmised **uurimisülesanded**:

1. teoreetilise kirjanduse põhjal anda ülevaade võimalikest piiri valvamise tehnilistest vahenditest;
2. analüüsida olemasolevaid maismaapiiri tehnilisi seirevahendeid ning tuua välja nii nende kasulikud omadused kui ka puudused;
3. viia läbi intervjuud piirivalve valdkonnas töötavate ametnikega saamaks teada kitsaskohad piiri valvamise tehniliste vahendite poolel;
4. analüüsida, millised võimalikud olemasolevad piiri valvamise tehnilised vahendid sobivad Eesti maismaapiiri valvamiseks arvestades Eesti maastikku ja muid tegureid;
5. teooria ja uuringu tulemuste sünteesi abil teha järeldused ja ettepanekud maismaapiiri valvamise süsteemide arendamiseks.

Püstitatud eesmärgi saavutamiseks kasutatakse **kvalitatiivset uurimisstrateegiat**. Andmekogumismeetodina kasutatakse poolstruktureeritud ekspertintervjuud kaheteistkümnest ametnikust koosneva ettekavatsetud valimiga. Intervjuude käigus kogutud andmete analüüsimetodina rakendatakse **kvalitatiivset sisuanalüüsi**.

Töös kasutatakse 12.04.2021 seisuga õigusaktide redaktsioone. Lõputöö koosneb kolmest osast, mis jagunevad alapeatükkideks. Esimeses osas käsitletakse põgusalt Eesti maismaapiiri ajalugu, selle olemust ning maismaapiiri valvamise teoreetilisi lähtepunkte. Töö teises osas antakse ülevaade põhilistest olemasolevatest riigipiiri valvamiseks kasutatavatest tehnilistest vahenditest. Teise osa alapeatükkides iseloomustatakse erinevaid seirevahendeid keskendudes nende tööpõhimõtetele ning sobivusele erinevale maastikule ja looduskeskkonda. Kolmandas peatükis tutvustatakse töö eesmärgi saavutamiseks läbiviidavat empiirilist uuringut, selle meetodeid, valimit ning protsessi, kirjeldatakse empiirilise uuringu tulemusi ning nende põhjal tehtavaid järeldusi, samuti esitatakse lõputöö autori uuringust tulenevad ettepanekud optimeerimaks Eesti maismaapiiri valvamiseks kasutatavate tehniliste vahendite süsteemi.

1. EESTI RIIGIPIIRI OLEMUS JA SELLE VALVAMINE

1.1. Eesti riigipiiri tekkimine ja selle valvamine algusaastatel

Saksa okupatsiooni lõppedes 1918. aastal leidis Eestimaa Päästekomitee moodustatud Eesti Ajutine Valitsus, et äsja iseseisvunud riigi piiride kaitsmiseks tuleb moodustada vastav organisatsioon. Selleks korraldati „Eesti Rahvaväe kokkukutsumine“, mille tulemusena moodustati sama aasta novembris 10 000st mehest koosnev kaitsejõud. 1918. aasta 14. novembri koosolekul koostati Eesti Kaitse Liidu päevakäsk, mis seadis korraldused maakondade juhtidele: „Piiriäärsete maakondade päälikutelt nõuab iseäralist tähelepanemist piirikaitse. Peab kõik abinõud tarvitusele võtma, et ilma sellekohase keskvalitsuse loata midagi sisse ega välja ei veeta. Ka ülepiiri-liikumine üksikult ehk salkades on ilma tarvilise loata kõwaste keelatud.“ Sellest alates hakati rohkem rõhku asetama riigipiiri kaitsmisele. Kõigepealt nähti suuremat ohtu salakaubaveos, hiljem tõusis fookusesse ka ebaseaduslik piiriületus. (Pajur, 2018, lk 111, 180; Rahvusarhiiv, ERA.806.1.56)

Aastal 1918 olid Eestis peamisteks ebaseadusliku tegevuse tõkestamise meetmeteks piiril okastraataed ja vaatetornid ning piirivalvurite põhieesmärgiks oli „...valvamine, et mingisugust kaupa kodumaalt välja ei veetaks“, kusjuures salakauba tabajale lubati autasuks kolmveerand salakauba väärtusest. 1920. aasta 2. veebruaril määrati Eesti Vabariigi ja Venemaa Sotsialistliku Föderatiivse Nõukogude Vabariigi vaheline riigipiir Eesti ja Venemaa vahelise rahulepingu kolmandas artiklis. Uue piirivalveteenistuse määrustiku jõustumisel aastal 1924 hakati rohkem tähelepanu pöörama just seadusevastasele „ülepiirikäimisele“, mille fookus kehtib Eesti riigis tänapäevalgi ning mille avastamiseks ja takistamiseks on välja töötatud hulgaliselt erineva taseme ja võimekusega tehnilisi vahendeid. (Võime, 2007, lk 6-20)

1.2. Eesti riigipiiri olemus

Riigipiiri seadus määratleb Eesti riigipiiri kui katkematut ja suletud mõttelist joont ning seda mööda kulgevat vertikaalpinda, millega piiritletakse Eesti maa-ala, territoriaalmeri, piiriveekogude Eestile kuuluvad osad, maapõu ja õhuruum. Sealjuures on riigi sisepiir Eesti ja Euroopa Liidu liikmesriigi ühine maismaapiir, kaasaarvatud jõe- ja järvepiir, ning välispiir seega selline piiriosa, mis ei ole sisepiir. Eesti maismaapiir, sealhulgas ajutine kontrolljoon, on kindlaks määratud Tartu rahulepinguga ja teiste riikidevaheliste piirilepingutega (Välisministeerium, 2020). Maismaapiir kulgeb mõttelise joonena läbi Eesti Vabariigi välislepingutega kindlaks määratud piirimärkide keskkoha. (Riigipiiri seadus, 1994)

Riigipiiri käsitledes tuleb lahti mõtestada ka ajutise kontrolljoone mõiste. Ajutine kontrolljoon on katkematu mõtteline joon ja seda mööda kulgev vertikaaltasapind, mis eraldab Eesti jurisdiktsioonile

alluvat Eesti territooriumi sellele mittealluvast Eesti osast. Ajutise kontrolljoone koordinaadid määratakse kindlaks Vabariigi Valitsuse määrusega, lähtudes Eesti territooriumi haldusjaotuse seaduse alusel riigi maakatastri kaardile 2014. aasta 1. novembri seisuga kantud haldusüksuste piiridest (Riigipiiri seadus, 1994). Riigipiiri seaduse mõistes on ajutine kontrolljoon samaväärne riigipiiriga.

Eesti Vabariigi maismaapiiri, sealhulgas Venemaa Föderatsiooniga piirneva ajutise kontrolljoone pikkus on 338,6 km, millest 135,6 km kulgeb maismaal, 76,7 km Narva jõel ning 126,3 km Pihkva, Lämmi- ja Peipsi järvel (Politsei- ja Piirivalveamet). Võrdlusena on Eestil rannajoont (koos saarte ja laidudega) ligikaudu 4015 km (Keskkonnaagentuur, 2018) ja merepiiri 767 km (Siseminister, 2015, lk 2). Praegu on 135,6 kilomeetrisest maismaal kulgevast piirist tehnilise valve all vaid 8,3% ehk 11,3 km, ülejäänud 91,7% peaks saama valvatud piirivalvepatrullide poolt. Narva jõel kulgeva 76,7 km pikkuse piirilõigu seirevõimekus on 60% ning ülejäänud pea pool piirilõigust peaks samuti olema võimelised valve all hoidma piirivalvurite patrull- ja valvetegevus. Peipsi järvistul kulgev 126,3 km pikkune riigipiiri lõik on veepinnal 100% tehnilise valvega kaetud. (Politsei- ja Piirivalveamet)

2015. aastal sai alguse 188 miljoni eurose planeeritud maksumusega „Idapiiri väljaehitamise, tähistamise ja tehnilise valve võimekuse arendamise projekt“, vähendamaks ohtu piirialal ebaseadusliku tegevuse toimepanemiseks (Olgo, 2018, lk 20). Politsei- ja Piirivalveameti sõnul toob piiriehitus kaasa kindlustunde kõigile riigi kodanikele: „Piiriehitus on Eesti seni üks suurimaid turvalisus-, julgeoleku- ja ehitusprojekte selle nimel, et inimestel oleks Eestis turvaline elada.“ (Politsei- ja Piirivalveamet). Piiriehituse programm on mahukas ja prioriteetne arendusprojekt ning selle ettevalmistamiseks ja läbiviimiseks on koostatud vastav projektimeeskond. Piiriehituse projekti on kaasatud nii Eesti kui ka rahvusvahelised eksperdid ning ehituse planeerimisel on arvesse võetud teiste Euroopa riikide kogemusi piiriturvalisuse tagamisel. Suur osa projektist on tehnilise suutlikkuse suurendamine maismaapiiril, viies seal tehniline valvevõimekus sajaprotsendiliseks. (Politsei- ja Piirivalveamet)

1.3. Riigipiiri valvamise põhimõtted

Piiri valvamise tõhususe olulisust rõhutavad lisaks siseriiklikele programmidele ka Euroopa Liidu õigusaktid ja vaated. 2015. aasta migratsioonikriisist tulenevalt koostas Euroopa Komisjon teatise „Euroopa rände tegevuskava“ (COM/2015/240), mille eesmärkideks oli tagada rangemad kontrollimeetmed piiril ning töötada välja uusi tehnoloogilisi lahendusi piiri valvamiseks. 2020. aastal esitas Euroopa Komisjon uue Euroopa rände- ja varjupaigaleppe ettepaneku, mis paneb rõhku piirikontrolli ja infotehnoloogia koostalitlusvõimele (COM/2020/609). Euroopa Liidu üheks aluseks on põhimõte, et tõhusam kontroll Liidu välispiiride üle aitab võitluses terrorismiga, salakaubaga, ebaseadusliku immigratsiooni organisatsioonidega ja inimkaubandusega. Lisaks mõjutab see

positiivselt turvalisuse taset liiduriikide ja nende kodanike seas. (Piwowarski & Wawrzusiszyn, 2017, p. 6)

Riigipiiri valvamine on politsei patrull- ja vaatlustegevus maismaal, merel ja piiriveekogudel eesmärgiga ennetada, selgitada välja ja tõkestada selleks mitteettenähtud kohas ja ajal toimuv piiriületus. Lisaks on piiri valvamist teostavate ametnike ülesandeks avastada ja tõkestada piiriülese kuritegevus, sealhulgas isikute ja kauba ühendusevälisest riigist Eestisse ja Eestist ühendusevälisesse riiki ebaseaduslik toimetamine territoriaal- ja sisemerel ning piiriveekogudel, samuti riigis viibimise õiguslike aluste kontrollimine. Riigipiiri valvamisel ja piirirežiimi tagamisel võib politsei ebaseadusliku piiriületuse avastamiseks, objektide tuvastamiseks, piiripunktides turvalisuse tagamiseks ja piiriülese kuritegevuse tõkestamiseks kasutada asjakohaseid tehnilisi, sealhulgas elektroonilisi seadmeid. (Riigipiiri seadus, 1994)

2. VÕIMALIKUD TEHNILISED VAHENDID RIIGIPIIRI VALVAMISEKS

Maismaapiiril toimuva valvamiseks kasutatavad tehnikavahendid võib jagada gruppidesse vahendite omaduste, kasutusvõimaluste või muude näitajate põhjal. Näiteks on Frontex jaganud tehnikavahendid nelja gruppi, mis eristavad nende töötamiseks vajalikku kõrgust maapinnast moodustades neli kihti (Frontex, 2014, pp. 13-14):

- maa-alused ja maapinnal kasutatavad sensorid, näiteks valveta maapinnasensorid;
- käeshoitavad ja kaasaskantavad sensorid, mille töötamise kõrgus on 1,5 – 2 meetrit maapinnast, näiteks binokkel või kolmjalale asetatud radar;
- sõidukisse või konteinerisse paigaldatud pikendatavate mastidega sensorid, mis töötavad kuni kümne meetri kõrgusel maapinnast;
- õhusüsteemid või väikesed kaugelt juhitud õhusõidukid, mis töötavad kõrgemal kui kümme meetrit, näiteks aerostaat.

