

Sisekaitseakadeemia  
Päästekolledž

Pelle Puusepp  
RS150

**ROOMIKPUKSIIRI KASUTAMINE PÄÄSTEAMETI  
ÜLESANNETE HÖLBUSTAMISEKS MAASTIKUL JA  
JÄÄTUNUD VEEKOGUDEL**

Lõputöö

Juhendaja:  
Tarmo Kull, MA  
Kaasjuhendaja:  
Ivar Frantsuzov

Tallinn 2018

## SISEKAITSEAKADEEMIA LÕPUTÖÖ ANNOTATSIOON

Päästekolledž	Juuni 2018
<p>Töö pealkiri: Roomikpuksiiri kasutamine Päästeameti ülesannete hõlbustamiseks maastikul ja jäätunud veekogudel</p> <p>Töö pealkiri: Use of track sled type vehicles to aid Estonian Rescue Board's tasks on terrain and frozen waterbodies</p> <p>Käesolev lõputöö on eksperiment uuring. Antud lõputöö eksperiment uuringu läbiviimiseks kasutatakse kvantitatiivset uurimismeetodit. Lõputöö on kirjutatud eesti keeles koos inglise keelse resümee ja koosneb 43 leheküljest. Lõputöö teema on aktuaalne, sest tõhusa päästevõimekuse tagamise programm, võtab lühidalt kokku, et päästetööd saab tõhusalt läbi viia vaid siis, kui on olemas päästetöö tegemiseks piisav päästetehnika ja –varustus ning lähiaastate ülesanne päästevõimekuse tagamisel on see, kuidas teha vähemaga rohkem. Selle eesmärgi saavutamiseks panustatakse jätkuvalt päästetehnika ja -varustuse parendamisse. Ühtlasi on lõputöö aktuaalne, kuna Eestis veekogud hakkavad jäätuma novembris ning jääkate veekogudel võib kesta märtsini. Sellises ajavahemikus oli riiklikel päästekomandodel veekogudel 2015. aastal 57 sündmust, 2016. aastal 85 sündmust ja 2017. aastal 91 sündmust. Lõputöö eesmärk on kujundada seisukohad ja ettepanekud roomikpuksiiri kasutusele võtuks Päästeameti, andes ülevaate päästetööde logistikast eritehnikaga ning viies läbi praktilised katsed, tehes objektidest avalduvate survetest arvutused pinnale ja leides lahendusviisid roomikpuksiiri kasutamisel Päästeameti ülesannete hõlbustamiseks maastikul ja jäätunud veekogudel. Töö eesmärgi saavutamiseks püstitati järgnevad uurimisülesanded:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leida arvutusviisid, et saaks arvutada roomikpuksiirist ja teistest objektidest tulenevaid surveid pinnale ja otsida välja viisid, kuidas integreerida tulemused jää kandevõimega.</li> <li>2. Kirjeldada päästetöid simuleerivaid praktilisi katsetusi ning võrrelda katsetulemusi roomikpuksiiriga ja ilma roomikpuksiirita.</li> <li>3. Hinnata teooriast, arvutustest ja praktilistest katsetustest tulenevaid võimalusi ja pakkuda välja lahendusviisid katsetusteks maastikul.</li> </ol>	
Võtmesõnad: roomikpuksiir, jää, maastik	
Võõrkeelsed: track sled type vehicle, ice, terrain	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia raamatukogu	
<p>Töö autor: Pelle Puusepp</p> <p>Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Olen nõus oma lõputöö avaldamisega elektroonilises keskkonnas.</p> <p>Allkiri:</p>	
Vastab lõputöö nõuetele	Allkiri:
Juhendaja: Tarmo Kull	
Vastab lõputöö nõuetele	Allkiri:
Kaasjuhendaja: Ivar Frantsuzov	
Kaitmisele lubatud	Allkiri:
Kolledži direktor: Ain Karafin	

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	4
1. LOGISTILISED PROBLEEMID PÄÄSTETÖÖDEL TEOORIAS .....	6
1.1. Kliima ja loodulikud iseärasused.....	6
1.1.1 Arvutuslikud viisid masinast tuleneva surve määramiseks pinnasele. ....	10
1.1.2. Jää tüübid ja selle üldine kandevõime määramine vastavalt masinast tulenevale raskusjõu survele. ....	12
1.1.3. Ülevaade masinatest .....	15
1.2. Päästetöötaja energiakulu arvestamise põhimõtted.....	16
2. PRAKTILISED JA ARVUTUSLIKUD KATSETUSED NING LAHENDUSED ROOMIKPUKSIIRIGA.....	18
2.1. Metoodika ja valim.....	18
2.2. Arvutuslikud lahendused objektidest .....	18
2.3. Praktilised katsetused roomikpuksiiriga.....	21
3. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD .....	27
3.1. Roomikpuksiiri maksumusega arvestamine .....	27
3.2. Järeldused ja ettepanekud roomikpuksiiri kasutusele võtuks Päästeametis. ...	28
KOKKUVÕTE.....	30
SUMMARY .....	31
VIIDATUD ALLIKAD .....	32
LISA 1. JÄÄ KANDEVÕIME TABEL .....	34
LISA 2. TEADVUSETA KANNATANU TRANSPORT .....	35
LISA 3. ROOMIKPUKSIIRIGA KANNATANU TRANSPORT .....	36
LISA 4 PÄÄSTE JÄÄLT ROOMIKPUKSIIRIGA.....	37
LISA 5. VARUSTUSE TRANSPORT ROOMIKPUKSIIRIGA .....	38
LISA 6. ROOMIKPUKSIIRIGA LUUREL INFO KOGUMINE.....	39
LISA 7. ROOMIKPUKSIIRI RAKENDAMINE PLOKISÜSTEEMIS .....	40
LISA 8. ETTEPANEKUD PRAKTILISTEKS KATSETUSTEKS .....	41

# SISSEJUHATUS

Tulenevalt Päästeseaduse § 5 lg 1 ja 4 on Päästeameti ülesanneteks päästetöö tegemine maismaal ja siseveekogudel ning päästesündmuste ennetamine (Riigikogu, 2018). Käesolev lõputöö annab teoreetilise ülevaate päästetööde logistikast eritehnikaga, mis hõlmab endas logistilisi probleeme raskesti ligipääsetavates kohtades. Lõputöö kirjeldab arvutusviisi leidmaks masinatest tulenva surve avaldumist pinnale ja praktilisi katsetusi, mis hõlmab erinevaid lahendusviise roomikpuksiiri kasutamisest päästetöödel,

Teema **aktuaalsus** tuleneb “Siseturvalisuse arengukava 2015–2020” programmist „Tõhusa päästevõimekuse tagamine: 2016–2020”, mis võtab lühidalt kokku, et päästetööd saab tõhusalt läbi viia vaid siis, kui on olemas päästetöö tegemist toetav õiguskeskkond ning päästetöö tegemiseks piisav päästetehnika ja -varustus ning lähiaastate ülesanne päästevõimekuse tagamisel on see, kuidas teha vähemaga rohkem. Selle eesmärgi saavutamiseks jätkatakse päästevõrgustiku arendamist, sealhulgas laiendatakse päästekomandode abil otsingu- ja päästetöödel osalemist kaldalähedasel merealal. Samuti panustatakse jätkuvalt päästetehnika ja -varustuse parendamisse. (Siseministerium, 2016). Ühtlasi on lõputöö aktuaalne, kuna Eestis veekogud hakkavad jäätuma novembris ning jääkate veekogudel võib kesta märtsini (Vainjärv, 2013). Sellises ajavahemikus oli riiklikel päästekomandodel veekogudel 2015. aastal 57 sündmust, 2016. aastal 85 sündmust ja 2017. aastal 91 sündmust (Päästetöö osakond, 2018)

**UURIMISPROBLEEM:** Kuidas roomikpuksiir hõlbustaks Päästeameti ülesannete täitmist halvasti kandval pinnasel rohkem kui praegune selleks ettenähtud eritehnika?

Lõputöö **eesmärk** on kujundada seisukohad ja ettepanekud roomikpuksiiri kasutusele võtuks Päästeametis, andes ülevaate päästetööde logistikast eritehnikaga ning viies läbi praktilised katsetused, tehes objektidest avalduvate surve arvutused pinnale ja leides lahendusviisid roomikpuksiiri kasutamisel Päästeameti ülesannete hõlbustamiseks maastikul ja jäätunud veekogudel.

Selleks, et saavutada lõputöö eesmärki, püstitatakse järgnevad **uurimisülesanded:**

1. Leida arvutusviisid, et saaks arvutada roomikpuksiirist ja teistest objektidest tulenevaid surveid pinnale ja otsida välja viisid, kuidas integreerida tulemused jää kandevõimega.
2. Kirjeldada päästetöid simuleerivaid praktilisi katsetusi ning võrrelda katsetulemusi roomikpuksiiriga ja ilma roomikpuksiirita.
3. Hinnata teoriast, arvutustest ja praktilistest katsetustest tulenevaid võimalusi ja pakkuda välja lahendusviisid katsetusteks maastikul.

# 1. LOGISTILISED PROBLEEMID PÄÄSTETÖÖDEL TEOORIAS

Lõputöö teoreetiline osa kirjeldab kahte iseärasust, mis tekitavad Päästeameti ülesannete täitmisel logistikas probleeme. Esimeseks iseärasuseks on kliima ja loodus, mille tagajärjel võivad tekkida pääste eritehnika rakendamises takistused. Näiteks suur sademete hulk muudab maastiku mitteläbitavaks päästetehnikale. Teoreetilises osas on välja toodud mõned arvutuslikud lahendusviisid, mis aitavad selgitada masinatest tulenevat survet pinnale. Lõputöös on ka välja toodud masinad ja nende andmed. Teine iseärasus mis tekitab logistilisi probleeme on päästja energiakulu ning lõputöö teoreetiline osa kirjeldab, kuidas võiks energiakulu päästetöödel arvestada.

## 1.1. Kliima ja loodulikumad iseärasused

Termini „kliima“ all mõeldakse antud kohale iseloomulikke ilmade režiimi, mis on vaadeldav mitmete aastate jooksul. Seoses õhurõhu- ning temperatuurivälja tsonaalsusega kujuneb ka välja kliima tsonaalsus. Mitmed teadlased on üritanud maakera kliimat jaotada erinevatesse tüüpidesse. Tuntuimateks on Bergi, Köppeni ja Alissovi klassifikatsioonid. Parimaks ja üksikasjalikumaks peetakse Köppeni klassifikatsiooni. See jaotus toetub väga konkreetsetele meteoroloogilistele alustele (Jürissaar, 2011, p. 80)

Oma jaotuste aluseks võttis Köppen: (Jürissaar, 2011, p. 80)

- a) keskmise aastase õhu temperatuuri antud kohale
- b) kuu kõige soojema ja kõige külmema keskmise õhutemperatuuri
- c) sademete hulga aasta peale
- d) keskmise sademete hulga iga kuu kohta

Köppen jaotas nende andmete alusel maakera 5 vöötmesse ning tähistas vöötmed tähtedega A, B, C, D, E. Köppeni jaotuse alusel vöötmeid B, C, D, E on kaks ja üks kummalgi poolkeral. (Jürissaar, 2011, p. 80)

**A-vööde** asub ekvaatori rajoonis ning kliima on seal niiske, kuum ja talv puudub. Kõige külmema kuu õhu keskmine temperatuur on 18 °C või sellest üle. (Jürissaar, 2011, p. 80)

**B-vöötmed** on kuiva kliimaga ning kõige soojema kuu õhu keskmine temperatuur on rohkem, kui 10 °C (Jürissaar, 2011, p. 80)

**C-vöötmed** on mõõdukalt sooja kliimaga ning talvel on ebapüsiv lumikate. Kõige külmema kuu õhu keskmine temperatuur ei ole alla -3 °C, kõige soojema kuu oma ei ületa 18 °C (Jürissaar, 2011, p. 80)

**D-vöötmed** on mõõdukalt külma kliimaga ning talve iseloomustab püsiv lumikate. Kõige soojema kuu õhu keskmine temperatuur ületab 10 °C ja kõige külmema kuu oma saab olla madalam kui -3 °C. Selliseid vöötmeid nimetatakse ühtlasi ka boreaalseteks (Jürissaar, 2011, p. 80)

