

Tartu Ülikool  
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond  
Ökoloogia ja Maateaduste instituut  
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö geoinformaatikas ja kartograafias

**Eesti päästekomandode ajalise katvuse modelleerimine**

Mihkel Männa

Juhendaja: PhD Raivo Aunap

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2013

## Sisukord

Sissejuhatus .....	4
1. Kasutatud mõisted .....	6
2. Hädaabiasutuste asukohtade planeerimine .....	7
2.1. Varasem uuritus .....	7
3. Ajalise katvuse kaardid .....	9
3.1. Vektoranalüüs .....	9
3.2. Rasteranalüüs .....	9
3.2.1. Rasteriseerimine .....	10
3.2.2. Maksumuslike kauguste leidmine .....	10
4. Andmed ja metoodika .....	14
4.1. Andmed .....	14
4.1.1. Eesti topograafia andmekogu .....	14
4.1.2. Päästeameti andmed .....	16
4.1.3. Maa-ameti andmed ja Eesti Geograafia CD .....	17
4.2. Preventiivne analüüs .....	17
4.3. Metoodika .....	21
4.3.1. Rasteriseerimine .....	21
4.3.2. Maakatete kiirusrastri moodustamine .....	22
4.3.3. Liikumisbarjäärade üldrastri moodustamine .....	24
4.3.4. Teede kiirusrastri moodustamine .....	24
4.3.5. Tehted rasterkihtidega .....	25
4.3.6. Päästekomandode kihi moodustamine .....	25
4.3.7. Ajalise katvuse kaardi moodustamine .....	26
5. Tulemused ja arutelu .....	28
5.1. Võrtsjärve juhtumianalüüs .....	36
5.2. Vilsandi juhtumianalüüs .....	38

5.3. Võrdlus varasemate kaartidega .....	40
6. Kokkuvõte .....	45
7. Summary .....	47
8. Tänuavaldused.....	49
9. Kasutatud kirjandus.....	50
Lisad .....	54

## Sissejuhatus

Sisejulgeolek ja -turvalisus on Eestis viimasel ajal küllaltki aktuaalne teema. Päästetöötajate palgad ja komandovõrgu ümberkorraldamine on meedias leidnud hulgaliselt kajastamist. Eesti päästekomandode võrgustiku struktuuris tehtud muudatused on tingitud peamiselt piiratud rahalistest ressursidest. Päästeameti eelarve langes 2012. aastaks varasemaga võrreldes 20 protsenti ja järgmistel aastatel ei ole selle taastumist oodata (Filippov 2012b). 2012. aasta veebruaris allkirjastas Päästeameti peadirektor Kalev Timberg otsuse, mis tähendas, et minimaalse elupäästevõimekusega (kolmeliikmelise valvemeeskonnaga) päästekomandode arv tõuseb seniselt 41 komandolt 66-le ning neljaliikmelise valvega päästekomandode arv 26 komandolt 53-le (Filippov 2012a). Lisaks suleti otsusega üheksa riiklikku komandot: Palamuse, Võnnu, Emmaste, Puka, Puhja, Saku, Võsu, Kanepi ja Leisi põhikomando (Filippov 2012b). Muudatusi põhjendati Päästeameti kui organisatsiooni jätkusuutlikkuse ning kindla ja kvaliteetse päästeteenuse tagamisega (Filippov 2012b), eelkõige rõhutati just elupäästevõimekuse suurendamist (Sikk 2012).

Paljudes riiklikes komandodes ei võimaldanud väike koosseis enne 2012. aastat inimesi näiteks tulekahjudest päästa, sest hingamiskõlbmatusse keskkonda sisenemine nõuab vähemalt kolmeliikmelist päästemeeskonda. Sama kehtib ka vee- ja liiklusõnnetuste puhul (Lõhmus 2011). 2012. aasta alguses suutsid elupäästevõimekusega päästjad kuni 15 minutiga jõuda 84 protsendini elanikkonnast, pärast muudatusi on selleks näitajaks väidetavalt 93 protsenti. Teisisõnu hakkab elupäästeteenust saama 121 000 inimest rohkem (Filippov 2012b). Lisaks toetab riik suletud päästekomandode piirkondadesse vabatahtlike komandode loomist (Filippov 2012c). Samas suureneb muutuste kritiseerijate sõnul oluliselt ka päästjate sündmustele kohalejõudmise aeg, mis paljude õnnetusjuhtumite puhul võib traagiliste tagajärgede ärahoidmisel olla määrava tähtsusega (Sikk 2012).