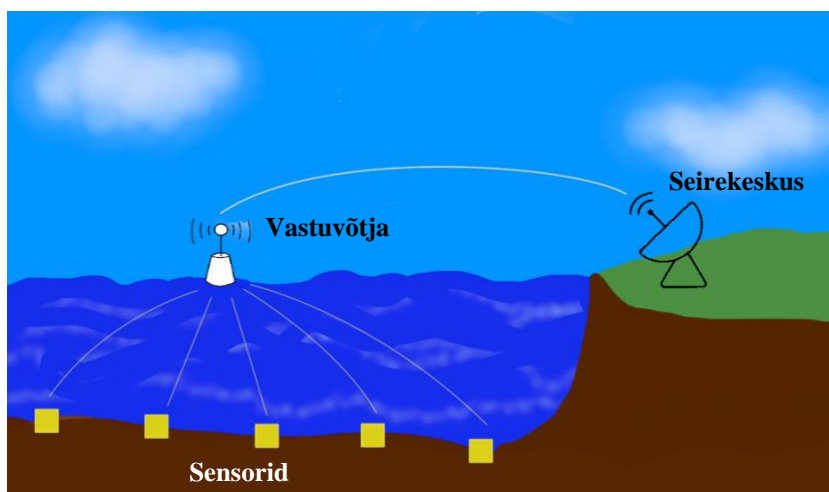
Kuna aga mitmeid tehnikavahendeid on võimalik kasutada rohkem kui ühel kõrguskihil, pakub käesoleva töö autor süstematiseerimise eesmärgil ühe võimalusena välja klassifitseerida tehnikavahendid järgmiselt:

- seadmed veealuse tegevuse avastamiseks, näiteks veealused sensorid;
- isiku liikumise vahetu avastamise seadmed – seadmed, mis peavad liikumise tuvastamiseks olema isiku vahetus läheduses, näiteks maismaasensorid;
- kaugjuhitavad mehitamata sõidukid, näiteks mehitamata õhusüsteemid (UAS – *unmanned aerial system*);
- raadiolainete tuvastamise seadmed – seadmed, mis tuvastavad erinevatel raadiolainete sagedusvahemikel töötavaid tehnikavahendeid;
- vaatlusseadmed – nii käeshoitavad, tehnikavahenditele paigutatavad kui ka näiteks mastile kinnitatavad vaatlusseadmed.

Tehniliste vahendite kasutamiseviisist tulenevalt on olemas erinevat tüüpi süsteeme: statsionaarsed seiresüsteemid, mis paigaldatakse kindlasse kohta maastikul; teisaldatavad ehk mobiilsed seiresüsteemid (MSS – *Mobile Surveillance System*), mis töötavad küll mingile pinnale paigutatuna, kuid mida saab vastavalt vajadusele viia ühest kohast teise; käeshoitavad ja kaasaskantavad süsteemid. Spetsiifilise tehnikavahenditest koosneva seiresüsteemi võib olenevalt maastiku iseärasustest ning vajadusest moodustada nii ainult ühe kihi sensoritest kui ka mitme erineva kihi elementidest, mis töötavad üksteist täiustaval viisil. (Frontex, 2014, p. 14)

2.1. Seadmed veealuse tegevuse avastamiseks

Piirivalve valvemeetodite arenemisega paralleelselt on muutunud ka ebaseaduslikult piiri ületada või kaupa üle piiri toimetada soovivate isikute tegutsemisviis – Eestis on ette tulnud mitmeid juhtumeid, kus piiririkkuja ujub hingamistoru kasutades vee alt üle riigipiiri. Osavamad piiriületajad oskavad ehitada ka tunnelitaolisi rajatisi piiri märkamatuks ületamiseks vee alt, mööda jõe või järve põhja. Veealuse tegevuse avastamiseks saab kasutada veealuseid sensoreid, mida kasutatakse ka merebioloogia uurimiseks. Sensoritelt saadud info liigub poiga veepinnale paigutatud vastuvõtjale ning sealt seirekeskusesse (vt joonis 1). Sensoreid on võimalik seadistada reageerima kindlat läve ületava akustilise nähtuse ehk hääle peale, mida tekitab inimese ujumine. Kuna ebaseaduslikult piiri ületav inimene tahab üldjuhul teisele kaldale jõuda kiiresti, siis on tema ujumistempo ja seeläbi ka tekitatav hääl valjem näiteks kopra või kalade omast. Valehäireid võivad sellise sensorsüsteemi puhul tekitada näiteks ujuvad põdrad ja seaduspärased veesõidukid. (Luo, *et al.*, 2018, pp. 1-2)



Joonis 1. Veealuste sensorite kogutud informatsiooni saatmise kanal; autori koostatud

Veealuse tegevuse tuvastamiseks saab kasutada ka mehitamata allveesõidukeid (UUV – *unmanned underwater vehicle*), mida kasutatakse üldjuhul ookeanielu uurimiseks ja mitmes riigis ka ookeani lahingutegevuses veealuste miinide tuvastamiseks ja hävitamiseks. Allveesõidukid jagunevad kaugjuhitavateks ja autonoomseteks allveesõidukiteks. Kaugjuhitav mehitamata allveesõiduk on varustatud akustilise sensoriga või kaamera ja valgusallikaga veealuse tegevuse avastamiseks. (Rangel, *et al.*, 2020, p. 615; Zoldi, 2020)

Veealused sensorid ja robotid tuvastaksid ka veealused droonid, mis on viimastel aastatel laiatarbeks turule jõudnud mida piiririkkujaid võiksid potentsiaalselt kasutada kauba ebaseaduslikuks üle piiri toimetamiseks. Kuigi Eesti maismaapiiri järve- ja jõelõigud on praegu radarvalve all, on veealuse keskkonna valve puudulik. Kui välja arvata isiku kaldal või sisemaal tabamine, on veealuse tegevuse üle parima kontrolli saavutamiseks tänapäeval ainult ülal loetletud vahendid.

2.2. Maismaal isiku vahetu avastamise seadmed

Isiku liikumise vahetu avastamise seadmed on tehnikavahendid, mis suudavad isiku avastada lähidistsantsilt ja piiratud raadiuses. Erinevalt teistest vahenditest on taolised seadmed kasutamise hetkel paigal, kuid neid võib vastavalt vajadusele viia ühest kohast teise. Peamised vahendid, mis paigutatakse maastikule või mõnele riigipiiri infrastruktuuri osale ebaseadusliku tegevuse tabamiseks, on maismaapinna valvamise radar, maismaasensorid ja piirdeaia sensor.

2.2.1. Maapinna valvamise radar

Maapinna valvamise radarid aitavad piirivalvet teostaval ametnikul ära tunda ja jälgida huvipakkuvaid objekte. Radarid saadavad välja elektromagnetilisi laineid ja võtavad vastu lainete peegelduse kõikidelt radari avastamisektorisse jäävatelt objektidelt. Radari vaateväli on piiratud selle maksimaalse avastuskaugusega, mis jääb tänapäeval vahemikku paarsada meetrit kuni üle kümne kilomeetri. Radarsüsteemiga saab reaajas jälgida liikuvat objekti ning seda saab seadistada automaatselt erinevaid objekte ära tundma ja klassifitseerima (näiteks loomi või ilmastikunähtuseid). (Bilik, *et al.*, 2006, p. 267)

Maapinna valvamise radareid on üldjuhul mugav kasutada osana kompleksemast maismaapiiri valvamise süsteemist, mille puhul saab radari poolt avastatud objekti olemust kontrollida optiliste seadmetega. Tänapäeva tüüpilises radarsüsteemis on objekti avastamine täielikult automatiseeritud, kuid objekti äratundmine ja sellele järgnev otsuste vastuvõtmine nõuab siiski inimese osavõttu. Inimlülil võib aga mitmete tegurite tõttu teha antud tööd ebarahuldavalt ning sellepärast pürgitakse täielikult automatiseeritud radarisüsteemi poole, mis oleks ka kulude mõttes efektiivsem kui inimtööjõu kasutamine. (Briones, *et al.*, 2017, p. 1)

Radari võib kinnitada statsionaarsele mastile või sõiduki külge, millega on mugav viia seade valvamist vajavasse piirkonda. Väiksemaid ja kergemaid akudel või päikeseenergial töötavaid radareid on võimalik kanda kaasas ka jalgsi liikudes ning seada see valverežiimi soovitud kohas, näiteks valvataval piirilõigul (vt joonis 2). See on eriti kasulik, kuna radarmasti või sõidukit võivad potentsiaalsed piiririkkujad kaugelt näha või kuulda ja seeläbi vältida, kuid vaikne ja teiseldatav süsteem on märkamatum.



Joonis 2. Ametnik päikeseenergiaal töötavat maismaapinna valvamise radarit kasutamas (Blighter Surveillance Systems, 2020)

Kuna radar vajab töötamiseks silmapiiri, on selle suurimaks nõrkuseks väikeste objektide tuvastamine neid ümbritsevate maastikuelementide tõttu. Kui mets ja muu taimestik blokeerib radari vaatevälja, annavad need tugevama signaali kui huvipakkuv objekt, mis võibki selle tõttu märkamata jääda. Seepärast tuleks radari asukohaks valida sobiva orograafiaga piirkond, milleks sobib hästi lagedam ala või kõrgemal asuv koht selles piirkonnas, mida soovitakse radariga valvata. (Frontex, 2014, pp. 16-17)

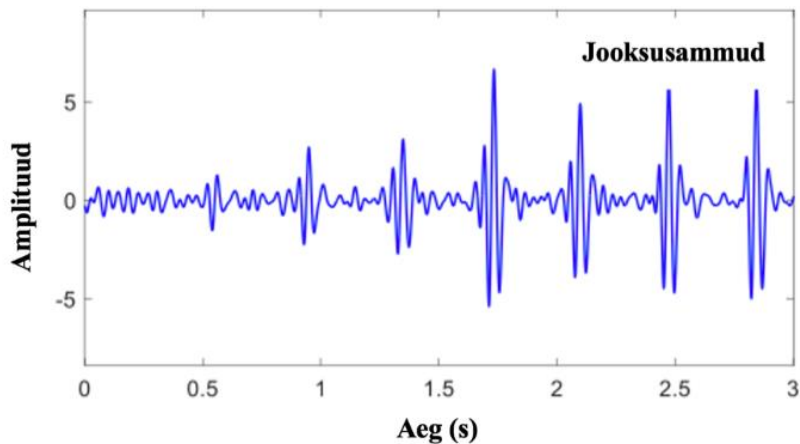
Eestis kasutamiseks oleks sobilik kasutada kaasaskantavaid ja sõidukiga teisaldatavaid radareid, kuna mastile paigaldatud radar ei annaks Eesti loodusest tingitult paljudes kohtades efektiivseid tulemusi. Kaasaskantavaid või sõidukitele paigaldatud radareid saab aga lihtsasti viia ühest kohast teise ja otsida seire teostamiseks sobivaid alasid, kattes seeläbi suurema piirkonna. Samuti on kaasaskantavad radarid hinna poolest soodsamad.

2.2.2. Valveta maasensorid

Valveta maasensorid (UGS – *unattended ground sensor*) on sensorid, mis suudavad andureid kasutades tuvastada mingi objekti poolt tekitatud muutuseid looduslikus energiaväljas või avastada objekti poolt kiirgatavat energiat. Maasensorile saab rakendada ühte või mitut aistinguliiki, sealhulgas näiteks akustilist, seismilist, magnetilist või mehaanilist, mille muutuse tajumisel teavitab sensor operaatorit. UGS komplektile võib lisada ka pilditehnika – päeva- või öövaatlusseadme, mis edastab operaatorile keskkonna muutust tunnetades foto või videopildi. UGS maksab vähem kui enamuse keerukaid seiretehnikavahendeid ning töötab aku toitel kuni 12 kuud. (Frontex, 2014, p. 25)

Üheks seismilistel muutustel põhinevaks valveta maasensoriks on inimsamme tuvastav sensor. Sensorsüsteem tuvastab kõndiva või jooksva inimese võttes arvesse tema kõndimise iseloomu ja

tempot ehk sammudevahelist aega, et eraldada inimene neljal jalal käivast loomast. Xu, *et al.* on oma 2019. aasta uuringus läbi viinud katsed inimsamme tuvastava maasensoriga ja esitanud selle tulemused graafikuna, mis kujutab sammude amplituudi ja möödunud aega (vt joonis 3). Graafikul on visualiseeritud seitse inimese jooksusammu kolme sekundi jooksul. (Xu, *et al.*, 2019, pp. 137827-137830)



Joonis 3. Inimsammu tuvastamise sensoriga salvestatud seitse inimese jooksusammu kolme sekundi jooksul. (Xu, *et al.*, 2019, p. 137830; tõlgitud autori poolt)

Maapinnasensorid on kergesti mõjutatavad ümbritsevast keskkonnast, sealhulgas tuulest ja näiteks tormis kõikuvatest puudest. Selle probleemi lahendamiseks on välja pakutud mitmeid meetodeid, näiteks 2017. aastal koostatud uuringu autorid Zhao, *et al.* pakkusid välja lahenduse, mis vähendab oluliselt valesignaali arvestamist sensorsüsteemi poolt. Nende väljatöötatud maasensor põhineb akustiliste signaalide võimendamisel kasutades mitut reas olevat mikrofoni, klassifitseerides kogutud helisignaale ja kasutades täiustatud signaale liikuvate sihtmärkide leidmiseks. Efektivsemaks, vähe valehäireid andvaks ja pikima akueaga meetodiks peetakse ka kombineeritud sensoreid, näiteks akustiline koos seismilise või seismiline koos optilise sensoriga. (Zhao *et al.*, 2017, p. 15; Worch, 2007, pp. 139-140)