**E-vöötmetes** olevat kliimat Köppen ise nimetas „lumekliimaks“. Kõige soojema kuu õhu keskmine temperatuur jääb alla 10 °C ning suvi sellistes vöötmetes puudub. (Jürissaar, 2011, p. 80)

A-, B-, C-, D- vöötmete piirkonnas eraldas Köppen **kliimad mis, on kuiva talvega** (tähis w), **kliimad, mis on kuiva suvega** (tähis s) ja **kliimad, mis on ühtlaselt niisked** (tähis f). Sellise jaotuse tulemusena sai teadlane **kliima 11 põhitüüpi**. Hiljem täpsustas Köppen oma jaotust veelgi ja võttis kasutusse lisaks kolmanda tähe (a, b, c, d jne) temperatuuri ning sademete režiimi moodustamisel. (Jürissaar, 2011, p. 80)

**11 kliima põhitüüpi on Köppeni jaotuse alusel järgmised:** (Jürissaar, 2011, p. 80)

1. Af – ekvatoriaalne ehk kuivade metsade kliima
2. Aw – troopiliste savannide ehk puistrotlate kliima
3. BS – steppide ehk rohtlate kliima
4. BW – kõrbetae kliima
5. Cf – mõõdukalt soe, ühtlaselt niiske kliima
6. Cw – mõõdukalt soe, kuiva talvega kliima
7. Cs – mõõdukalt soe, kuiva suvega kliima
8. Dw – mõõdukalt külm, kuiva talvega kliima
9. Df – mõõdukalt külm, ühtlaselt niiske kliima
10. ET – tundra kliima
11. EF – igavese külma kliima
12. H – mäestiku kliima

Eesti paikneb Köppeni maakera kliimaatilise kaardi järgi mõõdukalt külmas, ühtlaselt niiskes kliimas (Df) ning see on üleminekukliima mereliselt mandrilisele. Seda iseloomustab läänest ida suunas õhuniiskuse alanemine ja sademete hulga vähenemine. Läänest itta kasvavad ka õhutemperatuuri amplituudid. Õhu keskmine temperatuur kõigub läänes 4 – 6 °C piiris ning ida pool on madalam. Kõige soojema kuu õhu keskmine temperatuur kõigub 15 – 20 °C vahemikus ning kõige külmema kuu õhu keskmine temperatuur kõigub -5 °C kuni -20 °C vahemikus. Seega suved on soojad ja talved on külmad. Sademete hulk varieerub 400 – 600 mm vahemikus. Maksimum sademete hulk esineb soojal aastaajal. Pidev lumikate tekib 4 – 6 kuuks. Selline kliima esineb Poolas, Baltimaades Valgevenes, Rootsis, Soomes, Venemaa Euroopa-osas, USA põhjapoolsetes osariikides ja Kanadas. Taimkatteks on valdavas osas segametsad. Niisuguse kliimaga territooriumitel on suur osa maast põldude all. (Jürissaar, 2011, p. 83)

Eestis kõigub aastane sademete summa üsnagi suurtes piirides, mis võib ulatuda isegi üle 1000 mm. Eestis aasta sademete hulga rekord (1158 mm) kuulub Nääri külale Raplamaal, mis registreeriti 1990. aastal. (Jürissaar, 2011, p. 52)

Eestis põuastel aastatel alaneb aastane sademete hulk 200 – 250 mm-ni. Ööpäevane maksimaalne sademete summa on samuti piirkonniti kõikuv. Sademete hulga rekord ööpäeva jooksul on 148 mm ning kuulub Saaremaa Metsakülale, mis registreeriti 4. juulil 1972. aastal. (Jürissaar, 2011, p. 52)

Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit ning Eesti Erametsaliit kuulutasid välja Eesti metsades eriolukorra, sest suur sademete hulk põhjustas metsades üleujutusi. Paljudes kohtades muutus pinnas mittekandvaks ning suurt osa metsateedest oli võimatu läbida masinatega. Sellest tulenevalt oli metsatööde tegemine raskendatud ning kohati muutunud lausa võimatuks. (ERR & Aktuaalne Kaamera, 2018)

Eestis on lumikattega päevi on talvel keskmiselt 109 ning nende arv varieerub aastast aastasse vahemikus 61 kuni 155 päeva. Aegrea standardhällbeks on 22 päeva. (Tooming, 2006, p. 31)

Eesti kogu pindalast moodustab 852097 ha ulatuses ehk 18,79% okasmetsad. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 190 ha ning suurim eraldis on 19612 ha.



Okasmetsade taimkate moodustub okaspuude rindest, samuti põõsa- ja puhmarindest. Puurinde liituvus on 30-40%

Eesti kogu pindalast moodustab 847938 ha ulatuses ehk 18,70% segametsad. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 153 ha ning suurim eraldis on 11812 ha. Segametsade taimkate moodustub puurindest kaasa arvatud põõsa- ja puhmarindest, kus esinevad võrdväärselt koos nii leht- kui okas puude liigid. (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 86)

Eesti kogu pindalast moodustab 442228 ha ulatuses ehk 9,75% heitlehelised lehtmetsad. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 133 ha ning suurim eraldis on 7812 ha. Heitleheliste lehtmetsade taimkate moodustub heitlehelistest puudest ja põõsa- ning puhmarindest. Puurinde liituvus on 30-40% (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 82)

Eesti kogu pindalast moodustab 140685 ha ulatuses ehk 3,10% üleminekulised metsaalad soodes. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 109 ha ning suurim eraldis on 1607 ha. Taimkate moodustub põõsa-, puhma- ja hõredast puurindest soodes. Üleminekulised metsaalad asuvad puis-madalsoodes, puis-siirdesoodes, rabades ja puisrabades. Puis-madalsoodes kasvavad hõredalt sanglepad, kased, pajud ning kuused. Puis-siirdesoodes kasvavad männid, kased ja kidurad kuused, põõsarindes kasvavad paakspuud, pajud, vaevakased ja sanglepad. Rabas on kohati tugev puhmarinne. Puisraba paikneb enamasti raba servaaladel ning selle koosseisu kuuluvad madalakasvulised männid. (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 94)

Eesti kogu pindalast moodustab 96464 ha ulatuses ehk 2,13% lagedad rohu-, älve- ja laukarabad. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 239 ha, ning suurim eraldis on 5895 ha. Rabade keskosades ning nõlvaeelsetel aladel, kus on pidev turbasamblakatte, levivad väikesemättalised villpeakooslused ja kompleksed peenar-älvelaukakooslused, milles peenardel kasvavad puhmakooslused. Älvestes kasvavad vesised turbasamblakooslused ja suurlaugaste kallastel kasvavad ühtlasi ka mõned kõrgekasvulised männid (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 106)

Eesti kogu pindalast moodustab 43299 ha ulatuses ehk 0,96% lagedad madal- ja siirdesood. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 134 ha ning suurim eraldis on 6224 ha. Taimkate moodustud lagedatel madal- ja siirdesoodel põhiliselt rohurindest, kus madalsoodes domineerivad enamasti metsasamblad ja lõikheinalised. Siirdesoodes lisanduvad ka rabaelemendid, mille esineb üksikuid sookaski, sangleppasid ning kõhetuid kuuski. Põõsarindes kasvavad pajud. (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 104)

Eesti kogu pindalast moodustab 32337 ha ulatuses ehk 0,71% kalda- ja rannikuroostikud. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 78 ha ning suurim eraldis on 2057 ha. Kalda ja rannikuroostikud on sisemaised roostikud mere, jõgede või järvede kallastel, milles domineerivad pilliroo ning kõrkja kooslused. (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 102)

Eesti kogu pindalast moodustab 6495 ha ulatuses ehk 0,14% kalda- rannad, lited ja liivikud. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 46 ha ning suurim eraldis on 236 ha. Rannad lited ja liiva alad asuvad rannal või sisemaal. Sisemaal asuvad need alad kärestikuliste vete voolusängides (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 96)

Eesti kogu pindalast moodustab 204229 ha ulatuses ehk 4,50% veekogud. Eelnimetatud alade keskmine eraldis on 810 ha ning suurim eraldis on 156135 ha. Veekogud on Eestis looduslikud ja tehisveekogud. (EV Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999, p. 114)

### **1.1.1 Arvutuslikud viisid masinast tuleneva surve määramiseks pinnasele.**

Tööstusharud, mis toodavad ja käitlevad maastikusõidukeid on mitme miljardi dollari ettevõtted, pidades silmas põllumajanduses kasutatavate traktorite ja pinnase kultiveerimisseadmete arvu, ehitustööstuses kasutatavate mullatöömashinade arvu, maastikul transporditeenus kasutatavate maastikuliste veokite arvu ning lahingumoon ja logistiliste sõidukite arvu sõjalises kasutuses, saab mõista terramehaanika rakenduse ulatust. Terramehaanika koos süsteemanalüüsi lähenemisega võib mängida olulist rolli konkreetse missiooni ja keskkonnaga

maastikul töötavate seadmete väljatöötamisel ja hindamisel. Süsteemianalüüs on meetoodika, mis annab otsustajatele selgelt määratletud probleemide ja alternatiivide kvantitatiivse ja süstemaatilise hindamise. Terramehaanika teadmisi saab otseselt või kaudselt rakendada järgmiste arengute, hindamiseks või valikute tegemiseks: (WONG, 2009, pp. 23-24)

- a) sõiduki kontseptsioonid ja koosseisud, mis on määratletud vormi, suuruse, kaalu ja võimsuse poolest;
- b) sõiduki veeremiüksus (või maastikukujutusega seotud elemendid);
- c) sõiduki juhtimissüsteem;
- d) sõiduki vedrustussüsteem;
- e) sõiduki jõuülekanne ja jaotussüsteem;
- f) sõiduki jõudlus, juhitavus ja sõidukvaliteet.

Roomikud loodi 18. sajandil ning seda kutsuti "kaasaskantavaks raudteeks", alates eelmisest sajandist (20. sajand) hakati roomiksõidukeid laialdasemalt kasutama. Siiski on pikka aega roomiksõidukite väljatöötamiseks ja projekteerimiseks üldiselt juhitud varasemate kogemuste ja katsetuste alusel. Kuna tehnoloogia kiire arenguga kaasnevad majanduslikes ja sotsiaalsetes tingimustes muutused, siis maastikusõidukite arendamine tulemuslike katsetuste läbi on muutunud äärmiselt ebaefektiivseks ja liiga kalliks. Lisaks on tekkinud uued nõudlused suurema mobiilsuse järele kõikidel aastaegadel ja maastikutüüpidel ning ühtlasi on nõudlus kasvanud energia säästmises ja keskkonna säilitamises. Selle tulemusena on tekkinud vajadus luua mootorsõidukitele ja maastikuvormidele süsteemsed matemaatilised mudelid, mis võimaldavad arendus- ja projekteerimisinseneril ning masina kasutajal hinnata rohkemaid võimalusi, et valida optimaalseim sõidukonfiguratsioon konkreetseks missiooniks ja keskkonnaks. Et matemaatiline mudel oleks arendus- ja disainiinseneri jaoks kasulik, siis peab jälgitavate roomiksõidukite jõudluste matemaatiline mudel võtma arvesse roomiksõidukite konstruktsioone ja parameetreid arvestades pinnaste karakteristikaid. (WONG, 2009, p. 175)

Mulla füüsikalise-mehaanilised omadused sõltuvad peamiselt sellest, milline on mulla vee- ning orgaanilise aine sisaldus. Lisaks sõltuvad mulla füüsikalise-mehaanilised omadused mulla struktuursusest, lõimisest, neeldunud katioonide koostisest ja mulla mineraloogilisest koostisest. Mulla füüsikalise-mehaanilistest omadustest oleneb

masintehnoloogia rakendamine. Mulla füüsikalise-mehaaniliste omaduste hulka kuuluvad mulla sidusus, plastilisus, kõvadus, kleepuvus ning vastupanu deformatsioonile, penetratsioonile ja purunemisele. Seadmeid ja masinaid kasutades tuleb kindlasti arvestada, kuidas need mõjutavad mulda ning kas need on vastavuses mulla füüsikalise-mehaaniliste ja tehnoloogiliste omadustega. Mulla tihenemine ei sõltu ainult traktori massist, vaid ka rehvide laiusest ning sellest, kuidas surve jaotub pinnaühiku kohta. Mulla omadustest on vaja kindlasti arvestada mulla küpsuse ja eriveotakistusega, et optimeerida masina koormust ja kütusekulu. (Astover, 2017, p. 158)

Pinnase kandevõimet saab hinnata erinevate katsemeetodite ja abil. Parameetrid sõltuvad ka laadimistingimustest. Metsamajanduses, pinnase kandevõimet peetakse tavaliselt maksimaalseks lubatud ratta kokkupuute survet maapinnaga (Saarilahti, 2002)

Kokkupuute surve faktorit terramehaanika reeglite järgi saadakse, kui masina kogu massist tekitatud jõud jagatakse rataste või roomikute alaga, mis on kokkupuutes maapinna alaga. (WONG, 2009, p. 117)

Kokkupuute surve faktorit saab arvutada järgmise valemiga:

$$p = F/A$$

kus  $p$  (lbf/in<sup>2</sup>) on kokkupuute surve faktor,  $F$  (lbf) on jõud ja  $A$  (in) on ala.