2012. aasta 27. detsembri seisuga, pärast kirjeldatud komandovõrgustiku ümberkorraldamist on Eestis 72 riiklikku ja 102 vabatahtlikku päästekomandot (Päästeamet 2012a, Päästeamet 2012b), enne muudatusi oli riiklikke komandosid 81.

Käesoleva töö teemavalik tulenes autori soovist Eesti päästekomandode võrgustikku lähemalt uurida, seda just ruumilisest aspektist. Üks võimalik moodus selleks on komandode ajalise katvuse modelleerimine, mida visualiseeritakse kaartidena. Päästekomandode ajalise katvuse kaardid näitavad, kui palju kulub päästjatel komandodest suvalisse punkti kohalejõudmiseks aega. Selliseid kaarte kasutatakse komandode asukohtade planeerimisel ning otsuste

langetamisel on need oluliseks abivahendiks. Loomulikult aga ei saa komandovõrgu paikapanemisel lähtuda ainult ajalise katvuse analüüsides, kindlasti tuleb arvestada veel näiteks rahvastiku paiknemist ja tihedust.

Ajalise katvuse kaarte on võimalik koostada kahel erineval viisil: vektor- või rasterandmete tuginedes. Autorile teadaolevalt on Eesti territooriumi kohta seni päästekomandode ajalise katvuse kaarte koostanud põhiliselt AS Regio ning nende kaartide loomiseks on kasutatud vaid vektoranalüüsi meetodeid. Antud töö kaartide koostamisel kasutati vastupidiselt aga rasteranalüüsi meetodeid, mis rasterandmete lihtsa struktuuri tõttu on võimalusterohkemad (Price 2010). Samuti sooviti uurida, kuidas mõjutavad maakatetele määratud liikumiskiirused ajalist katvust.

Töö eesmärgiks on ajalise katvuse kaartidele tuginedes analüüsida Eesti päästekomandode paigutuse tugevaid ja nõrku külgi ning komandovõrgustiku ümberkorraldamisest ja elupäästevõimekuse kasvust tulenenud muutuseid päästeteenuse kättesaadavuses. Püstitati järgnevad uurimisküsimused:

- Milline on praeguste riiklike päästekomandode ajaline katvus Eesti territooriumil ning kuidas on olukord 2012. aasta mais toimunud komandovõrgu ümberkorraldamisega muutunud?
- Milline on elupäästevõimekusega komandode ajaline katvus Eesti territooriumil ning kuidas on komandovõrgu ümberkorraldamine seda mõjutanud?
- Milline on vabatahtlike komandode ajaline katvus Eesti territooriumil ning milline on nende roll päästeteenuse kättesaadavuse seisukohalt?
- Kuidas erinevad rasteranalüüsi meetoditega koostatud ajalise katvuse kaardid vektoranalüüsi analoogidest?

Töö sisuline osa koosneb viiest peatükist. Neist esimeses tuuakse teksti loetavuse huvides ära seletused töös sagedamini esinevatele mõistetele. Järgmises kahes peatükis antakse uuritavast valdkonnast teoreetiline ülevaade. Neljas peatükk käsitleb andmete päritolu ja kaartide koostamise metoodikat ning viimasena esitatakse töö tulemused.

## 1. Kasutatud mõisted

**Ajalise katvuse kaart** – kaart, mis iseloomustab teatud territooriumi ajalist kaetust teenindavate asutuste poolt (käesolevas töös Eesti kaetust päästekomandode poolt). Ajalise katvuse kaart näitab, kui palju kulub päästjatel komandodest suvalisse Eesti punkti kohalejõudmiseks aega.

**Akumuleeritud kulude kiht** – rasterkiht, mis kujutab lähtepikslitest igasse pikslisse liikumiseks vajalikku kogukulu (Etherington 2012).