Eestis oleks valveta maasensorite kasutamine kasulik, kuna sensorid on teiste tehnikavahenditega võrreldes soodsad, usaldusväärsed ning annavad valvesüsteemi osana hea ülevaate isikute liikumisest piirilähedases alas. Valveta maasensorit võiks parima tulemuse saavutamiseks kombineerida kaamerateaga, mis teeksid sensori liikumise avastamisel alast pildi. Sensorsüsteemidest väärub mainimist ka praegu Eesti piirivalve kasutatav ettevõtte Defendec seade Smartdec. Smartdec sensorid on väikesed aku toitel töötavad sensorikaamerad, mis aktiveeruvad ning teevad pildi, kui tuvastavad kaameraväljas liikumise. Seade saadab koheselt pildi läbi arvutiprogrammi operaatorile, kes otsustab pildi järgi, kas ja kuidas nähtusele reageerida. Sensorid reageerivad aga liikuvatele okstele, varjudele, päikesepeegeldustele jne, mis võib teha seadme kasutamise koormavaks, kuna valehäired peab

operaator tuvastama manuaalselt. Defendec töötab hetkel välja uusi ja tõhusamaid valveseadmeid. (Defendec, 2019)

2.2.3. Piirdeaia sensorid

Riigipiirile ehitatava piirdeaia külge saab kinnitada mikrofoonilised (mehaanilisi vibratsioone elektrisignaalsiks muutvad) sensorid tuvastamiseks aeda ületada üritavad inimesed. Sensor tunnetab aiale tekitatavad vibratsioonid ning süsteem analüüsib, kas tegemist on sissetungikatsega või valehäirega. Sensorsüsteemi saab paigutada peaaegu igat tüüpi aiale ning seda saab seadistada reageerima erinevate tugevustega vibratsioonidele. Sensor reageerib nii aia lõikamisele, tõstmisele kui ka sellest üle ronimisele. Süsteem töötab pidevalt ja on võimeline tuvastama ka mitu samaaegset aia saboteerimise katset. Piirdeaia sensorite kasuteguriks on piiririkkuja avastamine enne piiriületust ning tema täpse asukoha tuvastamine. Piirdeaia sensorit kasutatakse tavaliselt osana valvesüsteemist ning koostöös valvekaameratega, et aia juures toimuvat tegevust näha ilma sinna minemata. (Kamminga, *et al.*, 2018, pp. 10-11; Fouda, *et al.*, 2018, pp. 1-2)

Eestis oleks sobilik piirdeaia sensorit kasutada osana piiri väljaehitamise tulemusest. Veatult töötades on aiasensor ülimalt kindel piiriületuse avastamiseks, tuvastades ka aia või sensori enda saboteerimiskatsed. Kuna aiasensor ei suuda avastada aeda kõrgemalt ületavad või üle aia visatavad objektid, peaks tervikliku piiriturbesüsteemi saavutamiseks kasutama seda koostöös teiste tehnikavahenditega.

2.3. Mehitamata sõidukid

Mehitamata sõidukid on arendatud luure-, seire- ja vaatlusülesannete jaoks (ISR - *Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*; Borg, 2020, p. 192). Mehitamata sõidukeid saab piirivalvet teostades kasutada inimressursi vajaduse vähendamiseks või selle mujale suunamiseks. Mehitamata sõidukit saab UAV puhul kasutada ka laiade alade jälgimiseks, mida inimsilm ise ei suudaks. Mehitamata sõiduk töötab kas eelprogrammeerituna iseseisvalt või ametniku poolt kaugjuhitavana. Sõidukile saab kinnitada erinevaid vaatlusseadmeid, et ametnikud saaksid sõiduki läbitavast piirkonnast teavet reaalsajas.

2.3.1. Mehitamata maismaasõidukid

Piiri valvamiseks on võimalik kasutada mehitamata maismaasõidukeid (UGV – *unattended ground vehicle*), mis on varustatud erinevate sensoritega määratud ala jälgimiseks. Mehitamata maismaasõidukit saab programmeerida sensoritega tuvastatavate nähtuste peale ise vastavalt vajadusele reageerima või saatma saadud teavet edasi inimoperaatorile, kes juhib sõidukit puldisüsteemiga juhtimiskeskusest. Sõidukeid on võimalik panna tööd tegema individuaalselt või grupina, mille liikmed täiustavad üksteise tegevusi. Mehitamata maismaasõiduki kasuteguriks on

selle teisaldatavus, suutlikkus läbida raskemat maastikku ning võimalus installeerida sellele erinevat lisavarustust sõltuvalt operatsioonist. Masinat saab juhtida puldiga või programmeerida see läbima mingit marsruuti autopiloodil. Viimane on võimalik tänu tippnavigatsioonitehnoloogiale, mille abil suudab maastikul liikuv UGV tuvastada ja vältida teele ettejuhtuvaid takistusi. (Nawrat, *et al.*, 2013; Andrzejczak, 2012)

Ka näiteks Eestis rajatud firma Milrem Robotics toodab mehitamata maismaasõidukeid, mida kasutavad Eesti Kaitseväge ja mitmed NATO riigid. Kuigi enamus toodetud mudelitest on praegu lahingtegevuse fookusega, siis Milrem Roboticsi 18.03.2021 turule toodud mehitamata maismaasõiduki mudel THeMIS OBSERVE + Shark (vt joonis 4) kasutab tehisintellekti, et tuvastada dronid või muud õhusõidukid. Mudel suudab tuvastada väikese multirootori kuni kahe kilomeetri kauguselt ja suurema drooni kuni 10 kilomeetri kauguselt, ning pärast tuvastamist suudab õhusõidukit jälgida. Seadme võib lisaks varustada ka erinevate sensoritega, radariga, raadiolainete tuvastajaga, segajaga (*jammer*), laseriga jne. (Milrem Robotics)



Joonis 4. Milrem Robotics mehitamata maismaasõiduk TheMIS Observe with Shark (Milrem Robotics)

2.3.2. Mehitamata õhusõidukid

Mehitamata õhusõiduk ehk UAV (*unmanned aerial vehicle*; kõnekeeles viidatakse UAVle ka kui droonile) on õhusõiduk, mille juhtimiseks pole sõiduki pardale vaja pilooti ning mille juhtimine toimub tehniliste lahenduste abil. Kasutada võib ka mõistet UAS (*unmanned aerial system*) ehk mehitamata õhusüsteem, kuna õhusõiduk koosneb peale lennuvahendi veel toetustehnikast, juhtimispunktist, andmeedastusühendusest, telemeetriast, sidepidamis- ja navigatsioonivahenditest ning muust vajalikust mehitamata lennuvahendi tegutsemiseks. (STANAG 4586, 2012, p. A-17)

Mehitamata õhusõidukile on võimalik kinnitada erinevat tüüpi kaameraid, radareid, numbri- või näotuvastussüsteeme. UAV on kasulik vahend piiri valvamiseks, kuna see pääseb hõlpsasti ja kiiresti vajalikku sihtpunkti, tekitamata üleliigset müra ja jäädes sealjuures rohkem märkamatuks kui näiteks piirivalvekipaaz. Kasutades UASi teisaldatava vahendina, mida juhtida puldist vastavalt vajadusele valvatavasse piirkonda, on UASi aku kestvuse ja ülespaneku aja kokkuhoiu mõttes mõistlik ehitada vahendile tugijaam. Tugijaama peaks paigutama piirilähedasse piirkonda ja UAS saaks sellelt hõlpsasti õhku tõsta teenistusruumist kaugjuhitavalt. Tänu tugijaama lähedusele piirile oleks UAS ka tähelepanu vajavale piirkonnale lähemal ja jõuaks vajalikku kohta mitu korda kiiremini kui kulub aega piirivalvuril sinna sõitmiseks ning UASi kasutamiseks vajaliku üles seadmiseks. Eestis on võimsamaid UASe kasutatud piiri valvamiseks 2020. aasta mais, kui Kaitseväge drooni Threod Systems Stream C (vt joonis 5) kasutati lõunapiiril Covid-19 tingitud eriolukorra raames (Braidaks & Meeks, 2020). Threod Systemsi Stream C VTOL (*vertical take-off and landing* – vertikaalne õhkutõus ja maandumine) on varustatud erinevate kaameratega teabe kogumiseks, suudab õhus püsida kuni 10 tundi ja sõita korraga kuni 1000 km ning (Threod Systems).



Joonis 5. Threod Systems mehitamata õhusõiduk Stream C VTOL (Threod Systems, 2020)

UASile kinnitatud sünteetilise apertuuriga radar (SAR) on võimeline tuvastama kahe lennu vahelisel ajal toimunud muutusi maastikul, näiteks rehvi- ja jalajälgi, maha asetatud salakaupa sisaldavaid pakke, piiriületuse ettevalmistuslikku tegevust jne. Takistavaks teguriks on SAR radari puhul muutuv taimestik, loomne tegevus, piirivalvetoimkonna tegevus ja sademed, mis võivad maapinna taimestikukihti muuta, samuti tihedad metsad, mis takistavad selle lendu. (Ferro, *et al.*, 2020, p. 3; Wellig, *et al.*, 2018, pp. 2-3; Narayanan & Ibe, 2015)

2.4. Raadiolainete segamise süsteemid

Nii UAVd kui mobiilid kasutavad töötamiseks raadiolaineid, kuigi erinevatel sagedustel. Selleks on kummagi avastamiseks vaja eraldi segamissüsteemi. Siinkohal on oluline eristada segamissüsteemi tuvastamiskompleksi, mis avastab seadme, aga ei sega selle tööd, ning aktiivset segamist, mis võimaldab sundida seadme töö lõpetama või isegi võtta üle selle juhtimine.

2.4.1. Droonituvastussüsteemid

UAVde laialdasema kasutuselevõtuga on piiririkkujaid leidnud sUASides (*Small Unmanned Aircraft Systems*) ehk väikestes õhusõidukisüsteemides viisi transportida ebaseaduslikku kaupa üle piiri ilma ise füüsiliselt piiri ületamata. Keskmise hobidroon suudab kanda kuni kahekilost raskust ja liikuda kiirusega kuni 100 km/h. Kaameraga droone võidakse kasutada ka spioneerimiseks kuriteo ettevalmistamisel informatsiooni kogumise või muu eesmärgi nimel. Kuigi praegusel ajal on salakauba smugeldamiseks nende kättesaadavuse ja hinnasõbralikkuse pärast kasutusel väikesed droonid, siis tulevikus võivad hakata riski osutama ka suuremad mehitamata õhusõidukid, mis on võimelised kandma kuni sajakilost koormat. Ka Eestis on viimaste aastatega aina rohkem tulnud ette luure või salakauba vedamise eesmärgil droonidega piiriületamise juhtumeid ning nende avastamiseks ja takistamiseks on tarvis võimalikult kiiresti vastavad tehnilised meetmed kasutusele võtta. Vastasel juhul süveneb probleem veelgi, kuna tehnika areneb kiiresti ning võimsamad ja kättesaadavamad droonid jäävad piiririkkujate seas ilmselt alatiseks oluliseks. (Schmersahl, 2018, pp. 17, 26)

Kuigi Hollandi politsei on droonide allatoomiseks treeninud kotkaid neid püüdma (Gallego, 2016), siis tavapärasemateks UAV vastumeetoditeks (C-UAV – *counter unmanned aerial vehicle*) on akustilise või optiliste sensorite, radari või raadiolainete tuvastaja kasutamine. Raadiolainete tuvastamise läbi UAV leidmiseks on vaja teada selle juhtimiseks kasutatavaid sagedusi. Kuna sageduste tuvastamine võtab palju aega, siis on hõlpsam blokeerida enim levinud UAV juhtimiseks kasutatavad sagedused. Viimase meetodi puuduskohaks on see, kui drooni ei juhita puldiga, mis tekitab mainitud puldi ja drooni vahelisi raadiolained, vaid eelprogrammeeritakse läbima mingit marsruuti kasutades GPSi. Elektroonilisi UAV vastumeetmeid on kahte liiki: segajad ja petjad. Segajad lõpetavad drooni kommunikatsioonid, misjärel jääb droon koha peale hõljuma või liigub iseseisvalt tagasi enda startimiskohta. UAV petjatega on võimalik drooni juhtimine üle võtta ja see õhust alla tuua. (Sepp, 2018, lk 27-28)

Tuvastussüsteeme saab kasutada erinevat moodi – droonituvastussüsteeme on teisaldatavaid ja kaasaskantavaid, peatükis 2.3.1 mainitud viisil saab kasutada neid osana mehitamata maismaarobotitest, süsteemi võib kinnitada ka mastide külge, näiteks integreerida need

radarmastidega. Üheks võimalikuks viisiks on veel Ameerika Ühendriikides kasutusele võetud TARS (*Tethered Aerostat Radar System*) ehk maapinnale lõastatud aerostaadi radarsüsteem, mis tuvastab madalalt lendavad õhusõidukid. Heeliumiga täidetud aerostaat võib tõusta kuni 1600 meetri kõrgusele ja püsida diiselmootori abil õhus korraga kuni neli päeva. TARSi süsteemi maksimaalne tuvastamisraadius on 400 km. TARS on kõrgehinnalisemat tüüpi aerostaat – see maksab 8,9 miljonit dollarit (umbes 7,4 miljonit eurot) ning püsib kasutuskõlblikuna kuni kuus aastat. (Long)



Joonis 6. TARS – maapinnale lõastatud aerostaadi radarsüsteem (Everything RF, 2020)