### **1.1.2. Jää tüübid ja selle üldine kandevõime määramine vastavalt masinast tulenevale raskusjõu survele.**

Eestis veekogud hakkavad jäätuma novembris, hilissügisel. Külmemate talvede korral püsib jää märtsini ehk varakevadini. Statistika järgi toimuvad õnnetused jäätunud veekogudel enamasti just sügisel ja kevadel, kuna siis on jää nõrk. Veekogud hakkavad jäätuma siis, kui õhutemperatuur langeb alla 0 °C ning pärast esimesi külmasid moodustunud jää on õhuke ja nõrk ega kannu inimest. Jää moodustumisel mängivad rolli paljud erinevad tegurid, nagu näiteks veekogu sügavus, veepinna laius, vee voolu kiirus ning vee soolasus. Voolava vee mõjul moodustub jääkate hiljem, kui seisva vee

korral ning soolane vesi jääub hiljem kui magevesi ja ei kannu raskusi sama paksuse juures nii, nagu magevesi. (Vainjärv, 2013, p. 86)

### **Jää tüübid ja formatsioonid**

**Lörtsjää** on vee esimene külmumisfaas ning jää võib tunduda selge, ent lähemalt vaadates jää struktuur on ebakorrapärane. Need on esimesed jääkristallid, mis on formeerinud vee peale õhukese jääkatte. Selline jää võib murduda väga kergesti. Lörtsjää on esimene aste selge jää moodustumiseks. (Vainjärv, 2013, p. 87)

**Selge jää** on tugevaim jää, mis võib tekkida. Selge jää saab olla läbipaistev ning mitukümmend sentimeetrit paks. Purunemine selge jää korral on prognoositav, sest ennem purunemist jää praksub. Kui selge jää on paksem, kui viis sentimeetrit ning inimesed soovivad seal kõndida, siis peaksid nad teineteisest eemale hoidma, et oma raskust jääl rohkem hajutada. Oluline on meeles pidada, et kui veetase on allpool jääd, siis võib see kergemini puruneda, kui jää, mis toetub vee peale. (Vainjärv, 2013, p. 87)

**Vana jää** tekib aeglase sulamise tulemusel kevadel ning on väga nõrk. Vana jää näeb välja piimjas või läbipaistmatu. Vanast jääst on võimalik ilma hoiatuseta läbi vajuda ning jääle tagasi saamine võib olla väga raske. Seepärast juhtub õnnetusi just selle jäätüübiga kõige enam. On võimalik, et vana jää võib puruneda suuremateks tükkideks ning takistada päästjate edasiliikumist. (Vainjärv, 2013, p. 87)

**Jõgede jää** on äärmiselt ohtlik. Eriti siis, kui seal on tugevad hoovused, mis uuristavad jääd alt, nii et päästjad ei näe, mis paksusega jää on. Lume ja vihmaga jõe tase tõuseb ning langeb. Kui jõe veetase tõuseb, siis tekib altpoolt jääle rõhk, mis liigub ülespoole. Kui vesi taandub, siis võib jätta see jõevee ja jää vahele õhuruumi, mis on päästjatele äärmiselt ohtlik. Kui keegi peaks kukkuma läbi jää, võib jõevool viia ta allavoolu jää alla. Jõe jää tekib alguses jõe servades sellepärast, et vesi ei liigu seal nii kiiresti, kui jõe keskel ning seega on jää paksem jõe servades, ent õhem jõe keskel. (Vainjärv, 2013, p. 88)

**Triivjää** on suur tükk jääd, mis kaldaga otseselt pole seotud ning jäätükid võivad mõnikord isegi poole hektari suurused olla. Triivjääd leidub näiteks järvedel. Triivjää muutub tihtipeale kaluritele lõksuks ehk, kui kalurid hakkavad pärast kalastamist kalda poole tagasi minema, siis avastavad nad lahtise vee sealt, kus enne kõndisid või sõitsid.

Olgugi, et see situatsioon ei nõua kiiret reageerimist, tuleks nad ikkagi triivjäält ohutult hõljukiga või helikopteri evakueerida. (Vainjärv, 2013, pp. 88-89)

### **Jää kandevõime määramise meetodid**

Minevikus on katsetatud mitmeid meetodeid, kuidas kindlaks teha veepealse jää kandevõimet vertikaalselt mõjuvatele raskustele. Pärast teist maailmasõda on katsetusi ja analüüsi andmeid avalikustatud mitmetel dokumentidel, ent sellest hoolimata trükised ei anna usaldusväärseid analüüsimeetodeid ennustamiseks veepealse jää kandevõimet staatiliste ja dünaamiliste koormuste suhtes. Üks peamisi põhjuseid, miks on raske leida usaldusväärseid meetodeid kandevõime arvutamiseks on see, et jää alumist kihti peetakse temperatuuri suhtes jäätumis temperatuuriks (0 °C) ning sellest tulenevalt jää mehhaanilised omadused varieeruvad drastiliselt, kui toimuvad väikesed muutused temperatuuris. Teised põhjused, miks on raske jää kandevõimet ennustada on vee liikumise kiirus jääplaadi all külmumisprotsessi jooksul ning vee soolasus, mis mõjutab jää teket. (Kerr, 1976)

1950. aastatel, Ottawa riikliku uurimisinstituudi teadlane Lorne W. Gold otsis viisi, et aidata jääteede kasutajail hinnata, kui palju kaalu suudab jää teatud paksusel kanda nii, et oleks tagatud ka ohutus. Analüütilised meetodid olid juba olemas, kuid enamikele jääteede kasutajaile polnud need praktilised. Gold kogus infot tselluloosi- ja paberitööstusest (nende tööstusharude andmeid analüüsis), arvestas jää paksust ja kaalu ning sõidukite ja hobuste kaalu, mille tõttu jää oli purunenud. Tulenevalt sellest informatsioonist ta kasutas valemit: (Barrette, 2015)

$$p = A * h^2$$

kus  $p$  (kgf/cm<sup>2</sup>) on lubatud laadungi kaal,  $h$  (cm) on jää paksus, ja  $A$  on empiiriline parameeter

$A$  väärtuseks on määratud Korunov **0,01** Mg cm<sup>-2</sup>. (Kerr, 1976)

See valem põhineb empiirilistel tõenditel ning tugineb tõeliste sündmuste vaatlustele, mitte ainult teoreetilistele kontseptsioonidele. Goldi valem on kõige paremini sobiv valem kirjeldamiseks kahe parameetri suhet, nimelt jää paksust ja jääl asetsevaid koormusi. Keeruliste laadungite stsenaariumite jaoks saab seda kasutada kandevõime

ligikaudseks ühtlustamiseks esmase sammuna, enne kui hakatakse tegelema täpsemate ja kohaspetsiifiliste analüüsidega. (Barrette, 2015)

### **1.1.3. Ülevaade masinatest**

#### **ATV „Artic Cat 500“**

Päästeamet kasutab ATV-d „Articat 500“, millel on automaatne käigukast, mis saab sõita nii nelja kui ka kahe ratta veoga ning pidurid ees ja taga on hüdraulilised. Masina mõõtmed on 215,4 cm pikkust, 120,7 cm laius ja 121,9 cm kõrgust. Masina tühimag on 299,4 kg ning pukseerimis jõud on 476,3 kg. Mootor masinal on 443 kuubikut ning Articat 500 kütusepaak mahutab 21,6 liitrit kütust. Masina põhja kõrgus maapinnast on 27,9 cm. Articat 500 rehvi laius on 25,4 cm. Articatil on olemas ka vints. Articat 500 maksumus on ligikaudu 5017,41 eurot. (Articat, 2018)

Rehvi kokkupuute pikkus kõva ja sileda maapinnaga mõõtmise tulemus on 5-6 cm

#### **Roomikpuksiir MRV 15HP**

Praktiliste katsetuste läbiviimiseks kasutasin roomikpuksiiri MRV 15HP, mille 420 kuubikuline mootor on neljataktiline ning võimsusega 15 hobujõudu ja süütesüsteem on elektrooniline. Roomikpuksiiril on olemas tagurpidi –, edaspidi – ja neutraalkäik. Suurim kiirus on ligikaudu 55 km/h ning kütusekulu on keskmiselt 3 l/tunnis. Pikkuseks on roomikpuksiiril 1450 mm, laiuks on 570 mm ja kõrguseks on 760 mm. Roomikpuksiir MRV 15HP kaal varieerub olenevalt lisavarustusest 120 ja 125 kg vahel. Pealveetava veose mass võib olla kuni 50 kg ja järelveetava veose mass võib ulatuda kuni 500 kg. Bensiinipaagi maht on 6 liitrit. Roomikpuksiir MRV 15HP maksumus varieerub 1600 euro ja 1800 euro vahel. Masina maksumus sõltub mootori margist ja lisavarustusest, milleks on näiteks elektriline käiviti, aku ja lamp. (MOTODOG, OÜ(a), 2018)

#### **Argo Avenger Responder 8X8**

Argo Avenger Responder 8X8 maastikusõidukil on peal 747 kuubikuline mootor, mille jõudlus on 20 hobujõudu. Argo Avenger Responder 8X8 mootoril on vesijahutus. Argo Avenger Responder 8X8 käivitub elektrilise käivitiga ning pidurid on hüdraulilised. Argo suudab järgi pukseerida 816 kg ning kanda 454 kg raskust

maismaal ja 410 kg raskust vees. Argo kütusepaak mahutan 27 liitrit kütust ning seda jätkub 8 tunniseks tööks. Argo peal saab istuda maismaal sõites 6 inimest ning vees sõites 4 inimest. Kiiruseks maismaal on Argol 39,5 km/h ning kiiruseks vees on Argol 5 km/h. Argo pikkuseks on 315 meetrit, laiuks on 152,4 meetrit ning Argo maksimaalne kõrgus on 132,1 cm. (argovatv, 2018)

Masina maksumus on 20737,79 eurot (argoadventure, 2018).