**Elupäästevõimekusega päästekomando** – vähemalt neljaliikmelise valmisolekuga ning põhipäästeautoga varustatud päästekomando. Komando kogukoosseis peab olema vähemalt 22 päästetöötajat (Päästeamet 2011a, Päästeamet 2011b, Päästeamet 2013b). Teatud elupäästevaid tegevusi on võimalik sooritada ka kolmeliikmelise päästemeeskonnaga, sealhulgas suitsusukeldumist (Päästeamet 2013b), seda nimetatakse **minimaalseks elupäästevõimekuseks** (Filippov 2012a).

**Hädaabiasutused** – hädaabiteenuseid (eelkõige päästetöid ja kiirabi) osutavad asutused, täpsemalt päästekomandod ja kiirabipunktid.

**Kaugustsoonid** – ajalise katvuse kaardil vastavalt kohalejõudmise ajale erinevate värvidega visualiseeritud tsoonid.

**Kiirusraster** – iga piksli läbimise keskmist kiirust kujutav rasterkiht.

**Kohalejõudmise aeg** – aeg alarmeerimise hetkest sündmuspaigale kohalejõudmiseni.

**Liikumisbarjäär** – maakattetüüp või maastikuelement, mis on käesoleva töö mõistes päästeautodele liikumispiiranguks.

**Liikumisbarjääride üldraster** – rasterkiht, milles on liidetud kõikide liikumisbarjääride kihid. Sealjuures on barjääre esindavate pikslite väärtusteks nullid ja muude pikslite väärtuseks ühed.

**Maksumusraster** (*cost raster*) – iga piksli läbimiseks vajaminevat kulu kujutav rasterkiht (Etherington 2012).

**Reageerimisaeg** – aeg, mille jooksul peab komando tagama väljasõiduks valmisoleku (Rudi 2011).

## 2. Hädaabiasutuste asukohtade planeerimine

Hädaabiteenuste kvaliteedil on igas riigis võtmeroll (Chevalier *et al* 2012). Eriti oluline on õnnetusjuhtumite vastu võitlemisel hädaabiasutuste üldine paigutus. Mõistlik asetus aitab kindlustada piirkondade infrastruktuuri ja päästa kohalike elusid (Wei *et al* 2011). Riigil lasub ressursside tõhusa kasutamise osas suur vastutus ning sellel võib teenuse kvaliteedile olla märkimisväärne mõju (Chevalier *et al* 2012). Samuti on igal individuaalsel asutusel vastuvõetaval tasemel teenuse ja ruumilise katvuse tagamiseks piiratud võimekus (Yin, Mu 2012).

Paljudes piirkondades on päästekomandode võrgustik ajalooliselt kasvanud ühe asutuse kaupa, vastavalt sellele, kuidas uued vajadused ja vahendid õnnetusolukordade ennetamiseks ja kaitseks on esile kerkinud (Chevalier *et al* 2012). Juba rajatud komandode ümberpaigutamine nõuab suuri reforme ja seetõttu muutub nende paigutus väga visalt. Samas võimaldavad tänapäeva matemaatilised mudelid ja geoinformaatilised vahendid teha üha ratsionaalsemaid paiknemisotsuseid (ReVelle 1991).

### 2.1. Varasem uuritus

Hädaabiasutuste paigutamist puudutavaid käsitusi on akadeemilises kirjanduses üsna palju. Üheks esimeseks taoliseks on Plane ja Hendrick'i 1977. aastal valminud töö, milles Denverisse uue tuletõrjedepoo asukoha valimisel kasutati ruumilist optimeerimismudelit (Murray, Tong 2009). Hea ülevaate hädaabiasutuste asukohtade planeerimisest annab ReVelle (1991).