2.4.2. Mobiilside segamissüsteemid

Tänapäeval kannavad ebaseaduslikud piiriületajad tihtipeale endaga kaasas mobiiltelefoni. Mobiilside segajal on kahte tüüpi funktsioonid: tuvastavad ja aktiivselt segavad. Segaja tuvastusfunktsioonid monitoorivad mobiilsete seadmete tegevust, võttes vastu signalisatsiooni ja dekodeerides seda, läbi mille tuvastatakse piirkonnas olevad mobiilseadmed. Tuvastamisrežiimis segajad ei häiri isiku mobiiltelefoni kasutamist. Aktiivseid segajaid kasutatakse (vale-)võrgusõlmene, mis võtavad mobiiltelefoni enda kontrolli alla ilma võrgupakkuja nõusolekut vajamata. Selliseid segajaid kasutatakse mobiilide identiteedi väljaselgitamiseks, nende suhtluse jälgimiseks ning edasiarenenud meetodina ka telefoni manipuleerimiseks. Mobiilside segajad suudavad tuvastada ja asukohta määrata GSM (2G) ja 3G mobiilivõrgus. Maakohtades, kus mobiilside maste on vähem, on võimalik telefoni asukohta tuvastada 100-250 meetri täpsusega. Piirivalvet teostades piisab telefoni asukoha tuvastamisest, kuid aktiivsed side segajad annavad võimaluse ka kõnesid suunata või pealt kuulata, samuti kontrollida ja muuta sissetulevaid ja väljaminevaid SMS sõnumeid. (Frontex, 2014, pp. 22-23)

Mobiilside segajaid saab kasutada ühele kohale fikseeritult, kaugjuhitavana või kaasaskantavana sõidukisse või kompaktselt kohvrisesse paigutatuna (vt joonis 7). Sõltuvalt ümbritsevast maastikust ja side liikumise suunast on side segamise võimalik raadius 30 km allalüli kanalis ning 5 km üleslüli kanalis. Eestis oleks enam kasutust leidev mobiilside segamise variant ilmselt teisaldatav või kaasaskantav segaja. Mobiilside segaja mastile paigutades oleks see varsti põhjalikumatele piiririkkujatele teada, kuid teisaldatavat segajat saab kasutada mistahes piirkonnas. Samuti saaks teisaldatavat mobiilside segajat kasutada olukorras, kus on teada, et isik on piiri ületanud, kuid ei ole teada, kus ta parasjagu viibib. (Frontex, 2014, p. 23)



Joonis 7. Mobiilside segamissüsteem Cellular Interceptor Series CC2800 (CommTrol, 2020)

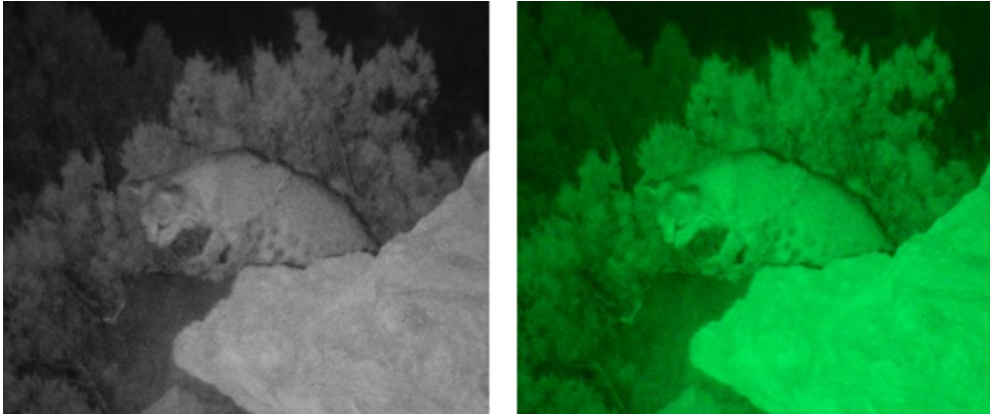
2.5. Vaatlusseadmed

2.5.1. Päeval kasutatavad seadmed

Päeval kasutatavaid vaatlusseadmete erinevaid tüüpe on hulgaliselt, nende iseärasused tulenevad seadme võimsusest, suurendamisvõimsusest ning salvestamise võimalustest. Nagu nimigi ütleb, ei ole päevakaameraid võimalik kasutada valguse puudumisel.

2.5.2. Valgusvõimendid

Valgusvõimendid kasutavad pildi manamiseks juba olemasolevat valgust – inimsilmale nähtamatuid infrapunalaineid. Valgusvõimendid töötavad vähese, kuid mitte puuduva valguse korral ning nende efektiivsust pärsib pilvine või udune keskkond. Enamus valgusvõimendid kuvavad rohelist tooni vaatepildi, kuna inimsilm tuvastab kõigist värvidest kõige enam just erinevaid roheline värvi toone. Mustvalget pilti eelistavad operaatorid saavad kasutada ka halltoonides valgusvõimendeid. (vt joonis 8; Sukhotin, 2016)



Joonis 8. Vaade ilvesele läbi hallides ja rohelistes toonides valgusvõimendi (Sukhotin, 2016)

2.5.3. Infrapuna öövaatlusseadmed

Infrapuna öövaatlusseadmed on tüüpiliselt varustatud laserite või valgusdiodidega (LED), mis kiirgavad kindlas vahemikus infrapunalaineid. Infrapuna öövaatlusseade tekitab sarnase pildi nagu valgusvõimendi, kuid tänu lisatud infrapunalainetele on pilt kontrastsem. Infrapuna öövaatlusseadmeid saab kasutada valguse täielikul puudumisel. (Malarvizhi, 2017, p. 412)

Öövaatlusseadmed ei ole igas situatsioonis täiesti usaldusväärsed, nende kasutamise tulemus sõltub paljudest teguritest – seadme läätsest, detektori liigist, tundlikkusest, avastatava objekti suuruselt, objekti ja selle taustamaterjali temperatuurist ja muust taolisest. (Chrzanowski, 2013, pp. 154-155)

2.5.4. Termograafilised seadmed

Kõik objektid, mille temperatuur on kõrgem kui absoluutne null (0 Kelvinit ehk $-273,15^{\circ}\text{C}$), kiirgavad infrapunalaineid. Termograafilised kaamerad võtavad vastu spetsiifilisse infrapuna lainepikkuse vahemikku kuuluvaid lained, et valguseta keskkonnas pilt luua (vt joonis 9). Termograafilise kaamera nõrgaks lüliks on ebakvaliteetne nägude kuvamine ja klaasist mitte läbinägemine. Termokaamerat ei loeta selle definitsioonist tulenevalt öövaatlusseadmete hulka, kuid seda kasutatakse sellena. (Chilton, 2014)



Joonis 9. Vaade pimedale alale kasutades tavalist ja termograafilist kaamerat. (Distelzweig, *et al.*, 2018)

2.5.5. Hübriidvaatlusseadmed

Hübriidvaatlusseadmed kombineerivad tehnoloogia aspekte öövaatlusseadme ja termokaamera tööpõhimõtetest. Hübriidseade koondab kasulikud tegurid mõlemast ning seeläbi elimineerib puudused, mis ilmnevad kasutades kumbagi seadet eraldi. Hübriidvaatlusseade võimaldab näha keskkonda samamoodi nagu öövaatlusseadmega, kuid sooja objekti tuvastamisel lülitab see ainult objekti mõõtmes sisse termograafilise vaatlusfunktsiooni. Hübriidseadmega saab näha läbi klaasi ning elusolendid ja muud soojad kehad joonistab seade välja eriti kontrastselt (vt joonised 10 ja 11). Osad hübriidvaatlusseadmed võimaldavad kasutajal valida öövaatlus-, termograafilise või hübriidprogrammi vahel vastavalt vajadusele, mis teeb ühe seadme kasutatavaks igasugustes keskkonnaoludes. (Shopovska, *et al.*, 2019, pp. 2-5; GSCI Advanced Photonics, 2018)



Joonis 10. Vaade läbi hübriidvaatlusseadme NV Depot Night Enforcer Fusion Night Vision Goggle (Night Vision Guys, 2019)



Joonis 11. Vaade läbi hübriidvaatlusseadme (ITherml Technology, 2016)

Erinevatele kaameratele saab rakendada ka numbri- või näotuvastuse tehnoloogiaid. Automaatne numbrituvastussüsteem (ANTS) kasutab optilist sümbolite tuvastamise programmi, et salvestada sõiduki registreerimistunnus ja selle kaamerast möödumise aeg. Süsteemi saab sisestada

huvipakkuvad registreerimistunnused, mille tuvastamisel käivitatakse häire või saadetakse operaatorile sõnum vastava teavitusega. (Xie, *et al.*, 2018, pp. 1-2; Nordic Networks, 2020)

Näotuvastussüsteem koostab kaamerapilti jääva inimese näost tema unikaalsete näojoonte abil malli ja võrdleb seda süsteemi varem sisestatud isikute nägude fotodega. Malli loomiseks mõõdetakse kindlaid inimese näo iseloomujooni, näiteks silmadevahelist kaugust, nina laiust ja lõuajoone pikkust. Süsteemi on võimalik seda panna võrdlema ka teistesse andmebaasidesse ning sotsiaalmeediakontodesse üleslaetud näofotodega. Näotuvastussüsteemi tuvastusmäär on umbes 95%, kuid selle töötamist raskendavad erinevad näoilmed, näo varjamine, erinevatest rassidest inimeste nägude tuvastamine ja muud tegurid. (Hamann & Smith, 2019, pp. 9-10; Yu, *et al.*, 2019, p. 9)

3. OLUDELE VASTAV TEHNIKAVAHENDITE SÜSTEEM

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on välja selgitada, millised olemasolevad maismaapiiri tehnilised seirevahendid oleksid Eesti piirivalves kasutamiseks riigipiiri omadusi arvestades kõige efektiivsemad. Selle eesmärgi saavutamiseks kasutab töö autor kvalitatiivset uurimismeetodit intervjuude läbiviimise näol. Lõputöö käesoleva osa esimene alapeatükk annab ülevaate uuringu metoodikast, valimi iseloomust ning uuringu läbiviimise protsessist. Teises alapeatükis esitatakse uuringu tulemused.

3.1. Uuringu metoodika ja valim

Laherand (2008, lk 24) on öelnud, et kvalitatiivseid uuringuid on raske defineerida, kuna need kujutavad endast erilaadsete uurimisviiside kogumikku. Kvalitatiivset uurimismeetodit kasutatakse leidmaks teavet, mida on ebaotstarbekas või võimatu väljendada arvuliselt (Lagerspetz, 2017, lk 122). Kvalitatiivseid uurimismeetodeid viiakse läbi uuritavate loomulikus keskkonnas ning nende eesmärgiks on inimeste kogemuste ja tõlgenduste mõistmine. (Laherand, 2008, lk 24). Intervjuud kui andmete kogumise meetodit kasutatakse siis, kui kõnealust teemat on varasemalt vähe uuritud või see on tundmatu valdkond (Hirsjärvi, *et al.*, 2007, lk 192). Intervjuu kaudu on võimalik uurida teemasid, mis ei ole kättesaadavad ei vaatluse ega küsimustikega. Intervjuu peamiseks puuduseks peetakse selle suurt ajakulu, mis tuleneb andmete kogumisest ja salvestatud suuliste tekstide hilisema töötlemise vajadusest. (Õunapuu, 2014, lk 170).

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks viis töö autor läbi intervjuud Politsei- ja Piirivalveameti piirivalve valdkonnas töötavate asjakohaseid teadmisi valdavate ametnikega. Intervjuud viidi läbi selgitamaks, millised on pikalt oma erialal töötanud piirivalveametnike seisukohad praegu kasutusel olevate maismaapiiri valvamise tehnikavahendite efektiivsusest ja millised tehnikavahendid võiksid nende arvates praeguste asemel või nendele lisaks kasutusel olla, et maksimeerida piirivalve töötamise tõhusust. Intervjuude läbiviimise vormiks valis töö autor poolstruktureeritud eksperdiintervjuu, milles intervjuueeritavad esindavad teatud rühma ning pakuvad intervjuueerijale huvi kui staažikad eksperdid piirivalve valdkonnas. Autor sai loa intervjuude läbiviimiseks PPA uurimistööde kooskõlastamise komisjonilt.

Poolstruktureeritud intervjuu on ankeetintervjuu ja avatud intervjuu vahevorm, kus küsimuste kuju ja esitamisarv on mõnel määral kehtestatud, kuid intervjuueerija jätab osaliselt lahtiseks intervjuus käsitletavat teemat ja käsitleb neid intervjuus siis, kui need vesteldes esile kerkivad (Laherand, 2008, lk 178). Poolstruktureeritud intervjuus kasutatakse avatud lõpuga küsimusi ning järgmise küsimuse valik võib oleneda eelmisele saadud vastusest (Õunapuu, 2014, lk 172). Poolstruktureeritud intervjuud võib kutsuda ka standarditud vestluseks, mis tähendab, et intervjuu algab kavakindlalt,

kuid kulgeb situatsioonist lähtuvalt ning alles vestluse käigus selgub, milliseid väärtuslikke andmeid hakkab ilmema ja millised intervjuerija üles peaks märkima (Õunapuu, 2014, lk 171-172). Selline korraldus annab intervjuerijale mõninga vabaduse käsitleda intervjuu käigus ka selliseid teemasid, mida algselt plaanitud ei olnud. See võib juhtuda siis, kui pikaajalise erialase kogemusega ekspert pöörab tähelepanu aspektile, millele alles ametis töötamist alustanud intervjuerija ei olnud varem osanud mõelda.