## **1.2. Päästetöötaja energiakulu arvestamise põhimõtted**

Energiakulu arvestusel on arvestatud meesterahva vajadustega, kelle pikkuseks on 185 cm ning kelle kehakaal on 85 kg. Normaalne energiavajadus ööpäeva jooksul eelnimetatud pikkuse ja kaaluga päästjal on kuni 2500 kcal ja energia taastamine arvestatakse 16 h jooksul. Päästetöödest tulenevat energiakulu saab võrrelda tugevate treeningutega jõusaalis. Päevane energiakulu tulenevalt tugevatest treeningutest soojal perioodil on arvestuslikult vähemalt 3500 kcal, mis tagab kulutatud energiakulu taastuse ja kehakaalu säilivuse. Isiku energiavajadus, kes osaleb päästetööl, sõltub päästetöö raskusastmest ja töö ülesannetest. Päästetööd jaotatakse nelja raskusastmesse. (Päästetöö osakond, 2018)

**Kerge raskusastmega füüsiline töö** kulutab päästjal alla 200 kcal ning kergeks füüsiliseks tööks saab lugeda hingamisaparaadi hooldust, kõndimist kõval tasapinnal kiirusega kuni 4,0 km/tunnis kandes alla 15 kg kaaluvat raskust. Ühtlasi saab kergeks füüsiliseks tööks lugeda vahendite kokkupanekut ja ettevalmistust päästetööks. (Päästetöö osakond, 2018)

**Keskmise raskusastmega füüsiline töö** kulutab päästjal üle 200 kcal. Keskmise raskusastmega füüsiliseks tööks saab lugeda maastikul kõndimist kiirusega kuni 4,0 km/tunnis ilma raskuseta ning ühtlasi on keskmise raskusastmega füüsiline töö kõndimine kõval tasapinnal kiirusega kuni 5,6 km/tunnis kandes alla 18 kg kaaluvat raskust. Lisaks saab keskmise raskusastmega füüsiliseks tööks lugeda eeltegevusi päästetöödeks ning tehniliste päästetööde läbiviimist. (Päästetöö osakond, 2018)



**Raske raskusastmega füüsiline töö** kulutab päästjal üle 300 kcal. Raske raskusastmega füüsiliseks tööks saab lugeda kõndimist kõval tasapinnal kiirusega 5,6 km/tunnis koos üle 18 kg kaaluva raskusega ning ühtlasi maastikul kõndimist kiirusega 4,0 km/tunnis, kui päästja kannab raskusi. Ühtlasi on raske raskusastmega füüsiline töö siis, kui päästja peab töötama kõrge temperatuuriga keskkonnas, näiteks tulekahjuga hoones suitsusukeldust teostades. Raske raskusastmega füüsiline töö üleüldiselt on aktiivne töösooritus vastavalt päästetöö- või demineerimistöo isearasustele. (Päästetöö osakond, 2018)

**Väga raske raskusastmega füüsiline töö** kulutab päästjal üle 600 kcal. Väga raske raskusastmega füüsilises töös on raskele tööle iseloomulikud näitajad millele lisandub ohtlik keskkond, näiteks kõrgenenud temperatuur, hingamiskõlbmatu või muu ohtlik keskkond, mis nõuab päästjalt väga täpset ja professionaalset käitumist. (Päästetöö osakond, 2018)

Päästetöötaja kellel on kehakaal suurem kui 85 kg ja pikkus suurem kui 185 cm, tuleb lisada energiakulu taastuseks iga 10 kg kehakaalu ja iga 10 cm pikkuse kohta 120 kcal/h. Samasuguse arvestuse põhimõttel, arvestatakse ka Kaitseväes ajateenistujate energiakulu. (Päästetöö osakond, 2018)

## 2. PRAKTILISED JA ARVUTUSLIKUD KATSETUSED NING LAHENDUSED ROOMIKPUKSIIRIGA

### 2.1. Metoodika ja valim

Käesolev lõputöö käsitleb kvantitatiivset andmete kogumise meetodit, mis võimaldab võrrelda roomikpuksiirist ja muudest objektidest tulenevat survet pinnale ja väljendada neid erinevusi andmeanalüüsi tulemusena arvudes. Ühtlasi on kogutud andmeid järve jääs tehtud katsetuste põhjal, mis on väljendatud järeldustes arvudena. Lõputöö on koostatud eksperiment uuringu põhjal, milles vajalik infot kogutakse ettevalmistatud stsenaariumi alusel. Lõputöös käsitletava roomikpuksiiri katsetuste tulemused on kirja pandud ning eesmärk käesolevas lõputöös on koguda teavet uuritavate objektide ehk roomikpuksiiride kohta uurija valitud ja loodud erinevates situatsioonides. (Järvet, 2017)

Käesoleva lõputöö valim kvalifitseerub mugavusvalimiks, kuna kaasati pereliikmeid ja tuttavaid (Õunapuu, 2014, p. 142). Roomikpuksiir oli olemas lõputöö autori sugulasel, kes oskas jagada kogemusi roomikpuksiiride kasutusviisidest ning ühtlasi oli roomikpuksiir olemas lõputöö autori juhendaja tuttaval, kes võimaldas oma roomikpuksiiri kasutamist praktilisteks katsetusteks. Roomikpuksiiri katsetustes osalejad olid Võru päästekomando päästjad, kellega lõputöö autor omab tutvusi.

### 2.2. Arvutislikud lahendused objektidest

Lõputöös on arvatud erinevate objektide kokkupuute surve faktorid ( $\text{lbf/in}^2$ ) tulenevalt massidest ( $\text{lb}$ ) ja kokkupuutealadest ( $\text{in}^2$ ), milleks on:

1. **ATV „Artic Cat 500“** mass on 299,4 kg või 660 lb ning rataste kokkupuute ala pikkus pinnaga on 24 cm või 9,4488 in, laius 25,4 cm või 10 in. Kokkupuute ala pindala on 609,6  $\text{cm}^2$  või 94,488  $\text{in}^2$ . (Articcat, 2018)
2. **ATV „Artic Cat 500“ ning päästja** mass on 384,4 kg või 847,45 lb ning rataste kokkupuute ala pikkus pinnaga on 24 cm või 9,4488 in, laius 25,4 cm või 10 in. Kokkupuute ala pindala on 609,6  $\text{cm}^2$  või 94,488  $\text{in}^2$ . (Articcat, 2018)

3. **Kalamehekelgu ja päästja** mass on 89,5 kg või 197,3137 lb ning kelgu kokkupuute ala pikkus pinnaga on 70 cm või 27,5591 in, laius 41 cm või 16,1417 in. Kokkupuute ala pindala on 2870cm<sup>2</sup> või 444,8507 in<sup>2</sup>
4. **Keskmise päästja** mass, kellel jalad koos on 85 kg või 187,393 lb ning päästja kahe jala talla kokkupuute ala pikkus pinnaga on 30,6 cm või 12,047 in, laius 24 cm või 9,44882 in Kokkupuute ala pindala on 734.3 cm<sup>2</sup> või 113,8299 in<sup>2</sup>
5. **Roomikpuksiiri „MRV 15 HP“** mass on 125 kg või 275,5 lb ning roomikute kokkupuute ala pikkus pinnaga on 90 cm või 35,4331 in, laius 52 cm või 20,4724 in. Kokkupuute ala pindala on 4680 cm<sup>2</sup> või 725,4005964 in<sup>2</sup> (MOTODOG,OÜ(a), 2018)
6. **Argo Avenger Responder 8x8** mass on 646 kg või 1470 lb ning rataste kokkupuute ala pikkus pinnaga on 48 cm või 18,8976 in, laius 30,48 cm või 12 in. Kokkupuute ala pindala on 1463,04 cm<sup>2</sup> või 226,7712 in<sup>2</sup>. (argoatv, 2018)
7. **Argo Avenger Responder 8x8** mass koos päästjaga on 751.78 kg või 1657,393 lb ning rataste kokkupuute ala pikkus pinnaga on 48 cm või 18,8976 in, laius 30,48 cm või 12 in. Kokkupuute ala pindala on 1463,04 cm<sup>2</sup> või 226,7712 in<sup>2</sup>

Kokkupuute surved on arvutatud eelnimetatud objektidel valemiga:

$$p=F/A$$

kus  $p$  (lbf/in<sup>2</sup>) on kokkupuute surve faktor,  $F$  (lbf) on jõud ja  $A$  (in) on ala.

Kokkupuute survete tulemused on kantud tabelisse ning lisaks avaldatud ka ühikutes kg/cm<sup>2</sup>. (vt lisa 1)

Erinevate jääkihtide kandevõimed vastavuses objektide survetele on arvutatud valemiga:

$$p = A \cdot h^2$$

kus  $p$  (kgf/cm<sup>2</sup>) on lubatud laadung,  $h$  (cm) on jää paksus, ja  $A$  (0,01 Mg cm<sup>-2</sup>) on empiiriline parameeter.

Arvutuste tulemustes tuleb arvesse võtta, et arvutused on tehtud ideaaltingimustel ehk kokkupuute pinnad ning jää pinnad on siledad ning objekt on asetatud jääle nii, et surve ei ületaks objektist tulenevat survet pinnale. Ühtlasi ei ole arvutustes arvestatud veevooluga ja vee soolasusega jää all.

Erinevate jääkihtide kandevõimed vastavuses objektide survetele on avaldatud tabelis. (vt lisa 1)

### **Arvutustulemuste järeldused**

Lisa 1-s on tabel, kust saab vaadata, et kõige rohkem survet jääle avaldab ATV „Artic Cat 500“ koos päästjaga, mida kannab minimaalselt 8 cm paksune jääkiht, teine kõige rohkem survet avaldav objekt on ATV „Artic Cat 500“ ilma päästjata, mida kannab minimaalselt 7,2 cm paksune jääkiht. Jää minimaalse paksuse vahe eelnimetatud kahe objektide suhtes on 8 mm, millest saab järeldada, et päästja istumine ATV „Artic Cat 500“ peal ei mõjuta oluliselt jää kandvust erinevalt sellest kui päästja ei oleks ATV „Artic Cat 500“ peal. Argo Avenger Responder 8x8 masinast tulenevat survet kannab minimaalselt 7mm paksune jääkiht. Tähelepanuväärne on see, et Argo Avenger Responder 8x8 ning ATV „Artic Cat 500 minimaalse kandva jääpaksuse vahe on kõigest 2mm ehk Argo Avenger Responder 8x8 võib kõigest 2 mm paksemal olla, kui ATV „Artic Cat 500“. Argo Avenger Responder 8x8 koos päästjaga avaldab surve, mida suudab kanda 7,4 cm paksune jääkiht, kuid „Artic Cat 500“ ning selle peal istuva päästja tekitatud survet suudab hoida 8 cm jääkiht. „Artic Cat 500“. ning päästja kandmiseks on vaja 6 mm paksemat jääd kui seda Argo Avenger Responder 8x8 vajab. Kõige vähem survet jääle avaldab roomikpuksiir „MRV 15HP“, mis arvutuste kohaselt püsib isegi 1,8 cm paksuse jää peal. Päästja kalamehe kelgul saab arvutustele tuginedes seista 2,8 cm paksuse jää peal, mis tähendab seda, et kui peaks tekkima vajadus kelguga sama õhukesel jää peal seista, kui roomikpuksiir seisab, siis tuleks valida kelk, mille kokkupuute pind jääga oleks suurem või võrdne roomikpuksiiri „MRV 15 HP“ kokkupuute pinna jääga, Kui vajadus oleks valida eritehnika päästetöödeks jää peal, siis kindlasti tasub valida roomikpuksiir „MRV 15HP“, kuna antud masin koos kelguga ja päästjaga saab olla 5,2 cm õhukesemal jääll kui päästja ATV „Artic Cat 500“ peal ning 5 cm õhukesemal jääll kui Argo Avenger Responder 8x8.

### **2.3. Praktilised katsed roomikpuksiiriga**

Katsed toimusid 05.04.2018 kell 10 kuni kell 12 Eestis, Võru maakonnas, Vagula järve jääl ja selle lähistel koostöös Võru päästekomandoga. Õhu temperatuur oli Riigi ilmateenistuse andemetel 10,9 °C ja 11,5 °C vahemikus. Ilm oli pilves selginemistega ja sademeteta. Katsed toimusid kõik 200 meetri distantstil, mis mõõdeti 50 meetrise mõõdulindiga ning markeeriti pihustatud sinise värviga. Katsetestes kasutati roomikpuksiiri MRV 15HP (edaspidi roomikpuksiir), mida päästjad ei olnud kunagi varem proovinud. Kõiki katseid tehti ainult üks kord ning jäädvustati kaamerateaga: Sony Handycam HDR-SR5, GoPro HERO3 ja GoPro HERO4. GoPro HERO3 kinnitati esimese päästja rinnale rihmadega, ja GoPro HERO4 kinnitati teise päästja otsaesisele rihmaga.

Kuna enamik katseid toimusid jääl ning alates 2018. aasta 4. aprillist oli Päästeameti poolt keelatud siseveekogude jääl viibimine, siis kannatanuks määras lõputöö autor 41 kg kaaluva harjutusnuku ning ühtlasi kõigi katsetuste puhul, mis toimusid jääl, olid päästjad kohustatud kandma kuivülikonda ja päästevesti. Katsetes, mis toimus maismaal, sai lõputöö autor päästja energiakulu mõõta spordikellaga „Garmin Forerunner 235“. Paraku jääpealsete katsetuste puhul ei saanud spordikella päästja randmele paigaldada, kuna kell oleks lõhkunud kuivülikonna randme manseti.