Ka tänapäeval on ajalise katvuse analüüside koostamine ning nende kasutamine hädaabiasutustele optimaalsete asukohtade leidmiseks geoinformaatika praktikas vektor- ja rasteranalüüside tüüpülesanneteks (Zhang, Xu, Qi 2009). Mujal maailmas, eriti aga kiiresti kasvava populatsiooniga Aasia linnade näitel, on neid teemasid palju uuritud. Ilmselt enim on tegeletud modelleerimisülesandega minimaalsele arvule rajatistele maksimaalse katvuse leidmiseks ja rahvastikust võimalikult suure osa teenindamiseks (García-Palomares, Gutiérrez, Latorre 2012; Zhang, Xu, Qi 2009; Yin, Mu 2012). Palju on keskendutud ka hädaabisõidukite sündmuspaika jõudmise ajalisele modelleerimisele ja tulemustele toetudes asutuste võrgustike optimeerimisele (Zhang, Xu, Qi 2009; Wei *et al* 2011). Kulude minimeerimise eesmärgil on loodud mudeleid, mida rakendades saab leida piirkonna

katmiseks vajalikku vähimat sõidukite arvu (Toregas *et al* 1971). Metoodiliselt on need uurimused üsna erinevad, kuid sageli on kasutatud üldlevinud GIS programmide (nt ArcGIS) juba väljatöötatud analüüsivahendeid. Leidub veel mitmeid keerukamaid ülesandepüstitusi (Goldberg 2004; Murray, Tong 2009; ReVelle 1991).

Käesoleva uurimistöö eesmärgist lähtuvalt ei soovi autor selles töös pakkuda omapoolset alust Eesti päästekomandode võrgustiku optimeerimiseks. Küll aga analüüsitakse ajalise katvuse kaartidele tuginedes erinevaid komandode paigutusega seotud aspekte. Kuna sellise püstitusega uurimusi esineb teaduskirjanduses vähe, kasutatakse võrdlusmaterjalina eelkõige Päästeametist saadud Eesti territooriumi kohta koostatud samalaadseid kaarte.

### 3. Ajalise katvuse kaardid

Päästekomandode ajalise katvuse kaarte on võimalik koostada kahel erineval viisil: vektor- või rasterandmetele tuginedes.

#### 3.1. Vektoranalüüs

Vektorandmetel baseeruv lahendus eeldab korrastatud teedevõrgu andmestiku olemasolu, kus erinevate omadustega teelõikudele on määratud erinevad kiirusväärtused. Väärtuste määramisel võib arvesse võtta erinevaid aspekte, näiteks tee katet, laiust, tähtsust (näiteks maantee, tänav, kohalik tee) või neid omavahel kombineerida (Päästeamet 2010a). Samuti peab võrgustik ise olema topoloogiliselt korrektne, joonelementide vahel ei tohi esineda ülega alakattumisi, see peab olema sidus (Aunap 2012). Lisaks teede andmetele on analüüsiks vaja veel komandode asukohtade ning liikumisbarjääre seadvate ruumielementide andmeid, milleks on näiteks jõed, järved, mered ja sood. Viimastel aladel on liikumiskiiruseks null.

Tarkvara abil, näiteks ArcGIS-i *Network Analyst* laienduse vahenditega genereeritakse kaugustsoonid. Tsoonide arvutamisel leiab programm kaugeimad teedel asuvad punktid, kuhu päästeautod komandodest kindla aja (näiteks 5, 10, 15 minuti) jooksul jõuavad. Seejärel ühendatakse need omavahel joontega, moodustades areaalid. Kuna reeglina jõuab kõige kaugemale mööda põhi- või kõrvalmaanteid, siis on kaugustsoonide äärepunktid enamasti just nende teede telgedel (Päästeamet 2010a). Kirjeldatud meetodil on koostatud ka senised Päästeameti poolt tellitud komandode ajalise katvuse kaardid, mille valmistajaks on AS Regio (Regio 2010, Regio 2012a).

#### 3.2. Rasteranalüüs

Vektoranalüüsil on võrreldes rasteranalüüsiga andmete eripärast tulenevalt mitmeid eeliseid. Vektorandmetel on kompaktne struktuur, nad on kõrge resolutsiooniga ja täpsemad (Davis 2001). Samas on vektorandmetel põhinevatel ajalise katvuse kaartidel teatud puudujääke. Suurimaks puuduseks on asjaolu, et kaugustsoonide visualiseerimisel kasutatakse vaid teedele arvutatud punkte ning muid maakattetüüpe kaartide koostamisel arvesse ei võeta.