Küsimused ekspertintervjuude läbiviimise jaoks koostati lõputöö raames püstitatud uurimisküsimuste põhjal, võttes aluseks töö esimeses osas väljaselgitatud teoreetilised pidepunktid. Lisaks üldistatud küsimustele praeguse piiril kasutatavate tehnikavahendite ning soovitud tehniliste lahenduste kohta lisas intervjuerija vestluse kavasse eraldi küsimused autori arvates kõige parema teoreetilise mõjuga tehnikavahendite kohta (küsimused nr 3, 5 ja 6; vt lisa 1).

Intervjuus osalemine ja selle toimumise aeg lepidi kokku elektroonilise kirja või telefonikõne teel ning tulenevalt intervjuude planeeritud ajal Eestis intensiivselt levivast Covid-19 viirusest, viidi läbi keskkonna „Skype for Business“ vahendusel. Intervjuerija esialgne plaan nägi ette intervjuude läbiviimist vahetu kontakti teel, kuid töö autor ja ka intervjueritavad eksperdid pidasid mõistlikuks olukorrast tingituna ja asjaosaliste haigestumise riski vähendamiseks muuta intervjuu teostamise vormi. Intervjueritavatele anti valik töös osaleda anonüümselt, mida ükski intervjueritav ei soovinud, ning kõik intervjuud salvestati diktofoniga intervjueritavate nõusolekul. Peale intervjuude läbiviimist transkribeeris töö koostaja intervjuud teabe tundlikkuse tõttu ilma automaatset transkribeerimisrakendust kasutamata. Intervjuu protsess algas iga intervjueritavaga ühtemoodi – intervjuerija enese ning lõputöö eesmärgi ja metoodika tutvustamisega ning selgitamisega, milliste põhjuste pärast töö autor just konkreetse intervjueritavaga intervjuud läbi viia soovis.

Empiirilise uuringu valimiks on 12 PPA piirivalve valdkonnas töötavat maismaapiiri valvamist planeerivat, korraldavat või selle eest vastutavat ametnikku ning intervjuud nendega viidi läbi ajavahemikul 16.03.2021 kuni 30.03.2021 (vt tabel 2). Intervjuude keskmine kestus oli 56 minutit, kõige lühem neist oli kestusega 26 minutit ja pikim 100 minutit. Intervjueritud ekspertidest on staažikaimad kolm ametnikku 29-aastase töökogemusega. Intervjuude helisalvestised on salvestatud failidena ja on lõputöö autori valduses.

Tabel 1. Ekspertintervjuude valimi kirjeldus (autori koostatud)

Intervjuueeritava nimi	Ametinimetus	Kogemus valdkonnas (aastates)	Intervjuu läbiviimise aeg	Intervjuu kestus (h:min)
Kristjan Vaher	Seiretehnika haldamise teenuse omanik	5	16.03.2021	1:20
Meelis Saarepuu	Lõuna prefektuuri PVB juht	29	17.03.2021	0:33
Raivo Metsma	Narva kordoni juht	29	19.03.2021	0:51
Paavo Mikson	Piusa kordoni juht	28	19.03.2021	1:40
Jalmar Ernits	Mustvee kordoni juht	22	23.03.2021	0:40
Urmas Elmi	Ida prefektuuri PVB juht	3	23.03.2021	0:26
Toivo Liider	Lõuna prefektuuri teabebüroo vanemstaabiametnik	27	24.03.2021	1:21
Rain Arumäe	Piirihaldusbüroo juhtivpiiriametnik, piiri valvamise teenuse omanik	24	25.03.2021	0:57
Marek Liiva	Vasknarva kordoni juht	29	26.03.2021	0:48
Sergei Zolin	Ida prefektuuri teabebüroo vanemkorrakaitseametnik	9	26.03.2021	0:49
Arvi Suvi	Saatse kordoni juht	26	30.03.2021	0:51
Priit Järvpõld	Piiri- ja migratsioonijärelevalvegrupp, juhtivpiiriametnik	25	30.03.2021	0:56

Intervjuude tulemuste kodeerimise käigus tõusid esile kolm olulist kategooriat. Üheks kategooriaks oli „Puudused praeguses maismaapiiri valvamise olukorras“, teiseks kategooriaks osutus „Soovitud tehnikalahendused Eesti maismaapiiri valvamiseks“ ning kolmandaks kategooriaks „Eesti loodusest tingitud piirangud erinevate tehnikavahendite kasutamise võimalikkusele maismaapiiril“ (vt tabel 3). Kategooriatele moodustati vastavalt 9, 21 ja 9 koodi.

Tabel 2. Uurimisküsimuste, andmekogumismeetodite ja kategooriate seostatus

Uurimisküsimus	Andmekogumismeetod	Moodustatud kategooriad
Uurimisküsimus 1: Millised on Eesti piirivalves hetkel kasutusel olevate tehniliste vahendite kasulikud omadused ja puudused?	Ekspertintervjuu küsimused 1, 2, 3	Puudused praeguses Eesti maismaapiiri valvamise olukorras
Uurimisküsimus 2: Milliseid Eestis varem kasutamata tehnilisi vahendeid saaks kasutada Eesti piirivalves?	Ekspertintervjuu küsimused 4, 5, 6	Soovitud tehnikalahendused Eesti maismaapiiri valvamiseks
Uurimisküsimus 3: Milliseid piiranguid seab Eesti geograafiline ja klimatoloogiline olustik erinevate tehniliste lahendite kasutamise võimalikkusele?	Ekspertintervjuu küsimus 7	Eesti loodusest tingitud piirangud erinevate tehnikavahendite kasutamise võimalikkusele maismaapiiril

3.2. Uuringu tulemused

Lõputöös püstitatud uurimisküsimustele vastuste leidmiseks viidi läbi poolstruktureeritud ekspertintervjuud, mille eesmärgiks oli teada saada, milliseid piirivalve tehnikavahendeid peavad efektiivseks piirivalve valdkonnas töötavad ametnikud, mis on praegu Eestis kasutusel olevate tehnikavahendite kasulikud omadused ja puudused ning millist mõju avaldab Eesti loodus ja ilmastik tehnikavahenditele. Käesolevas alapeatükis toob autor välja uuringu tulemused lähtudes ekspertintervjuude läbiviimise käigus saadud teabest.

Järgnev peatüki tekst eemaldatud tööst autori poolt, kuna sisaldab juurdepääsupiiranguga teavet. Alus AvTS § 35 lg 1 p 9 (vt täies mahus tööd).

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

3.3. Seirevahendite süsteem

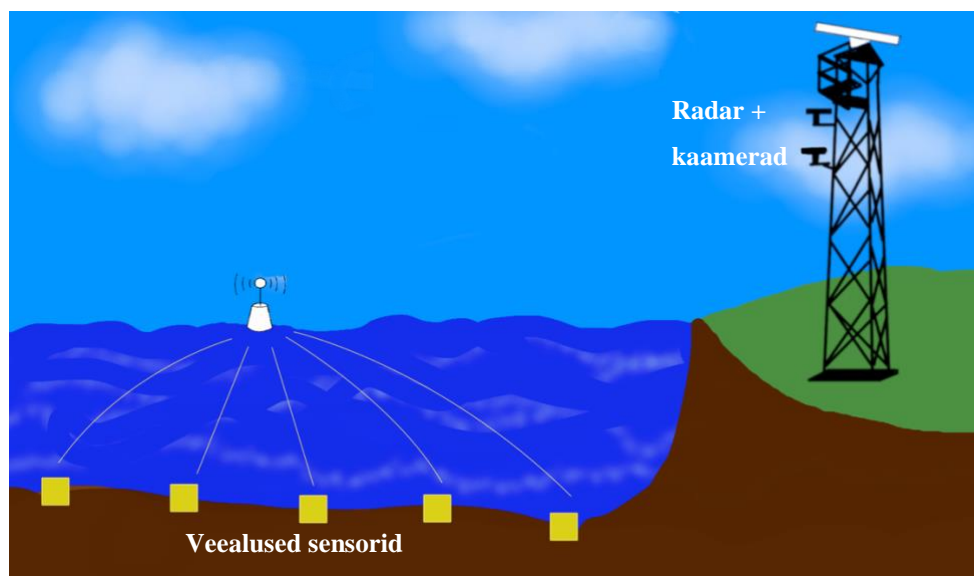
Tõhusa piiri valvamise süsteemi leidmine ei ole uudne eesmärk. 2008. aastal käivitati projekt Eurosur ehk Euroopa piiride valvamise süsteem (*European Border Surveillance System*), mille raames töötati välja droonide, sensorite, satelliitide ja luureõhusõidukite süsteemid avastamaks illegaalne sisseränne Euroopa Liitu. Eurosur rajati pigem teabevahetuseprogrammi kui piiride praktilise valve väljatöötamiseks ning see valmis aastal 2013. Hetkel püüdleb autonoomse piiri valvamise süsteemi väljatöötamise poole näiteks projekt RoBorder, mille konsortsium koosneb mitmekümnest Euroopa Liidu liikmesriigi asutusest ning mille hulgas on ka Sisekaitseakadeemia. Projekti eesmärgiks on välja töötada ja demonstreerida täisfunktsionaalne autonoomne piirivalvesüsteem, mis koosneb mehitamata robotitest. Süsteem hõlmab mehitamata sõidukite kasutamist õhus, veepinnal, vee all ja maapinnal. Projekt on hetkel töös ning selle tulemused on planeeritud esitada 2021. aasta augustis. (Euroopa Parlamendi ja Nõukogu 22.10.2013 regulatsioon 1052/2013; RoBorder)

Eesti maismaapiiri valvamise kontekstis tuleb seiresüsteemi väljatöötamisel arvestada nii jõe, järve, maapinna kui ka osalise õhuruumi valvamisega. Efektiivne piiri valvamise süsteem peaks integreerima erinevaid tehnoloogiaid saavutamaks kõrge suutlikkus ja täpsus. Kaasata tuleks nii statsionaarseid, mobiilseid kui ka *ad hoc* (kindla otstarbega) tehnikavahendeid, et katta puudujäägid, mis tulenevad ainult ühte tüüpi vahendite kasutamisest. Üks viis koondada tehnilised vahendid ühtseks süsteemiks on kasutada hübriidsüsteeme. Probleemiks on aga seadmete olemusest tulenev keerukas ühendamine teiste seadmetega, kuna tootjad ei tööta üldjuhul oma toodet välja kaalutlusega,

et see oleks lihtsasti ühildatav teise tootja kaubaga. Selleks peab olemasolevaid vahendeid suurel määral modifitseerima, mis võib aga osutuda väga kulukaks. (Fayez, *et al.*, 2019)

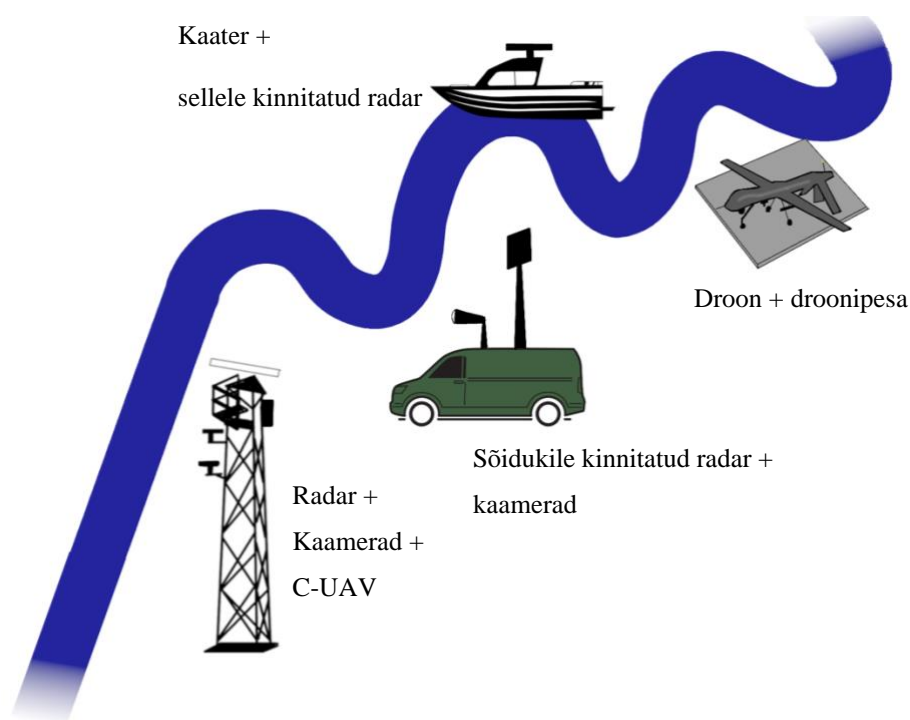
Piiri valvamise süsteemi koostamiseks on vaja kaardistada potentsiaalsed riskid. Peamised võimalikud ohud riigipiirile ja tehnilised vahendid nende kõrvaldamiseks on välja toodud joonises 12 (vt lisa 2), mille koostamisel võttis autor arvesse empiirilise uuringu osas väljatoodud aspekte (käesolev töö lk 26-39). Kui õhus kulgevat piiri ohustavad ainult UAVd, siis maismaal ja veekogus kulgev piir on vastuvõtlik mitut tüüpi potentsiaalsetele rikkumistele. Joonises 12 väljatoodud tehnilised vahendid on analüüsitud autori poolt tabelis 1 (vt lisa 3), võttes aluseks käesoleva töö teooriaosas kirjeldatud asjaolud (lk 12-25). Tabelist 1 nähtub, et olulisimad puudused mitmete tehniliste vahendite puhul on visuaalse pildi edastamise võimalikkuse ja pideva valve puudumine ning Eesti riigipiiri omadustest lähtuvalt väga laia ala katmise vajalikkus. Osade tehniliste vahendite tööraadius on niivõrd väike, et neid oleks efektiivse valve saavutamiseks vajalik paigutada piiri lähedale väga palju.