#### **Kannatanu transport**

Ennem kannatanu transportimist roomikpuksiiriga lasin kahel päästjal tassida kõval tasapinnal 200 m tulekustutusriietuses 41 kg rihmadega kinnitatud nukku kühvelraamil, et saada hea ülevaade, kui palju energiat kulutab päästja kannatanut tassides 200 m peale. Mõlemale päästjale lasus umbes 20 kg. Energiakulu mõõtmiseks kasutas lõputöö autor spordikella „Garmin Forerunner 235“, mille kinnitas ühe päästja randmele ning sisestas kella päästja andmed. Päästjaks oli meesterahvas, kes oli sündinud 1990. aastal ja tema pikkuseks oli 181 cm ning kaaluks oli 60 kg. Päästjad tassisid 41 kg harjutusnukku 200 m 2 minutit ja 20 sekundit. Eelmainitud ajaga liikus päästja 5.1 km/h ning tema keskmine südamelöökide sagedus oli 119 lööki minutis ja

kõige kõrgem südamelöökide sagedus oli 128 lööki minutis. Harjutuse jooksul kulutas päästja 18 kcal, mis tunni jooksul teeks 463 kcal/tunnis. Sellise energiakuluga tööd saab lugeda raske raskusastmega füüsiliseks tööks. (vt lisa 2)

Teadvuseta kannatanu transport toimus järve jääl roomikpuksiiriga, mille taha kinnitas järjestikku 2 kelku. Viimase kelgu ehitas lõputöö autor kalamehekelgust, kinnitades sellele keermelattidest kombineeritud jäiga ühenduslüli, et äkiliste pidurduste korral ei sõidaks viimane kelk esimesele kelgule vastu. Et kelgule kinnitada kannatanu kühvelraamil, siis ehitas käesoleva töö autor puidust taladest kelgu sisse raami, millele on võimalik kinnitada rihmadega kühvelraam. 41 kg kaaluva harjutusnuku kinnitasid päästjad rihmadega kühvelraami külge, mis oli omakorda kinnitatud kelgu külge. Päästja pidi kalda lähedal asuva algpunkti märgistusest sõitma 100 meetri kaugusel asuva märgistuseni roomikpuksiiriga ise seistes esimesel kelgul ning transportima harjutusnukku, kes oli kinnitatud viimase kelgu kühvelraamile. 100 meetri märgistuseni jõudes pidi päästja roomikpuksiiril ja kelkudel otsa ümber keerama ja sõitma tagasi kalda lähedal asuva algpunkti märgistuseni. Harjutus võttis aega, 1 minut ja 27 sekundit, mis oli 53 sekundit kiirem kui transportida kannatanut kahekesi kühvelraamil ilma roomikpuksiirita. (vt lisa 3.)

## **Järeldused**

Teadvuseta kannatanu transport roomikpuksiiriga 200 meetri peal järve jääl oli 53 sekundit kiirem, kui päästjatel kannatanu transport ilma roomikpuksiirita. Põhiline probleem, mis teadvuseta kannatanu transpordi katsel roomikpuksiiriga tekkis, oli kannatanu kelgu vibamine. Kuna järve pealne jää oli libe ning kelgul ei olnud ühtegi kiilu, mis jääga haakuks, kui tehti manööver kalda poole tagasi liikumiseks. Teine probleem, mis videotest ilmnes oli see, et kannatanu kelgul puudus pörutusi leevendav vedrustus. Jää pealsed madalad jääkünkad raputasid kannatanut kelgul. Traumahaiget kannatanut sellise lahendusviisiga ei tohi vedada. Kannatanu transport roomikpuksiiril oli päästjal esimene kord, kui ta roomikpuksiiri proovis ning roomikpuksiiriga sõitmine jääl oli harjumatu. Keeruliseks tegi veel asja see, et püsti sõites kiirused tundusid suuremad.

## **Kannatanu pääste jäält**

Ennem jää pealt päästmise katset roomikpuksiiriga järve jääl lasi lõputöö autor kahel päästjal teostada jää pealt päästmist ilma roomikpuksiirita. Kannatanu asukoht oli 100 meetri kaugusel alguspunktist. Kahel päästjal olid seljas kuivülikonnad ja päästevestid ning päästevahenditeks oli neil päästelaud ja turvanöör poolil. Meeskonnavanem ja autojuht täitsid abistajate rolli ehk, kui pinnaltpäästjad said kannatanu päästelauale, siis päästjate märguande peale pidid abistajad tirima turvanööri, mis oli kinnitatud päästelaual külge. Päästjad võisid katset niimoodi sooritada, et kannatanuni liikudes, ei pidanud kumbki päästelaual olema vaid võisid mõlemad joostes päästelauda tõugata, kuna jää kandis neid hästi. Kannatanut jää pealt päästmist alustasid päästjad kalda lähedal märgistatud alguspunktist ning liikusid joostes, lükates päästelauda 100 meetri kaugusele kannatanuni 55 sekundiga ning tõstsid kannatanu päästelauale. Selleks ajaks, kui nad olid suutnud kannatanu päästelauale tõsta ning anda käemärguande, et abistajad hakkaksid päästelauda kalda poole tagasi tõmbama oli kulunud 1 minut ja 13 sekundit. Tõmbamise ajal oli üks jää pealt päästja laual kannatanuga ning teine jää pealt päästja lükkas päästelauda sangast. Kalda lähedal asuva algpunktini tagasi jõudmiseks kulus 45 sekundit. Harjutus kokku kestis 1 minut ja 58 sekundit ning kogu harjutuses läbitud distants oli 200 meetrit

Kannatanu pääste järve jää pealt toimus järve jääl roomikpuksiiriga, mille taha kinnitati päästelaud. Päästelaud kinnitati roomikpuksiiri külge nööri ja karabiiniga ehk roomikpuksiiri ja päästelaual vahel oli painduv ühenduslüli. Päästjad pidid alguspunktist ära tooma kannatanu 100 meetri kauguselt, tehes seda nii, et 10 meetrit ennem kannatanut ühendavad nad päästelaual roomikpuksiiri küljest lahti ja liiguvad kannatanuni päästelauda lükates. Kui päästjad on asetanud kannatanu päästelauale, siis teine päästja jääb kannatanut päästelaual peale hoidma ning esimene päästja tõmbab päästelaual roomikpuksiirini ning ühendab selle masinaga. Kui kannatanu on päästelaual teise päästja haardes, esimene päästja on valmis masinat juhtima ja roomikpuksiir on päästelaual ühendatud, siis sõidetakse tagasi alguspunkti ning aeg fikseeritakse. Alguspunktis oli esimene päästja päästelaual põlvili, hoides roomikpuksiiri käepidemest kinni ja teine päästja istus seljaga sõidusuunas päästelaual. Märguande peale alustasid nad liikumist kannatanuni. Kohale jõudsid nad roomikpuksiiriga 10 meetrit ennem kannatanut 42 sekundiga. 47 sekundit võttis aega

see, kui päästjad ühendasid 10 meetrit enim kannatanut päästelaua roomikpuksiiri küljest lahti ning liikusid lauaga kannatanuni, teine päästja istus lauale ja võttis kannatanu haardesse ning esimene päästja tiris päästelaua roomikpuksiirini, ühendas päästelaua roomikpuksiiriga ja alustas sõitu alguspunktini tagasi, mis asus kalda läheduses. Alguspunktini tagasijõudmine võttis aega 95 sekundit. Kogu katsetus võttis aega 2 minutit ja 44 sekundit.

## **Järeldused**

Roomikpuksiiri ja päästelaua katsetustes tuli esimese probleemina välja painduv ühenduslüli, milleks oli nõör koos karabiinidega. Kui roomikpuksiiri hoog rauges ning kelgul jäi veel endiselt inerts sisse, siis oli ka olukordi, kus roomikpuksiiri käepide hakkas päästjaid kelgupeal lükkama. Kiirendada tuli aeglaselt. Päästja sõnul oli selline lahendusviis nõoriga ehk ilma jäiga ühenduslülitita hulka ebamugavam, kui tavaline kannatanu pääste jäält.

## **Varustuse transport roomikpuksiiril**

Varustuse transpordi katsetus toimus järve jääl roomikpuksiiriga, mille taha kinnitasin järjestikku 2 kelku. Viimase kelgu ehitas lõputöö autor kalamehekelgust, kinnitades sellele keermelattidest kombineeritud jäiga ühenduslüli, et äkiliste pidurduste korral ei sõidaks viimane kelk esimesele kelgule vastu. Viimasele kelgule paigaldasin „Holmatro“ hüdraulilised tööriistad, milleks olid: hüdrauliline pump; lõikur; laiendi ja 2 hüdrauliliste tööriistade ühendusvoolikut. Tööriistad kinnitas käesoleva töö autor kelgu külge koormarihmadega. Katset alustasid 2 päästjat roomikpuksiiri esimeses kelgus paiknevusega, et esimene päästja seisis püsti ja juhtis masinat ning teine päästja istus seljaga sõidu suunas samas kelgus, kus oli ka esimene päästja. Katset alustati järve jääl kalda lähedal märgistatud alguspunktist ning sõideti 100 meetri märgistuseni, mis võttis aega 35 sekundit. 100 meetri märgistuse juures ümberpööramine võttis aega 13 sekundit ning tagasijõudmine alguspunkti märgistuseni võttis aega 39 sekundit. Katsetus kestis kokku 1 minut ja 27 sekundit.



## **Järeldused**

Kokku kestis katse 1 minut ja 27 sekundit, mis võttis täpselt sama palju aega nagu kannatanu transport roomikpuksiiriga. Hüdraulilised tööriistad sobisid kelku ilusti ning lisaks said need kinnitatud rihmadega. Kurvi minnes, hakkas kelk natukene vibama. Eemalt vaadates ei tundunud ühtegi nüanssi, mis võiks varustust kuidagi kahjustada või muud moodi mõjutada. Kuna enne varustuse transpordi katset said päästjad eelmiste katsetuste puhul veidikene harjutada, siis selle katse puhul tundsid päästjad ka ennast mugavamalt. Varustuse transpordi katse jooksul oli eemalt näha, et kui tähtis on paigaldada jäik ühenduslüli kelkude ja roomikpuksiiri vahele, mis pidurdusmomendil vähendab võimalust kelgu peal veetava varustuse kahjustumiseks ning ühtlasi on jäik ühenduslüli tähtis, et päästjatel oleks ohutu.

## **Ohuteavituse teostamine järve jääl kalamehele**

Alates 04.04.2018 oli Päästeameti poolt keelatud siseveekogude jääl viibimine. Päästeamet võib vastavalt Päästeseaduse § 13<sup>2</sup> lg 1 päästesündmuse vältimiseks jääle mineku keelata siseveekogudel, kui see kujutab ohtu inimese elule, tervisele või keskkonnale. (Riigikogu, 2018)

Roomikpuksiiri kasetuste jooksul märgati kalameest Vagula järve keskosas, kes püüdis kala. Kuna päästjate endi ohutus oli tagatud, siis võeti vastu otsus, et päästjad sõidavad roomikpuksiiriga, mille järel on kelk kalameheni ja teavitavad teda ohust. Päästjad sõitsid roomikpuksiiriga Vagula järve keskosasse kalameest teavitama põhjendusega, et jääolud on ohtlikud ja jääl viibimine on rangelt keelatud ning andsid korralduse kalda poole tagasi liikuda. Kalamees allus korraldustele ning liikus maismaale tagasi.