Käesolevas töös sooviti analüüsida ka maakatete mõju päästekomandode ajalisele katvusele. Seega loodi kaardid rasterandmetele toetudes, mis võimaldavad vektorandmetega võrreldes

pidevat ruumimudelit paremini uurida, sest igal rasterpikslil võib olla oma naaberpikslitest täiesti erinev väärtus. Lisaks on rasteranalüüsid reeglina andmete lihtsa struktuuri tõttu hõlpsalt ja kiiresti teostatavad, samuti saab rakendada laiaulatuslikumaid analüüsivahendeid (Price 2010). Tulemuste suurim võimalik geograafiline täpsus, mis oleks saavutatud vaid vektorandmestikku kasutades, ei olnud antud töö kontekstis esmatähtis.

Lähemalt tutvustatakse kaartide koostamise meetodikat peatükis 4.3, järgnevates alapeatükkides selgitatakse aga rasteriseerimise ja maksumuslike kauguste leidmise teoreetilist tausta. Need põhinevad Changi (2003) ülevaatlikul käsitlusel ning kasutatakse sealset terminoloogiat.

### ***3.2.1. Rasteriseerimine***

Antud töö puhul oli algandmestik (peatükk 4.1) vektorandmete kujul. Üheks esimeseks tööetapiks oli vektorandmete muutmine rasterandmeteks – rasteriseerimine, alles seejärel sai saadud andmestikku kasutada edasisteks operatsioonideks.

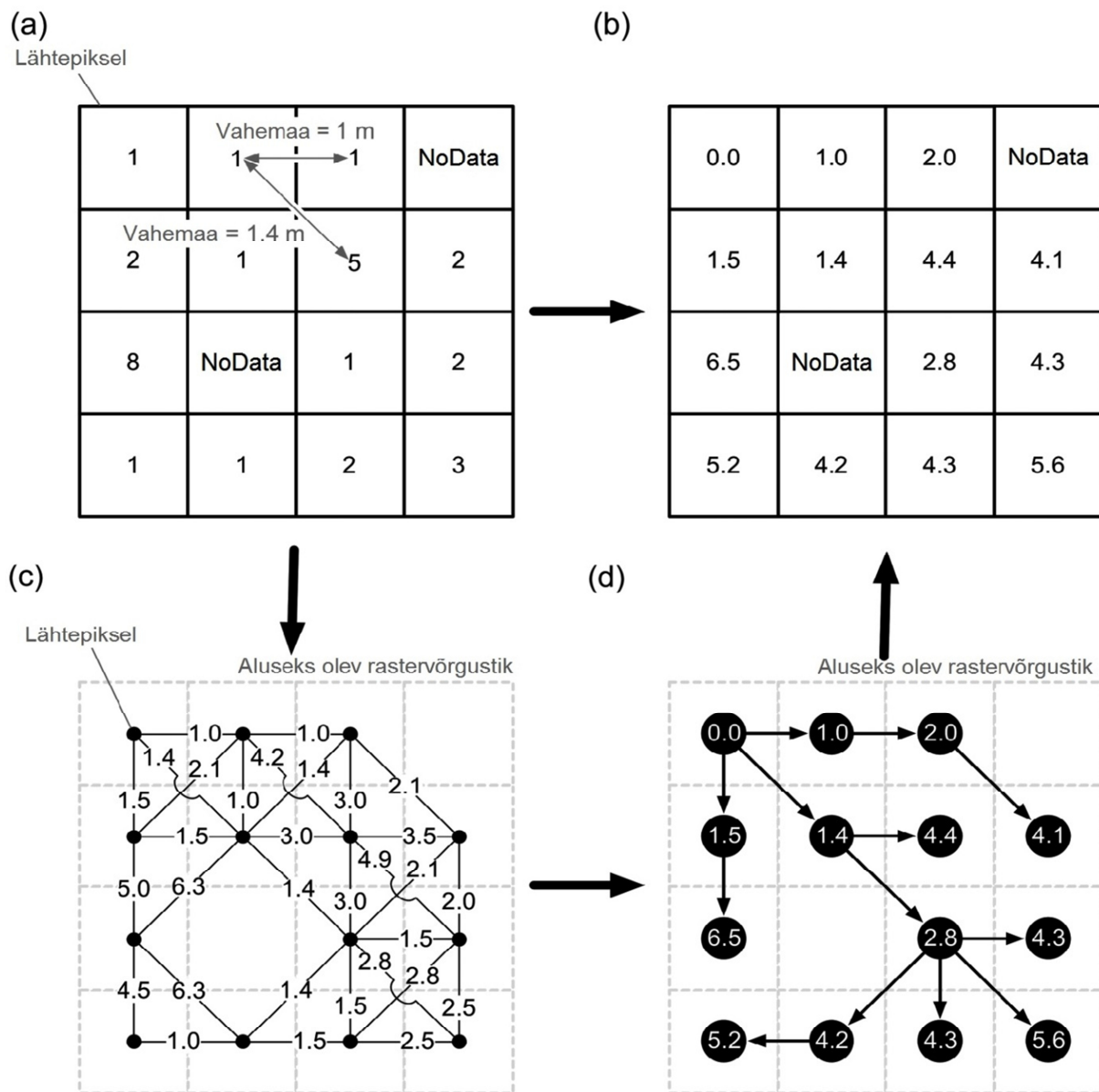
Rasteriseerimine on kolmeosaline protsess. Esiteks moodustatakse vajalikus ulatuses ja kindla suurusega pikslite võrgustik ning kõigi pikslite väärtuseks määratakse nullid. Seejärel muudetakse nende pikslite väärtuseid, mis vastavad punktidele, joontele või polügonide piiridele. Punktidele määratakse punkti-, joontele joonte- ja polügonide piiridele hulknurgaväärtused. Viimaks peab ka polügonide siseosadele määrama polügoniväärtused. Rasteriseerimisel esinevad vead sõltuvad arvutialgoritmidest ja piksli suurusest (Chang 2003). Käesolevas töös valiti moodustatavate rasterkihtide piksli suuruseks 50 m, mis peaks tagama kogu Eesti ala kattes piisava täpsuse.