Joonisele 12 ja tabelile 1 põhinedes koostas autor tehnikavahendite süsteemide skeemid kasutamaks erinevates maismaapiiri maastikuolustikes. Joonis 13 toob välja võimaliku tehnikavahendite süsteemi maismaapiiri järvel või laiematel jõekohtadel kulgeva osa seireks. Potentsiaalne süsteem sisaldab veepinda valvavat radarit ning kaameraid, mis tuvastavad liikumise automaatselt. Veealuse valvamise eesmärgi saavutamiseks on süsteemi osaks veealused sensorid, mis annavad märku igasugusest kindlat läve ületavast veealusest akustilisest nähtusest. Sensori märguande peale saab juhtimispunktist saata välja patrullekipaazi, maismaaroboti või UAV ning selle liikumise ajal kaameratega veepinda ja järvekallast valvata.



Joonis 12. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem järvede või laiemate jõekohtade valvamiseks (autori koostatud)

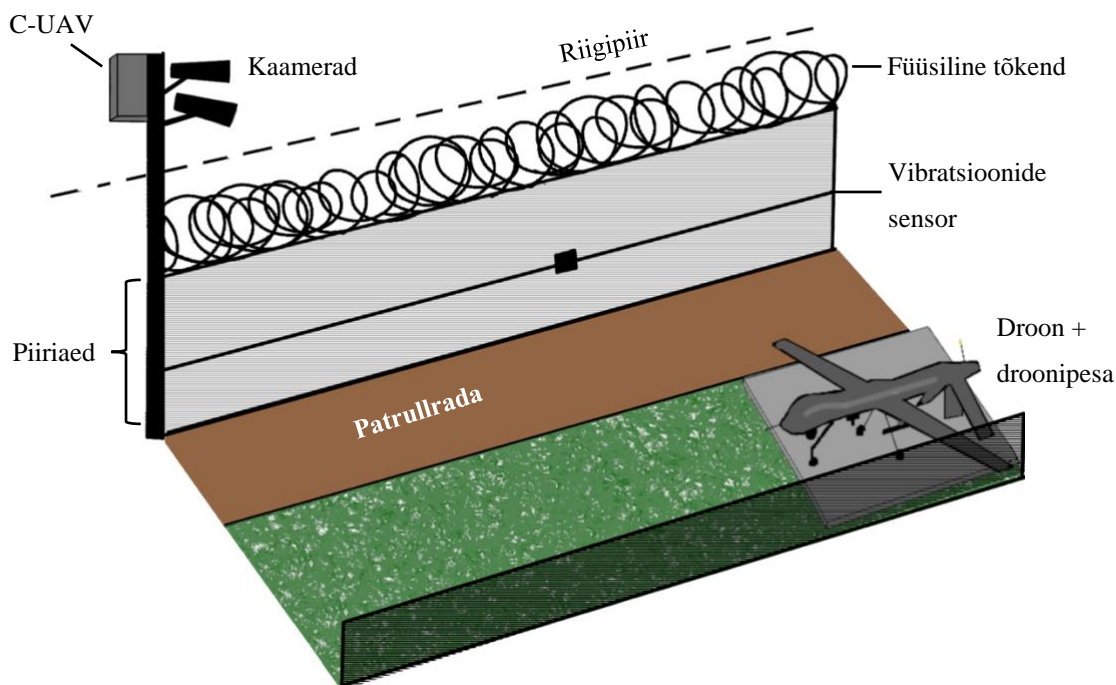
Kitsaste ja käänuliste jõekohtade valvamiseks ei ole autori arvates eelnevalt kirjeldatud viisil efektiivne piiriseiret korraldada. Veealuseid sensoreid peaks kitsama käänulise jõe valvamiseks paigaldama proportsionaalsuse ja vahendi hinna ning selle kasuteguri tasakaalu seisukohast ülemäära palju. Radari töövõimet pärsiksid jõe kulg ning kaldal kasvavad taimed. Sellepärast oleks sellisel piiri kulgemise alal mõistlik moodustada seiresüsteem erinevatest teisedatavatest tehnikavahenditest (vt joonis 14). Nendeks sobiksid näiteks radariga varustatud kaater ning kõrge maastikuläbivusega maismaasõiduk, millele on kinnitatud radar koos kaameratega. Radariga maismaasõidukiga oleks mugav valvata erinevaid jõeosasid kaldalt. Kaugelt juhitavaks seiresüsteemi osaks oleks autori nägemuse kohaselt erinevate sensoritega varustatud droon, millel on jõe või juhtimiskeskuse lähedusse paigaldatud drooni maandumispea ehk droonipesa, kust see vajadusel õhku saaks tõusta. Droonipesas on droonil võimalik end laadida ning see peab olema võõrastele ligipääsmatu, et ei tekiks olukorda, kus seda oleks võimalik lõhkuda või varastada. Droonipesa võiks võimalusel olla pealt kaetud, mis tagaks selle, et droon ei oleks niivõrd mõjutatav tugevatest ilmastikuoludest, milleks võivad olla märgatavad temperatuurimuutused, tihedad lume- ja vihasajud või tugevad tuuled. Sirgete jõelõikude valvamiseks saab kasutada mastile paigaldatud statsionaarset radarit, millele saaks lisada droonituvastusseadme.



Joonis 13. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem jõgede valvamiseks (autori koostatud)

Maismaal kulgeva piiri valvamiseks toob autor välja kaks erinevat potentsiaalset süsteemi. Tulenevalt idapiiri väljaehitamise programmist, mille üheks osaks on rajada piirdeaed kogu idapiiri ulatuses, on autor koostanud esimese võimaliku lahenduse maismaapiiri valvamiseks joonisel 15. Süsteemi

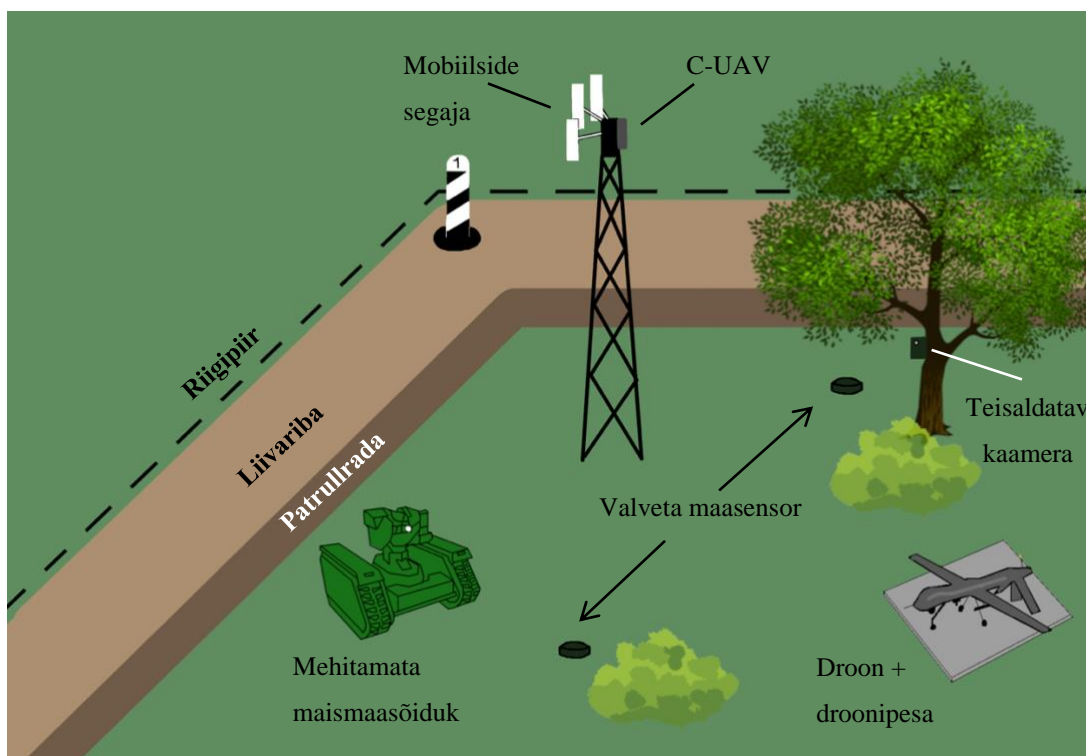
keskseks osaks on piirdeaed, mille kohale on paigaldatud okastraat aiast üle ronimise takistamiseks. Aiale on kinnitatud ka vibratsioonide sensor, mis tuvastab igasuguse piirdeaiaga manipuleerimise. Vastavalt maastikule ja riskianalüüsile on teatud vahemaa tagant paigaldatud aia kohale valvekaamerad, mis suudavad automaatselt avastada inimese liikumise. Lisaks automaatsele kaamerale on võimalik postile kinnitada nii öövaatlus- kui ka termograafilisi kaameraid – antud vaatluseadmed tagaksid ööpäevaringse seirevõimekuse. Samuti oleks vastavalt vajadusele posti külge kinnitatud ka droonituvastussüsteemid, mis annaksid märku võimalikest rikkumistest õhus. Piirdeaia kõrvale on rajatud patrullrada, mis võimaldab ametnikel kontrollida piiri jalgsi ning vajadusel saada juurdepääs tehnilistele vahenditele. Viimaseks süsteemi komponendiks on UAV koos droonipesaga, mis on paigaldatud piiri või juhtimiskeskuse lähedusse eesmärgiga automaatselt ja kiirelt reageerida igasugusele potentsiaalsele rikkumisele.



Joonis 14. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem maismaal kulgeva piiri valvamiseks (autori koostatud)

Arvestades asjaoluga, et idapiiri ehitus toimub järk-järgult ning selle täpne valmimisaeg ei ole teada, on toonud autor välja võimaluse, kuidas tagada piiri tehniline valve kohtades, kuhu pole piirdeaeda veel rajatud või kuhu pole võimalik seda ehitada. Süsteem joonisel 16 sisaldab patrullrada, mida ametnikud saavad kasutada jalgsipatrulli teostamiseks ja tehnikavahendite hooldamiseks või kontrollimiseks. Sarnaselt eelmisele süsteemile on ka selle süsteemi üheks osaks droon koos loodusesse rajatud droonipesaga, kust UAS reageerib võimaliku ohu korral automaatselt või ametnike poolt kaugjuhitavalt. Maapinnale on paigutatud valveta maapinna valvamise sensorid, mida on võimalik vajadusel teisaldada, valides nende asukohti vastavalt maastikule ja vajadusele. Lisaks näeb

autor süsteemi osana, et kõrgema ebaseadusliku tegevuse riskiga kohtadesse võiks paigaldada masti, millele oleks kinnitatud nii mobiilside kui ka UAVde segamissüsteemid. Seadmete kaudu saaksjuhtimiskeskus teavet mobiili kaasas kandvatest piiririkkujatest või UAVga piiri ületamisest. Kuna maapinna valvamise sensorid ei näita toimuvast kaamerapilti, siis vastavalt maastikule saab paigaldada vajalikesse kohtadesse teisaldatavad kaamerad, millel oleks nii öövaatlus- kui ka termokaamera võimekus. Viimase osa süsteemist moodustab mehitamata maismaasõiduk, mis suudaks häire korral automaatselt oma laadimispunktist liikuda reageerimist nõudvasse asukohta tagades juhtimiskeskusele ka kaamerapildi. Mehitamata maismaasõidukit saaks lisaks eeltodule rakendada ka patrulli teostamisel. Antud süsteemi osasid saaks kombineerida ka joonisel 15 kujutatud tehniliste vahenditega, tagades sellevõrra mitmekordne piirivalve ja -kaitse, kus ühe elemendi rikke korral ei tekiks valveta alasid ega viibiks reageerimine häirepiirkonda.



Joonis 15. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem maismaal kulgeva piiri valvamiseks (autori koostatud)

3.4. Järeldused ja ettepanekud Eesti maismaapiiri seire tõhustamiseks

Peatükk eemaldatud tööst autori poolt kuna sisaldab juurdepääsupiiranguga teavet. Alus AvTS § 35 lg 1 p 9 (vt täies mahus tööd).

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

KOKKUVÕTE

Peatiikk eemaldatud tööst autori poolt kuna sisaldab juurdepääsupiiranguga teavet. Alus AvTS § 35 lg 1 p 9 (vt täies mahus tööd).