## **Järeldused**

Roomikpuksiir koos ühe kelgu ja kahe päästjaga on üsnagi kiire lahendusviis siseveekogude jääl liikumiseks. Tabeli alusel, mis kirjeldab objektide kokkupuute surveid ja nende vastavust jää kandvusele, annab arvutusliku tõestuse, et roomikpuksiiri raskusest tulenev mõju jääle on üsnagi väike (vaata lisa 1.) Ohuteavituseks selline masin sobib hästi, kuna minnes näiteks ATV-ga ohuteavitust

tegema, siis võib juhtuda, et ATV lõhub jääd, mis seab ohtu nii päästjad, kuid eelkõige inimese, kellele ohuteavitust tegema mindi. Roomikpuksiire oleks hea kasutada suurematel järvedel, kus viibib palju kalastajaid. Kalamehed ning nendest moodustunud pundid võivad teinekord üksteisest kaugel olla ning jalgsi ohuteavituse tegemine päästjate poolt võib liiga kaua aega võtta. Teine viis kuidas kalastajatel ja teistel järvel viibijatel turvalisust tagada, oleks tihe siseveekogude jää paksuse kontroll, millele aitaks kaasa roomikpuksiir. Näiteks võiks paigaldada kastaagisele roomikpuksiiri koos kahe kelgu ning jääpuuriga. Roomikpuksiir ohuteavituse ning ennetuse võtmes ei peaks olema ainult operatiiv töötajate hallata. Seda võiksid kasutada nii ennetus valdkonna töötajad, kui ka ohutusjärelvalve töötajad. Kastaagist koos roomikpuksiiri ja jääpuuriga võiks riskasutada.

### 3. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

#### 3.1. Roomikpuksiiri maksumusega arvestamine

Seoses sellega, et lõputöö aktuaalsus, tuleneb “Siseturvalisuse arengukava 2015–2020” programmist „Tõhusa päästevõimekuse tagamine: 2016–2020”, mis võtab lühidalt kokku, et päästetööd saab tõhusalt läbi viia vaid siis, kui on olemas päästetöö tegemist toetav õiguskeskkond ning päästetöö tegemiseks piisav päästetehnika ja –varustus ning lähiaastate ülesanne päästevõimekuse tagamisel on see, kuidas teha vähemaga rohkem (Siseministerium, 2016). Lõputöö autor käsitleb “Siseturvalisuse arengukava 2015–2020” programmist „Tõhusa päästevõimekuse tagamine: 2016–2020” tulenevat klauslit: „Kuidas teha vähemaga rohkem“ nii, et vaja on lahendust, mis vähendaks Päästeameti finantsilisi kulutusi ning visiooni, kuidas saaks ühte objekti kasutada rohkemateks toiminguteks. Selleks on lõputöö autor koostanud lahenduse, mis kirjeldab, kuidas roomikpuksiiri maksumus võrreldes teiste eritehnika liikidega tuleb odavam:

Roomikpuksiiride kasutusele võtuks Päästeametis tuleb arvestada eelkõige masina transpordiga. Roomikpuksiiri saab transportida kõige väiksemate kastaagistega, mille kasti pikkus on 195 cm, laius 133 cm ning kõrgus 67 cm ning sellise kastaagise maksumus on 765 eurot (TIKI, 2018). Sellisele kastaagisele mahuks lisaks roomikpuksiirile peale veel ka kahetaktilise mootoriga jääpuur, mille maksumus on 325 eurot (Jahipaun, 2018). Ühtlasi tuleks arvestada roomikpuksiiri kastaagise peale- ja mahalaadimisega, selleks piisaks kahest kuivatatud puidust prussist, mille ristlõike mõõtmed on 75 mm korda 200 mm ning pikkuseks 180 cm. 6 meetrise prussi maksumus on 31,5 eurot (puumarket, 2018). Roomikpuksiiri „MRV 15 HP“ maksumus on 1800 eurot (MOTODOG,OÜ(a), 2018). Roomikpuksiiri kahe kelgu maksumus kokku on 240 eurot (MOTODOG,OÜ(b), 2018). Roomikpuksiiri kelgud saab kastaagisel mahutada roomikpuksiiri alla. Kogu maksumus eelnimetatud masinal, varustusel ja kastaagisel kokku on 3161,5 eurot, mis on 1855,91 eurot odavam kui ainuüksi ATV „Artic Cat 500“ ning 17576,29 eurot odavam kui „Argo Avenger Responder 8X8“.

### **3.2. Järeldused ja ettepanekud roomikpuksiiri kasutusele võtuks Päästeametis.**

Lõputöö autor teeb järgmised ettepanekud roomikpuksiiri kasutusele võtuks:

**Ettepanek 1.** Kaaluda roomikpuksiiri soetamist jäätunud veekogudel ohuteavituseks ja varustuse transpordiks.

Roomikpuksiiride soetamine Päästeametis on otstarbekas jäätunud veekogudel ohuteavituseks ja varustuse transpordiks, pidades silmas praktiliste katsetuste tulemusi järve jääl ning empiirilisi arvutusi, mis tõestavad, et roomikpuksiiri kaalust avalduv surve on väiksem, kui mis tahes muu arvutustes käsitletud masin või muu objekt.

**Ettepanek 2.** Kaaluda roomikpuksiiri soetamist, kuid eelnevalt läbi viia täiendavad katsetused kannatanu transpordiks ja kannatanu päästeks järve jääl roomikpuksiiriga.

Roomikpuksiiri soetamine kannatanu transpordiks jääl vajab veel täiendavaid uuringuid, kuna katsetustes olev kühvelraam kelgu küljes ei hoidnud kannatanut piisavalt stabiilselt. Samas lähtudes päästja energiakulust, siis ilma roomikpuksiirita tegid päästjad raske raskusastmega füüsilist tööd. Tarvilik oleks katsetused teha samades oludes pulsikellaga, mille pulssi registreeriv rihm kinnitub rinnale, et teada saada, kui suur on energiakulu päästjal kannatanut transportides jääl roomikpuksiiriga, sest spordikella randmele ei olnud võimalik kuivülikonnaga kinnitada. Kannatanu transpordi osas roomikpuksiiriga tasuks küsida nõu Soome suusakeskuste päästemeeskondadelt, kuna lõputöö autor on näinud, et neil on olemas lahendused mootorsaanidele, mis on mõeldud kannatanu evakuatsiooniks mäe pealt.

Roomikpuksiiride soetamine kannatanu päästeks jää pealt katsete tulemuste põhjal ennast ära ei õigusta, kuigi kannatanu distants kaldast oli ainult 100 meetrit ehk võimalik, et näiteks katsetus 400 meetrise distantsi pealt annab parema tulemuse roomikpuksiiriga, kui ilma roomikpuksiirita, sest pikema distantsi peal päästja energiakulu koos väsimusega suureneb. Lõputöö autori korraldatud katsetuses mängis rolli ka päästjatele harjumatu situatsioon ning vahendid katsetusteks ei olnud optimeeritud.

**Ettepanek 3:** Katsetada roomikpuksiiri erinevatel maastiku tüüpidel ning lumikattega pinnasel, mis on kirjeldatud **LISA 8**-s.

Seoses sellega, et lõputöö koostajal oli roomikpuksiiri pikaajalisemateks katsetusteks võimatu saada ning Eesti paikneb Köppeni maakera kliimaatilise kaardi järgi mõõdukalt külmas ja ühtlaselt niiskes kliimas ehk peale külmade talvede on Eestis olemas ka soojad suved (Jürissaar, 2011). Sellest tulenevalt peab lõputöö autor õigeks, et roomikpuksiiri potentsiaali tuleks testida rohkematel pinnastel, kui ainult jää. Selliste olude ajendil on lõputöö autor koostanud erinevad ettepanekud edaspidisteks katsetusteks (vt LISA 8), kuna empiirilised arvutused näitavad, et roomikpuksiirist avalduv surve pinnale on väiksem kui ATV-1 ja ARGO-1.

Roomikpuksiire tasuks enim kasutusele võttu Päästeametis katsetada ka. okasmetsades, segametsades, heitlehelistes lehtmetsades, üleminekulistes metsalades soodes, lagedates rohu-, älve- ja laukarabades, lagedates madal- ja siirdesoodes, kalda- ja rannikuroostikkudes ning kalda- randadel, luidetel ja liivikutel, kuna selliste alade osakaal kogu Eesti pindalast moodustab ligikaudu 54,28%, mis teeb kokku üle poole Eesti pindalast

**Ettepanek 4.** Kaaluda ühe roomikpuksiiri soetamist päästekomandole, kelle teeninduspiirkonda jäävad suuremad veekogud.

Kuna roomikpuksiir on uus masin ning seda on Eestis üsnagi raske katsetusteks saada, siis tasuks Päästeametil osta või laenutada üks masin ning anda see kasutusse päästekomandole, kelle teeninduspiirkonda jäävad suuremad veekogud. Päästekomando meeskonnad saaksid katseid teha erinevatel aastaegadel, distantsidel ja erinevates oludes.

## KOKKUVÕTE

Tulenevalt uurimisprobleemist on koostanud lõputöö autor käesolevas töös ettepanekud, kuidas roomikpuksiir hõlbustaks Päästeameti ülesannete täitmist halvasti kandval pinnasel rohkem kui praegune selleks ettenähtud eritehnika.

Lõputöö eesmärk on kujundada seisukohad ja ettepanekud roomikpuksiiri kasutusele võtuks Päästeametis, andes ülevaate päästetööde logistikast eritehnikaga ning viies läbi praktilised katsed, tehes objektidest avalduvate survete arvutused pinnale ja leides lahendusviisid roomikpuksiiri kasutamisel Päästeameti ülesannete hõlbustamiseks maastikul ja jäätunud veekogudel

Esimeseks uurimisülesandeks oli arvutusviiside leidmine, et saaks arvutada roomikpuksiirist ja teistest objektidest tulenevaid surveid pinnale ning leida viisid, kuidas integreerida tulemused jää kandevõimega. Lõputöö esimeses peatükis oli lõputöö autor selgitanud terramehaanika reeglitest tuleneva kokkupuute surve faktori leidmist ning Goldi valemit, millega saab arvutada jää kandevõimet erinevate objektide avalduvatest survetest.

Lõputöös teiseks uurimisülesandeks oli kirjeldada päästetöid simuleerivaid praktilisi katsetusi ning võrrelda katsetulemusi roomikpuksiiriga ja ilma roomikpuksiirita. Selle eesmärgi saavutamiseks on teises peatükis kirjeldatud, kuidas lõputöö autori koostatud päästetöid simuleerivad praktilised katsed toimusid jäätunud Vagula järvel, ning lõputöös on katsetulemused fikseeritud, mille põhjal on koostatud ka järeldused.

Lõputöös kolmandaks uurimisülesandeks oli hinnata teooriast, arvutustest ja praktilistest katsetustest tulenevaid võimalusi ja pakkuda välja lahendusviisid katsetusteks maastikul. Selle eesmärgi saavutamiseks on lõputöö kolmandas peatükis koostatud ettepanekud tulenevalt teooriast, arvutustest ja praktilistest katsetustest ning lõputöö LISA 8-s on koostatud ettepanekud katsetusteks maastikul.

## **SUMMARY**

Title: Use of track sled type vehicles to aid Estonian Rescue Board's tasks on terrain and frozen waterbodies.

The thesis applies quantitative research methods based on conducted field trials. The 43-page paper is published in Estonian with an attached summary in English.

The subject is relevant in the context of the “Efficient rescue capability assurance: 2016-2020” programme within the “Internal security development plan 2016-2020” which summarises that rescue work can be carried out efficiently in an enabling regulatory environment and with access to appropriate rescue equipment. The programme also emphasises the challenge of resource efficiency faced in coming years. A precedent is set that continued investment will be made in developing the rescue network including the utilisation of rescue units to conduct search and rescue operations at sea. Sustained investment is also planned for the rescue equipment dependency outlined in the programme. The actuality of the thesis is moreover supported by Estonian climate in which bodies of water can develop an ice coating as early as November and retain it until March. Between those months rescue unit deployment statistics show 57 occurrences in 2015, 85 in 2016, and 91 in 2017.

The thesis builds to formulate a suggestive position on the feasibility of acquisition of track sled type vehicles within the Rescue Board using field tests in conjunction with surface load capacity calculations in the context of rescue work on terrain and frozen waterbodies.

To formulate a relevant position, the following was examined:

1. Calculation methods to determine surface load capacity directly from the track sled type vehicle plus carried weight and incorporate it with relevant properties for ice.
2. Carry out and analyse mock exercises of rescue units' challenges in real-world situations with and without the aid of the subject vehicle.
3. Evaluate the opportunities arrived at through theoretical analysis, calculations, and mock exercises, and to provide terrain use scenarios.