### ***3.2.2. Maksumuslike kauguste leidmine***

Mõistmaks, kuidas moodustuvad ajalise katvuse kaartidele kaugustsoonid, on lähemalt vaja selgitada ka seda, kuidas leitakse rasterkihtidel punktidevahelisi maksumuslike kauguseid. Antud töö näitel on tulemuskaardi pikslite väärtusteks „maksumused“, mis iseloomustavad päästekomandodest kindla piksliga määratud punkti jõudmiseks vajalikku ajalist kogukulu.

Punktidevahelisi kauguseid arvutatakse rasteranalüüsis kaugusoperaatorite (*distance measure operations*) abil. Mõõtmisel järgitakse sõlmpunktide ja neid ühendavate lülid vahelisi suhteid. Sõlm esindab piksli tsentrit ja lülid (nii lateraalsed kui ka diagonaalsed) ühendavad

sõlmpunkte naaberpikslitega. Vahemaid arvutatakse lülide pikkuste summeerimisel: lateraalse lüli pikkus on 1 piksel, diagonaalsel lülil  $\sqrt{2} \approx 1,4142$  pikslit.



**Joonis 1.** Vähima kogukuluga tee leidmine rasterkihtidel (Etherington 2012 järgi). Maksumuslike väärtustega kiht (a) kujutab iga piksli läbimiseks vajaminevat kulu. Akumuleeritud kulude kiht (b) kujutab lähtepikslitest igasse pikslisse liikumiseks vajalikku kogukulu. Viimase moodustamiseks on kahe ühendatud piksli keskmine läbimiskulu korrutatud nende keskpunktide vahemaaga (c) ja leitud iga piksli vähima kogukuluga väärtus (d). Väärtuseta (*NoData*) pikslitel liikumine on keelatud.