TÖÖST ON EEMALDATUD JUURDEPÄÄSUPIIRANGUGA TEAVE

Rektori otsus: 12.05.2021, 6.1-19/1005-1

SUMMARY

The purpose of this thesis was to find out which technical surveillance systems used for border surveillance purposes are optimal for exploiting on the Estonian land border. The importance of researching this topic derives from different national and Intereuropean plans and operational strategies, for example the Estonian development plan of internal security for 2020-2030, which states as a desired situation that “the Estonian border as an external border of the EU is guarded and protected and that is enough to ensure security. Illegal border crossings, unlawful activity near the border, human trafficking and smuggling is obstructed...” (Siseminister, 2020). This thesis was compiled using numerous international sources and by constructing an empirical research.

The research problem was established as a question: which technical surveillance systems used for border surveillance purposes are optimal for exploiting on the Estonian land border? The following research questions were raised to help attain the goal of the thesis:

1. What are the positive and negative qualities of the technical surveillance instruments currently used for monitoring the Estonian land border?
2. Which border surveillance technical instruments not previously used in Estonia could be used in the Estonian border surveillance system?
3. What limitations do the Estonian geographic and climatologic situation set for using different border surveillance technical instruments?

Lõik eemaldatud tööst autori poolt, kuna sisaldab juurdepääsupiiranguga teavet. Alus AvTS § 35 lg 1 p 9 (vt täies mahus tööd)

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Andrzejczak, M., 2012. *Transportable Autonomus Patrol for Land Border Surveillance*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://cordis.europa.eu/project/id/218081> [Kasutatud 15.03.2021].

Bilik, I., Tabrikian, J., Cohen, A., 2006. GMM-Based Target Classification for Ground Surveillance Doppler Radar. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 42(1), pp. 267-278.

Blighter Surveillance Systems, 2020. *Blighter B202 Mk 2 Radar*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.blighter.com/wp-content/uploads/blighter-b202-mk-2-radar-datasheet.pdf> [Kasutatud 15.03.2021].

Borg, S., 2020. Below the radar. Examining a small state's usage of tactical unmanned aerial vehicles. *Defence Studies*, vol 20(3), pp. 185-201.

Breidaks, A., Meeks, A., 2020. Kaitseväe droon saadeti Antslast Läti piiri seirama. *Lõuna-Eesti Postimees*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://lounapostimees.postimees.ee/6967074/kaitsevae-droon-saadeti-antslast-lati-piiri-seirama> [Kasutatud 16.03.2021].

Briones, J.C., Flores, B., Cruz-Cano, R., 2017 Multi-mode Radar Target Detection and Recognition Using Neural Networks. *International Journal of Advanced Robotic System*, 9(5), pp. 1-9.

Chilton, A., 2014. *The Working Principle and Key Applications of Infrared Sensors*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=339> [Kasutatud 21.03.2021].

Chrzanowski, K., 2013. Review of night vision technology. *Opto-Electronics Review*, 21(2), pp. 153-181.

CommTrol, 2020. *Cellular Intercept*. [Võrgumaterjal] Leitav: <http://commtrolsystems.com/cellular-intercept> [Kasutatud 25.03.2021].

Defendec, 2019. *Autonomous Surveillance Meets AI*. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.defendec.com> [Kasutatud 22.03.2021].

Distelzweig, J., 2018. *How Thermal Imaging Can Combat False Alarms*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.securitysales.com/surveillance/thermal-imaging-false-alarms/> [Kasutatud 22.03.2021].

Durzaisamy, M., Lavanya, V., Nivetha, M., 2017. Night Vision Technology. *International Journal of Science and Research in Technology*, vol 3, pp. 411-415.

Eesti Vabariigi ja Vene Föderatsiooni vaheline Eesti-Vene riigipiiri leping (2005) RT II 2005, 18, 59.

Euroopa Komisjoni 13.05.2015 teatis *COM(2015) 240 final* Euroopa rände tegevuskava.

- Euroopa Komisjoni 23.09.2020 teatis *COM(2020) 609 final* Uus rände- ja varjupaigalepe.
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu 22.10.2013 regulatsioon 1052/2013 Euroopa piiride valvamise süsteemi asutamise kohta (Eurosur).
- European Agency for the Management of Operational Cooperation at the External Borders of the Member States of the European Union, 2014. *Study on Deployable Technology for Land Border Surveillance. Vol. II. Technical and Operational Details.*
- European Border and Coast Guard Agency, 2019. *Euroopa integreeritud piirihalduse tehniline ja tegevusstrateegia.* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://op.europa.eu/et/publication-detail/-/publication/2123579d-f151-11e9-a32c-01aa75ed71a1> [Kasutatud 20.01.2021].
- Everything RF, 2020. *Peraton to Deploy its Tethered Aerostat Radar System Across the US.* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.everythingrf.com/News/details/9702-Peraton-to-Deploy-its-Tethered-Aerostat-Radar-System-Across-the-US> [Kasutatud 21.02.2021].
- Fayez, A., F., Hammoudeh, M., Adebisi, B., Sattar, K., N., A., 2019. Assessing the effectiveness of fliting ad hoc networks for International border surveillance. *International Journal of Distributed Sensor Networks.*
- Ferro, E., Gennaro, C., Nordio, A., Paonessa, F., Vairo, C., Virone, G., Argentieri, A., Berton, A., Bragagnini, A., 2020. 5G-Enabled Security Scenarios for Unmanned Aircraft: Experimentation in Urban Environment. *Drones* 4(2), 22, pp. 1-13.
- Fouda, B. M. T., Han, D., An, B., Lu, X., Tian, Q., 2018. Events detection and recognition by the fiiber vibration system based on power spectrum estimation. *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 10(11), pp. 1-9.
- Gallego, J., 2016. *A Low-Tech Solution for Taking Down Drones? Eagles.* [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://futurism.com/eagles-low-tech-solution-for-drone-defense> [Kasutatud 22.03.2021].
- GSCI Advanced Photonics, 2018. *Quadro-B Long Range Fusion Binoculars.* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://gsci1.com/quadro-b-long-range-fusion-binoculars.html> [Kasutatud 21.03.2021].
- Hamann, K., Smith, R., 2019. Facial Recognition Technology. *Criminal Justice*, vol. 34(1), pp. 9-13.
- Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P., 2007. *Uuri ja kirjuta.* Tallinn: Medicina.
- ITherml Technology, 2016. *Fusion Night Vision.* [Võrgumaterjal] Leitav: <http://www.itherml.com/blog/index.php/2016/07/13/fusion-night-vision/> [Kasutatud 21.03.2021].
- Kamminga, J., Ayele, E., Meratnia, N, Havinga, P., 2018. Poaching Detection Technologies – A Survey. *Sensors*, vol 18(5), pp. 1-27.

- Keskkonnaagentuur, 2018. *Meri*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/eesmargid-tegevused/vesi/meri> [Kasutatud 21.01.2021].
- Kiviste, J., Teppan, P., Rei, R., Sieberk, E., 2020. *Politsei ja Piirivalve Üldkursus: Toetav õppematerjal õpetajale*. Tallinn: Sisekaitseakadeemia.
- Lagertspetz, M., 2017. *Ühiskonna uurimise meetodid*. Tallinn: TLÜ Kirjastus.
- Laherand, M.-L., 2008. *Kvalitatiivne uurimisviis*. Tallinn: OÜ Infotrükk.
- Lauk, A., 2018. *Piirirežiimi tagamine Eesti Vabariigis. Magistritöö*. Tallinn: Tartu Ülikool.
- Long, D. *CBP's Eyes in the Sky*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.cbp.gov/frontline/frontline-november-aerostats> [Kasutatud 11.03.2021]
- Luo, J., Han, Y., Fan, L., 2018. Underwater Acoustic Target Tracking: A Review. *Sensors*, vol 18(1), pp. 1-37.
- Marnot, D., 2020. *Baltikumi julgeolekupoliitika dokumentide võrdlus*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/e8a7f8d3-5a29-4716-a4f9-7a01b4d4f0c6> [Kasutatud 21.01.2021].
- Mazarakis, G., Avaritsiotis, J., 2005. *A prototype sensor node for footstep detection*. Ateena: National Technical University of Athens.
- Milrem Robotics. *Themis Observe with Shark. ISR*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://milremrobotics.com/product/themis-observe-with-shark/> [Kasutatud 18.03.2021].
- NATO STANAG 4586 Standard Interfaces of UAV Control System for NATO UAV Interoperability 2012: A- 17
- Nawrat, A., Simek, K., Swierniak, A., 2013. *Advanced Technologies for Intelligent Systems of National Border Security*. Heidelberg: Springer.
- Night Vision Guys, 2019. *NV Depot Night Enorcer Fusion Night Vision Goggle*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.nightvisionguys.com/nv-depot-night-enorcer-fusion-night-vision-goggle> [Kasutatud 27.03.2021].
- Nordic Networks, 2020. *Automaatne auto numbrituvastus süsteem (ANTS)*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://nordicnetworks.ee/blog/automaatne-auto-numbrituvastus-susteem-ants/> [Kasutatud 23.03.2021].
- O'leary, B., 2012. Partition. Rmt: Wilson, T. M., Donnan, H. *A Companion to Border Studies*. Blackwell Publishing, pp. 27-47.

Olgo, T. *Erakorralise auditi „Eesti Vabariigi idapiiri väljaehitamise projekti juhtimise tulemuslikkus“ vahearuanne.* [Võrgumaterjal] Leitav: https://www.siseministerium.ee/sites/default/files/idapiiri_valjaehitamise_projekti_siseauditi_vahearuanne.pdf [Kasutatud 23.01.2021].

Pajur, A., 2018. *Konstantin Päts: poliitiline biograafia. II osa: riigimees (1917-1956).* Tartu: Rahvusarhiiv.

Politsei- ja Piirivalveamet. *Piiriehitus.* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.politsei.ee/et/juhend/piiriehitus> [Kasutatud 23.01.2021].

Rahuleping Eesti ja Venemaa vahel, 1920. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.riigiteataja.ee/viitedLeht.html?id=1> [Kasutatud 20.03.2021].

Rahvusarhiiv. ERA.806.1.56. *Tartu Linna ja Maakonna Kaitseliit ja komandantuurid.*

Rangel, M., A., G., Manzanilla, A., Suarez, A., E., Z., Munoz, FF., Salazar, S., Lozano, R., 2020. Adaptive Non-singular Terminal Sliding Mode Control for an Unmanned Underwater Vehicle: Real-time Experiments. *International Journal of Control, Automation and Systems*, vol 18(3), pp. 615-628.

Riigipiiri seadus (1994) RT I, 08.07.2020, 7.

Roborder. *Deliverables.* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://roborder.eu/results/deliverables/> [Kasutatud 21.03.2021].

Schmersahl, A. R., 2018. *Fifty Feet Above the Wall: Cartel Drones in the U.S.-Mexico Border Zone Airspace, and What to Do About Them.* Väitekiri. California: Naval Postgraduate School

Sepp, T., 2018. *Ülevaade mehitamata lennuvahendite vastutegevusest. Lõputöö.* Tartu: Kaitseväge Ühendatud Õppeasutused.

Shopovska, I., Jovanov, L., Philips, W., 2019. Deep Visible and Thermal Image Fusion for Enhanced Pedestrian Visibility. *Sensors*, 19(17), pp. 1-21.

Siseminister, 2015. *Tõhusam piirihaldus aastateks 2015-2019.* [Võrgumaterjal] Leitav: https://www.siseministerium.ee/sites/default/files/dokumendid/STAK/tohusam_piirihaldus.pdf [Kasutatud 12.02.2021].

Siseminister, 2020. *Siseturvalisuse arengukava 2020-2030*. [Võrgumaterjal] Leitav: https://www.siseministeerium.ee/sites/default/files/dokumendid/STAK/STAK2/siseturvalisuse_arengukava_2020-2030_2107.docx [Kasutatud 20.01.2021].

Srivastava, N., Gupta, N., Verma, B., Tiwari, P., Verma, L., Kaur, M., 2017. Border Security System. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 5(5), pp. 283-285.

Sukhotin, M., 2016. *Night Vision 101: Seeing in the Dark*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.bhphotovideo.com/explora/outdoors/buying-guide/night-vision-101-seeing-dark> [Kasutatud 21.03.2021].

Zhao, Q., Guo, F., Zu, X., Chang, Y., Li, B., Yuan, X., 2017. An Acoustic Signal Enhancement Method Based on Independent Vector Analysis for Moving Target Classification in the Wild. *Sensors*, vol 17 (10), pp. 1-17.

Zoldi, D., M., K., 2020. *Unmanned Underwater Vehicles: An Ocean Of Possibilities. Inside Unmanned Systems*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://insideunmannedsystems.com/unmanned-underwater-vehicles-an-ocean-of-possibilities/> [Kasutatud 15.03.2021].

Threod Systems, 2020. *Threod Systems STREAM C UAV has gone VTOL!* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://test.threod.com/news/threod-systems-stream-uav-vtol/> [Kasutatud 20.03.2021].

Threod Systems. *STREAM C VTOL*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://threod.com/wp-content/uploads/2020/07/Stream-C-VTOL-datasheet.pdf> [Kasutatud 19.03.2021].

Võime, L., 2007. *Eesti Piirivalvest*. Tallinn: Sisekaitseakadeemia.

Välisministeerium, 2020. *Tartu rahu, 2. Veebruar 1920* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://vm.ee/et/tartu-rahu-2-veebuar-1920> [Kasutatud 23.01.2021].