## VIIDATUD ALLIKAD

argoadventure, 2018. *argoadventure*. [Võrgumaterjal]  
Available at: [https://www.argoadventure.com/New-Argo-Atvs\\_c\\_1067.html](https://www.argoadventure.com/New-Argo-Atvs_c_1067.html)  
[Kasutatud 6 mai 2018].

argoatv, 2018. *Argo Avenger Responder 8x8*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <http://www.argoatv.com.au/argo-avenger-responder-8x8>  
[Kasutatud 9 aprill 2018].

Articcat, 2018. *articcat*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <https://www.articcat.com/dirt/atvs/model/2017-en-500/>  
[Kasutatud 1 aprill 2018].

Astover, A. K. R. R. H. R. E. j. L. E., 2017. *Mullateadus*. Tartu: Eesti Maaülikool.

Barrette, p., 2015. *A review of guidelines on ice roads in Canada : determination of bearing capacity*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <https://nparc.nrc-cnrc.gc.ca/eng/view/accepted/?id=a845257c-db83-49f6-aca2-23118232ee0e>  
[Kasutatud 2 aprill 2018].

ERR & Aktuaalne Kaamera, 2018. *Metsaliidud kuulutasid metsades välja eriolukorra*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <https://www.err.ee/653448/metsaliidud-kuulutasid-metsades-valja-eriolukorra>  
[Kasutatud 5 veebruar 2018].

EV Keskkonnaministeriumi Info- ja Tehnokeskus, 1999. *EESTI MAAKATE*. Tallinn: s.n.

Jahipaun, 2018. *Jahipaun*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <https://www.jahipaun.ee/en/online-shop/toode/fishing-tackle/soft-lures/asseri/auger-asseri-motorized-150mm-26cc-7394/>  
[Kasutatud 6 mai 2018].

Järvet, S. S. I. V. A. K. M. T. L. L. R. K. T. T. K. K. R. M. V. L. M. E. T. & S. U., 2017. *Üliõpilastööde koostamise ja vormistamise juhend*. [Võrgumaterjal]  
Available at: [https://www.sisekaitse.ee/sites/default/files/inline-files/Uliopilastööde\\_koostamise\\_ja\\_vormistamise\\_juhend.pdf](https://www.sisekaitse.ee/sites/default/files/inline-files/Uliopilastööde_koostamise_ja_vormistamise_juhend.pdf)  
[Kasutatud 6 mai 2018].

Jürissaar, M., 2011. *Meteoroloogia*. 2. toim. Tartu: Eesti Lennuakadeemia.

Kerr, A., 1976. The bearing capacity of floating ice plates subjected to static or quasi-static loads. *Journal of Glaciology*, 17(76), p. 230.

MOTODOG, OÜ(a), 2018. *mootorsaanid*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <http://www.mootorsaanid.ee/mrv/ee>  
[Kasutatud 5 aprill 2018].



MOTODOG, OÜ(b), 2018. *mootorsaanid*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <http://www.mootorsaanid.ee/parts/and/accessories/ee>  
[Kasutatud 6 mai 2018].

puumarket, 2018. *puumarket*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <https://puumarket.ee/tootekategooria/saematerjal/kuivatatud-prussid-abc-kvaliteediga/75x200-18-abc/>  
[Kasutatud 6 mai 2018].

Päästetöö osakond, 2018. *Toitlustus päästetöödel*, Tallinn: s.n.

Päästetöö osakond, 2018. *Veepääste sündmused komandode lõikes*, s.l.: s.n.

Riigikogu, 2018. *Päästeseadus*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/129122011206?leiaKehtiv>  
[Kasutatud 2 aprill 2018].

Saarilahti, M., 2002. *SOIL INTERACTION MODEL*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <http://www.ucd.ie/foresteng/html/ecowood/soilmodel.pdf>  
[Kasutatud 2 aprill 2018].

Siseministerium, 2016. *Tõhusa päästevõimekuse tagamine*. [Võrgumaterjal]  
Available at: [https://www.siseministerium.ee/sites/default/files/dokumendid/STAK/tohusa\\_paast\\_evoimekuse\\_tagamine.pdf](https://www.siseministerium.ee/sites/default/files/dokumendid/STAK/tohusa_paast_evoimekuse_tagamine.pdf)  
[Kasutatud 15 mai 2018].

TIKI, 2018. *TIKI*. [Võrgumaterjal]  
Available at: <http://www.tiki.ee/haagised/kastihaagised/cf200-r>  
[Kasutatud 6 mai 2018].

Tooming, H. j. K. J., 2006. *Eesti lumikatte teatmik*. Tallinn - Saku: s.n.

Vainjärv, A., 2013. *Päästejuhised veepäästetöödel*. s.l.: Sisekaitseakadeemia.

WONG, J. Y., 2009. *Terramechanics and Off-Road Vehicle Engineering: Terrain Behaviour, Off-Road Vehicle Performance and Design*. 2. toim. s.l.: Butterworth-Heinemann.

Õunapuu, L., 2014. *Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes*. Tartu: Tartu Ülikool.

# LISA 1. JÄÄ KANDEVÕIME TABEL

Tabel 1. Objektide kokkupuute surved ja vastavused jää kandvusele.(2018, Lõputöö autori koostatud)

		299,4 kg (ATV)	384,4 kg (ATV)	125 kg (roomikpuksliir)	89,5 kg	85 kg	#NAME?	
		Artic Cat 500	Artic Cat 500+päästja	MRV 15HP	päästja kelgul	päästja jalgsi	argo	argo+päästja
		6,98501397	8,968863771	0,379790148	0,443550362	1,646254131	6,482304631	7,30865736
		0,491095084	0,630573528	0,02670189	0,070307	0,11574312	0,455751119	0,5138494657696
		kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2
jää paksus (cm)	1	0,01	ei kannab	ei kannab	ei kannab	ei kannab	ei kannab	ei kannab
jää paksus (cm)	1,2	0,0144						
jää paksus (cm)	1,4	0,0196						
jää paksus (cm)	1,6	0,0256						
jää paksus (cm)	1,8	0,0324						
jää paksus (cm)	2	0,04		kannab				
jää paksus (cm)	2,2	0,0484						
jää paksus (cm)	2,4	0,0576						
jää paksus (cm)	2,6	0,0676						
jää paksus (cm)	2,8	0,0784			kannab			
jää paksus (cm)	3	0,09						
jää paksus (cm)	3,2	0,1024						
jää paksus (cm)	3,4	0,1156						
jää paksus (cm)	3,6	0,1296				kannab		
jää paksus (cm)	3,8	0,1444						
jää paksus (cm)	4	0,16						
jää paksus (cm)	4,2	0,1764						
jää paksus (cm)	4,4	0,1936						
jää paksus (cm)	4,6	0,2116						
jää paksus (cm)	4,8	0,2304						
jää paksus (cm)	5	0,25						
jää paksus (cm)	5,2	0,2704						
jää paksus (cm)	5,4	0,2916						
jää paksus (cm)	5,6	0,3136						
jää paksus (cm)	5,8	0,3364						
jää paksus (cm)	6	0,36						
jää paksus (cm)	6,2	0,3844						
jää paksus (cm)	6,4	0,4096						
jää paksus (cm)	6,6	0,4356						
jää paksus (cm)	6,8	0,4624						
jää paksus (cm)	7	0,49					kannab	
jää paksus (cm)	7,2	0,5184	kannab					
jää paksus (cm)	7,4	0,5476						kannab
jää paksus (cm)	7,6	0,5776						
jää paksus (cm)	7,8	0,6084						
jää paksus (cm)	8	0,64		kannab				
jää paksus (cm)	8,2	0,6724						

## LISA 2. TEADVUSETA KANNATANU TRANSPORT



Joonis 1. Teadvusega kannatanu transport 200 meetrit. (2018, Lõputöö autori koostatud)

## LISA 3. ROOMIKPUKSIIRIGA KANNATANU TRANSPORT

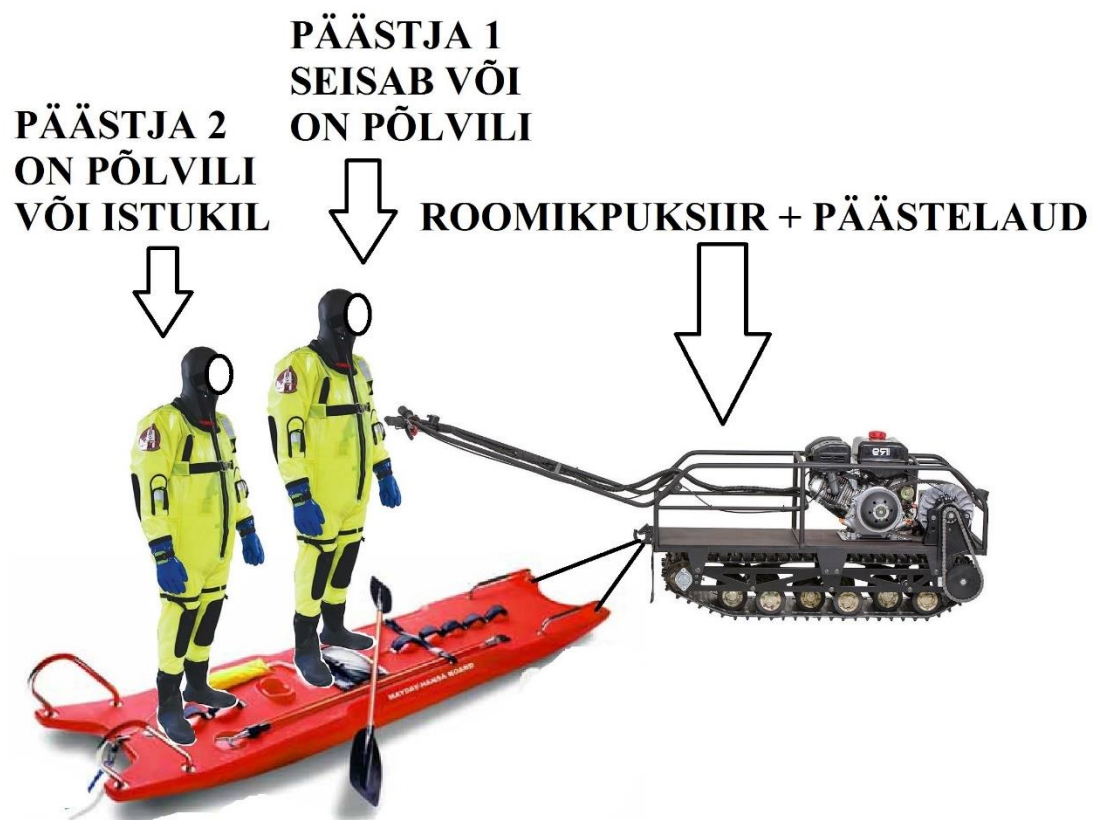


Joonis 2. Teadvuseta kannatanu transport 200 meetrit roomikpuksiiriga. (2018, Lõputöö autori koostatud)

## LISA 4 PÄÄSTE JÄÄLT ROOMIKPUKSIIRIGA



Joonis 3. Kannatanu pääste jäält 200 meetrit.(2018, Lõputöö autori koostatud)