Rasteranalüüsis mõõdetakse füüsilisi, eukleidilisi ja maksumuslike kauguseid (*cost distance*). Füüsilisi vahemaid leitakse kahe piksli vaheliste lülide summeerimisel ja tulemuse

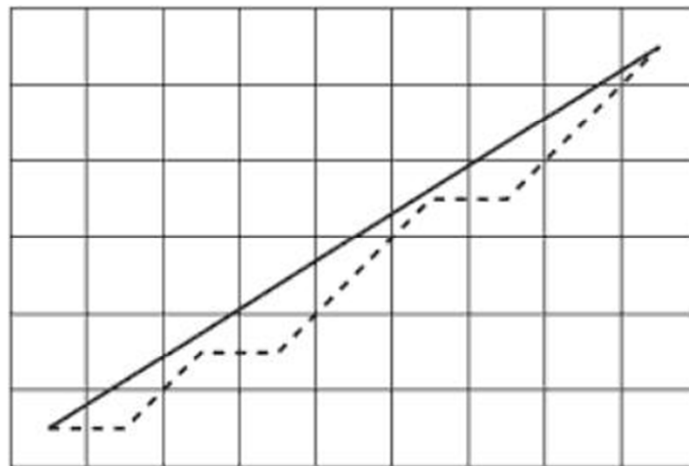
korrumisel piksli suurusega, eukleidilisi otse ühe piksli tsentrist teise liikudes (Malczewski 1999). Maksumuslike kauguste puhul mõõdetakse aga kulu vahemaa läbimiseks. Näiteks on autojuht huvitatud rohkem reisi aja- või kütusekulust, mitte niivõrd selle füüsilisest kaugusest. Sel puhul on vahemaa maksumuse teguriteks peale füüsilise kauguse muuhulgas teede seisund ja kiiruspiirangud (Chang 2003). Ka antud olukorras, kus soovime teada, kui kiiresti päästeautod kindlat tüüpi maakattega alasid erinevate punktide vahel läbivad, oleme huvitatud just maksumuslikest kaugustest.

Maksumuslike kauguste leidmisel summeeritakse pikslite kui kaugusühikute läbimiseks vajaminev kulu või takistavad tegurid. Sealjuures eeldatakse samuti, et liikumine toimub mööda lüüsid, mis iga pikslit naaberpikslitega ühendavad (Goodchild *et al* 1996). Kulu leidmiseks peab pikslitega siduma uue võrgustiku, millel on maksumuslikud väärtused (Chang 2003). Sellist võrgustikku nimetatakse maksumusrastriks või -kihiks (Etherington 2012). Maksumusteks võivad olla piksli läbimisega seotud rahalised või ajalised kulutused, keskkonnamõju, kulutatav „vaev“ või midagi muud (Etherington 2012, Mitchell 1999). Sageli leitakse pikslite väärtus erinevate maksumuste kombineerimisel. Näiteks tuleb torustiku paigaldamisel arvestada ehitus-, töö- ja keskkonnavalaste kulutustega (Chang 2003). Käesolevas töös vaadeldakse vaid üht maksumust, s.o kindlat tüüpi maakattega rastripikslitele määratud liikumiskiiruseid.

Maksumuslike kaugusoperaatorite eesmärgiks on vähima kogukuluga tee leidmine. Moodustatakse rasterkiht, mille pikslite väärtusteks on lähimast lähtepikslist sinna liikumise kogukulu. Selleks määratakse kiht nende elementidega, millest hakatakse kauguseid mõõtma ning maksumuslike väärtustega raster. Uue rasterkihi pikslite väärtuste leidmiseks liidetakse lähtepikslist soovitud pikslini jõudmiseks vajalikud maksumused (Mitchell 1999). Tulemust nimetatakse akumuleeritud kulude kihiks (Etherington 2012). Väärtuseid arvutatakse pikslite tsentrite vahel liikudes, seega on ühest pikslist teise liikumise maksumuseks pikslite maksumuste aritmeetiline keskmine (Mitchell 1999). Pikslite vahel diagonaalselt liikudes korrumatakse nende maksumuste aritmeetiline keskmine 1,4142-ga (Chang 2003, Mitchell 1999). Akumuleeritud kihi moodustumist illustreerib joonis 1.