Wellig, P., Speirs, P., Schuepback, C., Oechslin, R., Renker, M., Boeniger, U., Pratisto, H., 2018. Radar Systems and Challenges for C-UAV. *2018 19th International Radar Symposium*, pp. 1-8.

Wilson, T. M., Donnan, H., 2012. *Borders and Border Studies. Rmt: Wilson, T. M., Donnan, H. A Companion to Border Studies*. Blackwell Publishing, pp. 1-25.

Worch, P. R., 2007. Technologies for Border Security. *Military Technology*, 31(2), pp. 131-140.

- Õunapuu, L., 2014. *Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes*. Tartu Ülikool. [Võrgumaterjal] Leitav: http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/36419/ounapuu_kvalitatiivne.pdf [Kasutatud 21.01.2021].
- Xie, F., Zhang, M., Zhao, J., Yang, J., Liu, Y., Yuan, X., 2018. A Robust License Plate Detection and Character Recognition Algorithm Based on a Combined Feature Extraction Model and BPNN. *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2018, pp. 1-14.
- Xu, T., Wang, N., Xu, X.A., 2019. Seismic Target Recognition Based on Parallel Recurrent Neural Network for Unattended Ground Sensor Systems. *IEEE Access*, vol 7, pp. 137823-137834.
- Yan, M., Luo, P.-L., Iwakuni, K., Millot, G., Hänsch, T., Picqué. 2017. Mid-infrared dual-comb spectroscopy with electro-optic modulators. *Light: Science & Applications*, vol 6, pp. 1-8.
- Yu, A., Li, G., Hou, B., Wang, H., Zhou, G., 2019. A novel framework for face recognition using robust local representation-based classification. *Artificial Intelligence for Sensor Networks*, vol. 15(3), pp. 1-11

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabelite loetelu

Tabel 2. Ekspertintervjuude valimi kirjeldus (autori koostatud).....	28
Tabel 3. Uurimisküsimuste, andmekogumismeetodite ja kategooriate seostatus	29
Tabel 1. Piirivalve teostamiseks kasutatavate tehniliste vahendite kasulikud omadused, puudused ning hinnaklassid (autori koostatud)	60

Jooniste loetelu

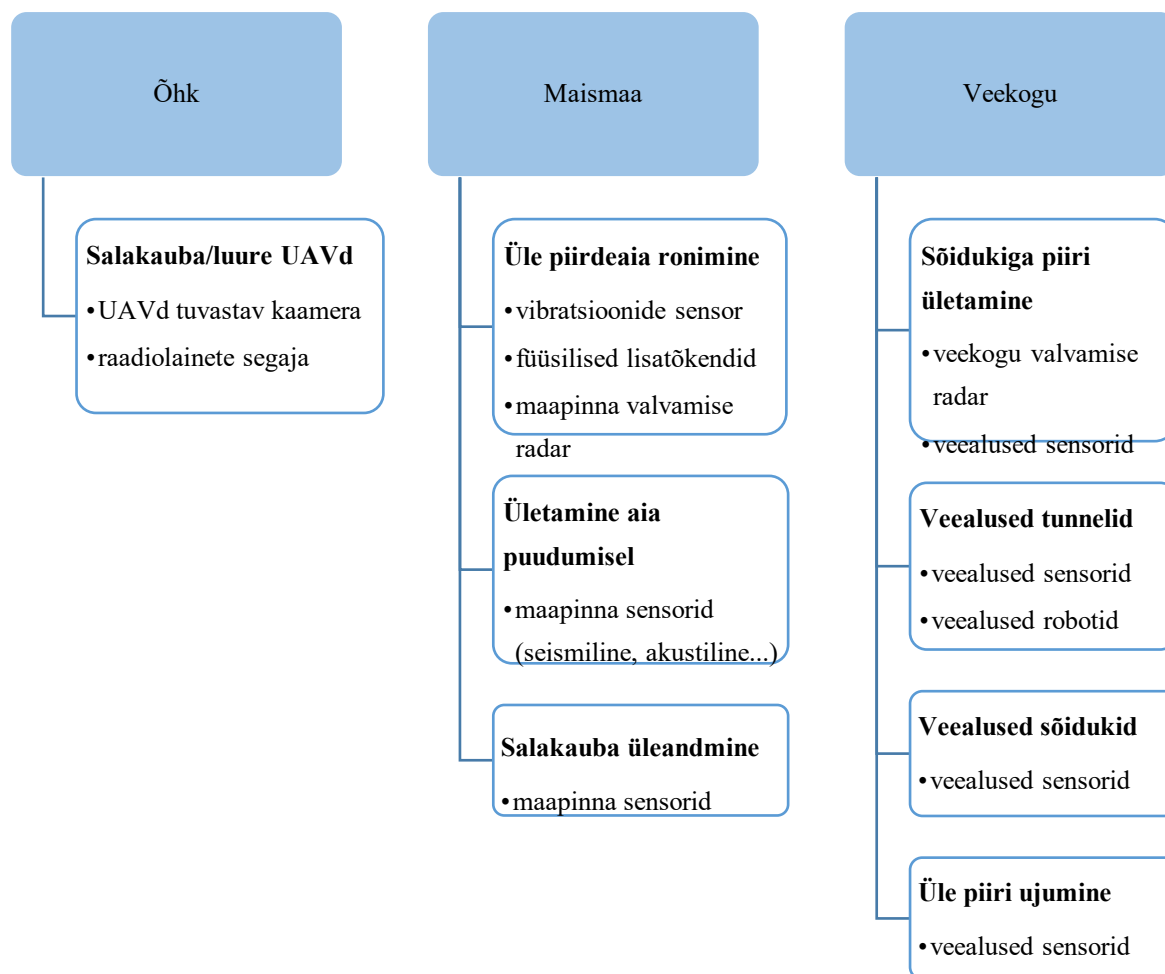
Joonis 1. Veealuste sensorite kogutud informatsiooni saatmise kanal; autori koostatud.....	13
Joonis 2. Ametnik päikeseenergial töötavat maismaapinna valvamise radarit kasutamas (Blighter Surveillance Systems, 2020)	15
Joonis 3. Inimsammu tuvastamise sensoriga salvestatud seitse inimese jooksusammu kolme sekundi jooksul. (Xu, <i>et al.</i> , 2019, p. 137830; tõlgitud autori poolt).....	16
Joonis 4. Milrem Robotics mehitamata maismaasõiduk TheMIS Observe with Shark (Milrem Robotics).....	18
Joonis 5. Threod Systems mehitamata õhusõiduk Stream C VTOL (Threod Systems, 2020)	19
Joonis 6. TARS – maapinnale lõastatud aerostaadi radarsüsteem (Everything RF, 2020)	21
Joonis 7. Mobiilside segamissüsteem Cellular Interceptor Series CC2800 (CommTrol, 2020).....	22
Joonis 8. Vaade ilvesele läbi hallides ja rohelistes toonides valgusvõimendi (Sukhotin, 2016).....	23
Joonis 9. Vaade pimedale alale kasutades tavalist ja termograafilist kaamerat. (Distelzweig, <i>et al.</i> , 2018).....	23
Joonis 10. Vaade läbi hübriidvaatlusseadme NV Depot Night Enforcer Fusion Night Vision Goggle (Night Vision Guys, 2019)	24
Joonis 11. Vaade läbi hübriidvaatlusseadme (ITherml Technology, 2016).....	24
Joonis 13. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem järvede või laiemate jõekohtade valvamiseks (autori koostatud).....	40
Joonis 14. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem jõgede valvamiseks (autori koostatud)	41

Joonis 15. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem maismaal kulgeva piiri valvamiseks (autori koostatud).....	42
Joonis 16. Võimalik piirivalve tehniliste vahendite süsteem maismaal kulgeva piiri valvamiseks (autori koostatud).....	43
Joonis 12. Peamised võimalikud ohud riigipiirile looduskeskkonniti ja võimalikud tehnilised vahendid nende lahendamiseks (autori koostatud)	59

Lisa 1. Intervjuu küsimused

1. Milline on Teie hinnang piirivalve tehniliste vahendite väärtuslikkusele piiririkumiste avastamisel ja tõkestamisel?
2. Milline on Teie hinnangul praegu suurim puudujääk büroo/prefektuuri/kordoni vastutusalas maismaapiiri valvamise tehniliste vahendite poolelt?
3. Kas maismaapiiri valvamisel pikemalt kasutusel olnud tehniliste vahendite (nt vaatlusbussid, laserid) kasutamine on viimaste aastate jooksul vähenenud? Millistel kaalutlustel?
4. Millised uudseid tehnilisi lahendusi sooviksite näha piiri väljaehitamise raames parandamaks piirivalvamise kvaliteeti? Milliseid funktsioone peaksid need täitma?
5. Kas on seatud eesmärgiks, et Smartdec kaamerad valvaksid nii palju piirilõigust, kui võimalik? Kas oleks võimalik, et saajaprotsendiliselt?
6. Kas mobiilside segajaid oleks büroo/prefektuuri/kordoni vastutusalas võimalik kasutusele võtta? Kui ei, siis miks? Kui jah, siis kuidas mõjutaks see piirivalvurite endi mobiilikasutust?
7. Milliseid piiranguid seab ilmastik ja büroo/prefektuuri/kordoni vastutusalas olev maastik tehniliste vahendite kasutamisele maismaapiiril?

Lisa 2. Ohud piirile ja tehnilised vahendid nende avastamiseks ja tõkestamiseks



Mitmes keskkonnas või mitut liiki seadusevastase tegevuse avastamist abistavad vahendid:

- UAV (erinevate sensoritega)
- videovalve
- kaasaskantavad vaatlusseadmed
- mobiilside tuvastamise süsteem
- näo- või numbrimärgituvastuse kaamera

Joonis 16. Peamised võimalikud ohud riigipiirile looduskeskkonniti ja võimalikud tehnilised vahendid nende lahendamiseks (autori koostatud)

Lisa 3. Tehniliste vahendite omadused

Tabel 3. Piirivalve teostamiseks kasutatavate tehniliste vahendite kasulikud omadused, puudused ning hinnaklassid (autori koostatud)

Tehniline vahend	Kasulikud omadused	Puudused
C-UAV süsteemid	Saab kinnitada mastile, maismaa- või veesõidukile, aerostaadile	Loodustingimused pärsivad tõhusat kasutamist (puud võivad ette jääda)
	Kaugjuhitav/-jälgitav	Stationsaarsena oleks neid piirile vaja palju
	Automaatne tuvastus	Teisaldatavas vormis ei ole 100% ajast valvet
	Võimaldab UAV õhust alla tuua	Kõigil C-UAV meetoditel on omad puudused, süsteem pole täiesti tulemuslik
	Võimaldab UAVd õhust maha tuua	
Vibratsioonide sensor	Tuvastab igasuguse aia häirimise	Valehäired (loomad, linnud)
	Pidev usaldusväärne valve	Katta on vaja väga pikk ulatus
		Ei näita visuaalset pilti
Füüsilised lisatõkendid	Raskendab aia ületamist	Saab katki lõigata, lõhkuda
Maapinna valvamise radar	Teisaldatavat saab viia mistahes kohta	Loodustingimused pärsivad tulemusi
	Tuvastab inimtegevuse	Sõidukile kinnitatuna on kaugelt nähtav
Maapinna sensorid	Suhteliselt märkamatu	Ei näita visuaalset pilti
	Soodne lahendus	Ei ole kasutatav ületamise tõendina
Veekogu valvamise radar	Tuvastab liikumise	Ei näita visuaalset pilti
	Kompaktne teave operaatoril	
Veealused sensorid	Tuvastab veealuse tegevuse	Ei näita visuaalset pilti
Veealune robot	Näitab visuaalset pilti	Ei ole võimalik valvata pidevalt
UAV	Pääseb ligi kohtadesse, kuhu sõidukiga ei saa	Ei ole kõige töökindlam vahend, võib kergesti katki minna
	Liigub kiiresti vajalikku kohta	Aku kestvus võib liiga lühikeseks jääda
	Võimalik varustada erinevate sensoritega	

Tehniline vahend	Kasulikud omadused	Puudused
Videovalve	Annab parima ülevaate toimuvast	Piirile vaja väga palju
	Saab kohaldada automaatset tuvastamist	Automaatne tuvastus pole täiesti tulemuslik
Kaasaskantavad vaatlusseadmed	On kasutatavad kõikjal	Väike avastamisraadius
	Hämaras või pimedas nägemise võimekus	Loodustingimused pärsivad tulemuslikkust (taimestik)
Mobiilside tuvastamise süsteem	Tuvastab mobiili kaasas kandva isiku	Ei näita visuaalset pilti
	Annab isiku asukoha	Võivad tekkida probleemid kasutamise õiguslike alustega
	Teisaldatavaid saab viia vajalikku kohta	Kõrvaliste (mitte-piiririkkujate) isikute mobiilide tuvastamine
Näo- või numbrimärgi tuvastus	Annab ülevaate piirkonnas liikuvatest sõidukitest või isikutest	Võivad tekkida probleemid kasutamise õiguslike alustega
	Saab seadistada kindlate sõidukite/isikute ilmnemisel operaatorit teavitama	Uus tehnoloogia, mis pole 100% tulemuslik
	Automaatne süsteem	