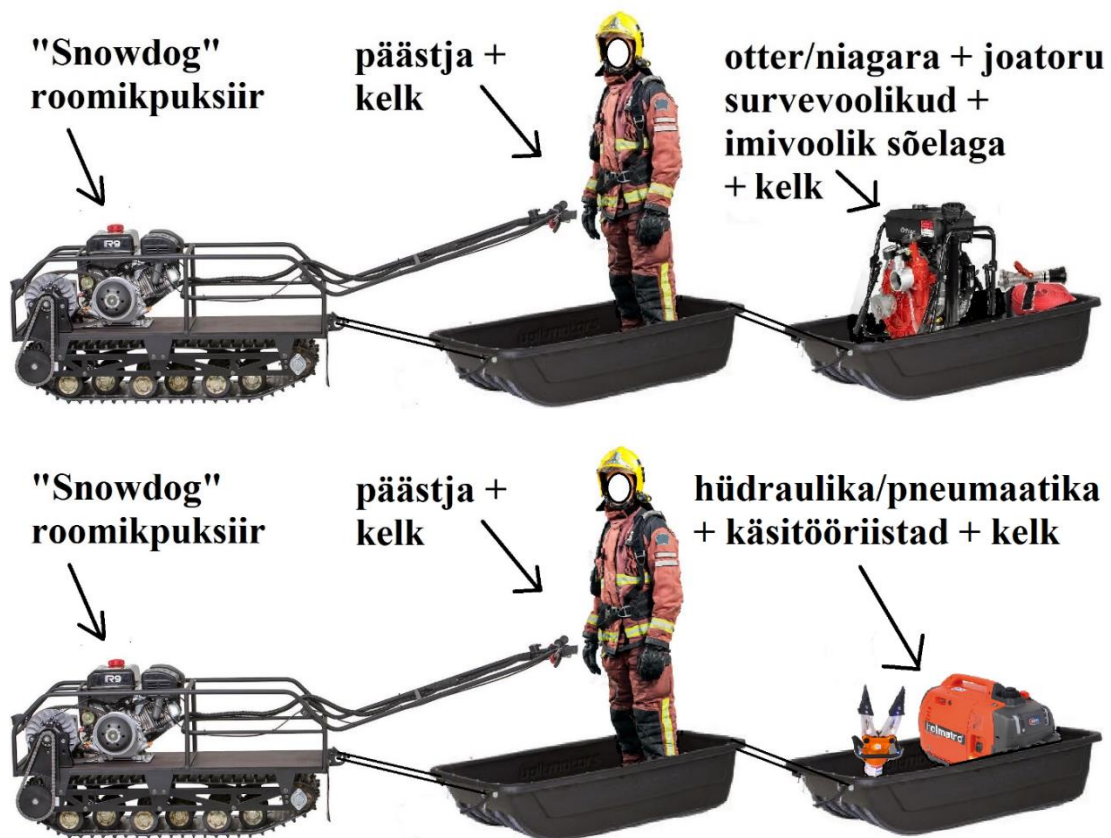


Joonis 4. Kannatanu pääste jäält. (2018, Lõputöö autori koostatud)

# LISA 5. VARUSTUSE TRANSPORT ROOMIKPUKSIIRIGA

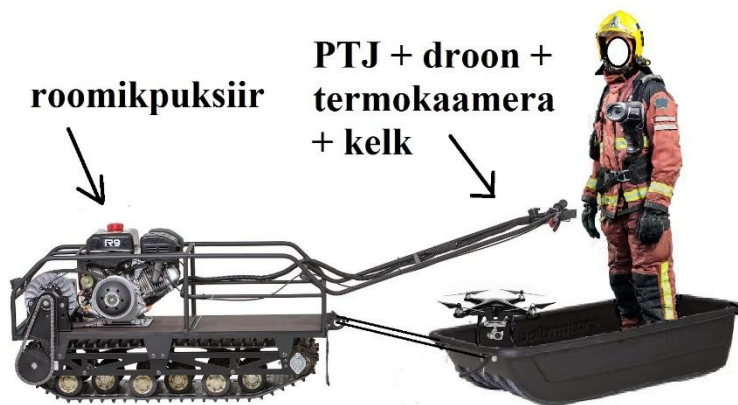


Joonis 5. Varustuse transport roomikpuksiiriga 200 meetrit. (2018, Lõputöö autori koostatud)



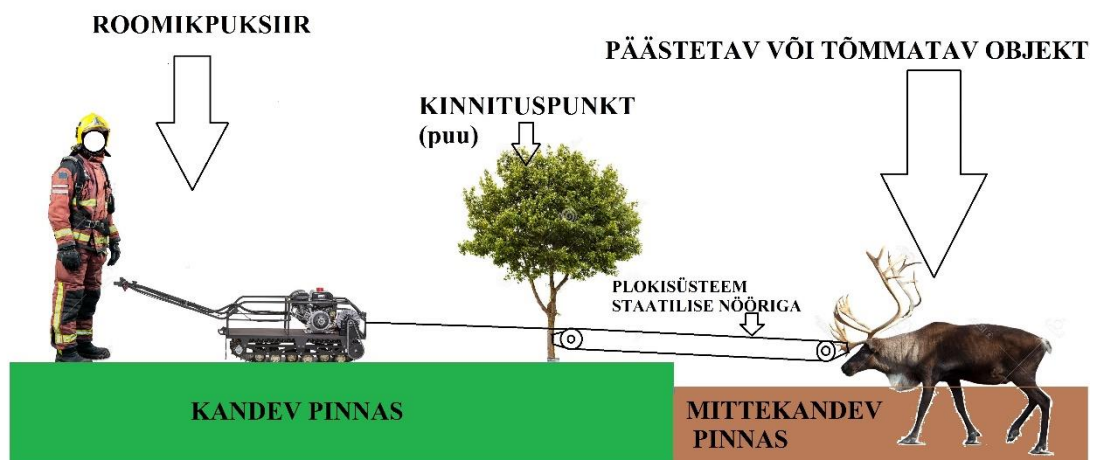
Joonis 6. Varustuse transport roomikpuksiiriga. (2018, Lõputöö autori koostatud)

## LISA 6. ROOMIKPUKSIIRIGA LUUREL INFO KOGUMINE



Joonis 7. Päästetöodel luurel info kogumine. (2018, Lõputöö autori koostatud)

## LISA 7. ROOMIKPUKSIIRI RAKENDAMINE PLOKISÜSTEEMIS



Joonis 8. Roomikpuksiiri rakendamine plokisüsteemis. (2018, Lõputöö autori koostatud)



## **LISA 8. ETTEPANEKUD PRAKTILISTEKS KATSETUSTEKS**

### **1. Teadvuseta kannatanu päästmine raskesti ligipääsetavast kohast.**

Katse toimuks laukarabas. Kõik katsest osavõtvad isikud peaksid turvalisuse huvides kandma päästevesti. Katset peaks turvama ka pinnaltpääste teenust osutav päästemeeskond. Katses kasutatav eritehnika oleks (roomikpuksiir + kelk +kelk millele on kinnitatud kühvelraam ) või (roomikpuksiir + pinnaltpääste laud)

Kannatanut mängiv isik võiks lebada 250-500 meetri kaugusel põhiautost laukarabas. Kannatanut mängiv isik kannab kuivülikonda ja päästevesti. Kannatanut mängiv isik simuleerib teadvusetust, kuid näitleb hingamis tunnuseid. Verejookse ega traumale viitavaid vigastusi kannatanut mängival isikul ei ole.

Päästjatel on soovituslik kanda kuivülikonda koos päästevestiga. Kuivülikonna puudumisel on päästevest kohustuslik. Päästjad alustavad päästmist põhiauto juurest kasutades (roomikpuksiiri + kelk +kelk, millele on kinnitatud kühvelraam ) või (roomikpuksiiri + pinnaltpääste laud). Eritehnika liikumise algus aeg fikseeritakse. Eritehnika saabumise aeg kannatanuni fikseeritakse Kui päästjad on jõudnud kannatanuni, siis teevad elutunnuste kontrolli ning asetavad kannatanu kühvelraamiga kelgule või päästelauale. Kannatanu kinnitamine rihmadega kühvelraami külge kelgule või pinnaltpääste lauale on ohutuse tagamiseks keelatud. Päästjad toovad kannatanud põhiauto juurde tagasi jälgides ohutut sõidukiirust. Eritehnika alguspunkti tagasijõudmise aeg fikseeritakse.(vt **LISA 2**)

### **2. Roomikpuksiiri kasutamine päästetöödel varustuse transportöörina**

Katse toimuks üleminekulises metsa-alas soos. Katses osalevad isikud peavad kandma päästevesti ning tulekustutusriietust. Katses kasutatav eritehnika on (roomikpuksiir + kelk + kelk). Viimasele kelgule asetab päästja mootorpumba koos voolikutega ja/või hüdraulilised tööriistad koos hüdraulika pumbaga. Päästja peab kinnitama töövahendid kelgu külge veose transportimiseks mõeldud rihmadega. Päästja peab roomikpuksiiril koos töövahenditega läbima 250-500 meetrit. (vt **LISA 5**)

### **3. Roomikpuksiiri kasutamine juhtimistöös luurel info kogumiseks soodes, rabades ja lumerohketes kohtades.**

Katse toimuks soisel pinnasel ja/või segametsas. Päästjal tuleks läbida 250-500 meetri eritehnikaga (roomikpuksiir + kelk) ja/või lumikatte olemasolul (roomikpuksiir + mäesuusad). Vahemaa läbimise aeg fikseeritakse. Kuna juhtimistöös on vaja saada sündmusest hea ülevaade, siis kerge tehnika kasutamine luure jaoks oleks optimaalne, kuna suurte masinatega on nii lumes kui ka pehmetel pinnasel liikumine piiratud. Joonis 7. on ära märgitud ka droon. Droonide probleem tundub olevat see, et leviala drooni ja juhtimispuhli vahel on piiratud. Tänapäeva droonid on võimelised jälitama liikuvaid objekte ehk juhtimispuhlt saaks jääda troonioperaatori külge ning drooni saaks programmeerida jälitama kas droonioperaatorit või juhtimispuhli. Kasu sellise tehnikaga oleks see, et droon on hea kaardistaja ning on võimeline andma ka pilti juhtimisbussi. Tasub proovida ka katsetustes mägisuuski mobiilsuse huvides. Kindlasti selline rakendus viis vajab eelnevat mägisuusa koolitust. (vt **LISA 6**)

### **4. Roomikpuksiiri katsetamine plokisüsteemis juhul, kui tegemist on päästetehnikale raskesti ligipääsetavate kohtadega ning vaja oleks liigutada raskeid objekte**

Kasutatav eritehnika on roomikpuksiir. Päästja proovib tõmmata roomikpuksiiriga raskust, mille liikuma panemiseks on vaja ligi 2000 N (njuutonit). Pärast ehitab päästja plokisüsteemi nõõridest ning kinnitab 1 otsa plokkidest kinnituspunktile (puu, post) ning teise otsa tõmmatavale objektile, mis vajab liikuma hakkamiseks ligi 8000 N jõudu. Tõmbeotsa kinnitab päästja roomikpuksiiri külge. Katse tulemused fikseeritakse märkmetena.

Kui sündmus leiaks aset näiteks soos või rabas ning päästemeeskonnal oleks vaja näiteks elus loom, lennuki jupp või mõni muu objekt mülkast kätte saada ning ATV, põhiauto või muu päästetehnika ei pääseks pehmele pinnasele, siis automaatsevintsisüsteemi puudumisel oleks hea kasutada plokisüsteemi.

Katsetuse osas lõputöö autor leiab, et ei ole vaja mingit suurt objekti mülkasse visata ning tirima hakata, kuid tõmbetugevust oleks erinevatel pinnastel hea mõõta kasutades selleks spetsiaalseid mõõtevahendeid.(vt **LISA 7**)

## **5. Roomikpuksiiri ja päästelauga kannatanu päästmine jäält**

Kasutatav eritehnika on (roomikpuksiir + pääste laud). Kõik katsest osavõtvad isikud peavad kandma päästevesti ja kuivülikonda. Kannatanut mängiv isik liigub kaldast 250-500 meetri kaugusele jäätunud veekogule. Kannatanu viskab ennast pikali. Proovida võiks ka kuidas oleks päästmine jääaugust. Päästjad alustaksid pääste varustusega päästmist kaldalt ning fikseeritakse aeg. Kui päästjad jõuavad kannatanu lähedale (umbes 20 meetrit), siis aeg fikseeritakse, järgnevalt ühendavad nad laua roomikpuksiiri küljest lahti ning liiguvad lauaga kannatanuni. Aeg fikseeritakse. Kui päästjad on kannatanu lauale asetanud ning ühendanud laua roomikpuksiiriga, siis aeg fikseeritakse. Päästjad sõidavad roomikpuksiiriga kaldale ning aeg fikseeritakse. Päästelauale tasuks ka monteerida jäik ühenduslüli, sest vastasel juhul on ebamugav päästelaual roomikpuksiiri juhtida.(vt **LISA 4**)