Kõigile pikslitele väärtuste omistamiseks kasutatakse korduvate tehete algoritmi. Esiteks aktiveeritakse lähtepiksliga külgnevad pikslid ja arvutatakse nendesse liikumise maksumused. Aktiveeritud pikslitest valitakse vähima maksumusega piksel ning liigutakse sellesse. Seejärel aktiveeritakse valitud piksliga külgnevad pikslid ja jällegi valitakse vähima maksumusega tee.

Piksli reaktiveerimine tähendab, et sellest pikslist lähtepiksline on leitud alternatiivne tee ning sel juhul tuleb tollest pikslist lähtepiksline jõudmise kogukulu üle arvutada ning pikslile vähima kogukuluga väärtus määrata. Kirjeldatud tegevus kestab seni, kuni kõigile pikslitele on määratud nende vähim kogukulu lähtepiksline jõudmiseks (Chang 2003). Selline lähenemisviis põhineb Dijkstra algoritmile, mida kasutatakse graafides lühimate teede arvutamiseks (Etherington 2012, Goodchild *et al* 1996). Paljud geoinformaatilised vähima kogukulu arvutamise lahendused konverteerivad maksumuslike väärtustega rasterkihi töötlemise ajaks just graafiks (Etherington 2012). Suurte rasterpindade puhul kasutatakse ka muid algoritme, sest kirjeldatud lähenemine on võrdlemisi mälumahukas (Goodchild *et al* 1996).



**Joonis 2.** Vähima kogukuluga tee (katkendlik joon) ühendab pikslite keskpunkte (Kennedy 2009). Lähte- ja lõpp-piksli tsentreid otse ühendavat teed (sirgjoon) nimetatakse eukleidiliseks vahemaaks (Malczewski 1999).

Maksumuslikel kaugusoperaatoritel on erinevaid rakendusvõimalusi, näiteks teede ja torustike asukohtaanalüüsid neile vähima kogukuluga paigutuse leidmine (Chang 2003). Samas on tulemused vähem täpsed kui eukleidiliste kauguste leidmise puhul, sest pikslid ühendavad rajad peavad läbima nende keskpunkte ning pikslite vaheliseks liikumiseks kasutatakse vaid kaheksat põhisuunda (Kennedy 2009). Seega ei saa vähima kogukuluga tee sageli isegi olukordades, kus pikslitel on sama maksumus, kulgeda „otse“ läbi pikslite (joonis 2).

## 4. Andmed ja meetodika

### 4.1. Andmed

#### 4.1.1. Eesti topograafia andmekogu

Kaartide koostamisel kasutati andmeid erinevatest allikatest. Olulise osa algandmetest moodustasid 2011. aasta Eesti topograafia andmekogu (ETAK) tuumandmebaasi andmed, mida kasutades koostati maksumusraster. Eesti topograafia andmekogu on „Maa-ameti andmekogu ja geoinfosüsteem, mis on oluliseks osaks Maa-ametis juurutatavale andmebaasipõhisele topograafiliste andmete ja kaartide tootmisprotsessi lahendusele“ (Maa-amet 2011b). Tuumandmebaasis hallatakse vektorkujul ruumiandmeid, mis on seotud neid iseloomustavate atribuutandmetega (Maa-amet 2006).

Tuumandmebaasis esinevatest nähtuseklassidest valiti välja liikumiskiiruse modelleerimiseks vajalikud olemid (tabelid 1 ja 2). Kõigile olemitele omistati liikumiskiiruse väärtused, mida kasutati hiljem kiirusrastri koostamisel. Olemite väärtused väljendavad neid esindavate pikslite läbimise keskmist kiirust kiirusrastris. Teede klassidele määrati liikumiskiirused varasemate Päästeameti ajalise katvuse analüüside tehnilistele kirjeldustele toetudes (Päästeamet 2010a, Päästeamet 2010b). Osadele klassidele väärtuste leidmiseks analüüsiti teelõike Google Street View abil, misjärel määras autor ise neile liikumiskiirused. Maakatetele liikumiskiiruste määramiseks head teoreetilist alust ei leidunud. Selleks analüüsis autor Maa-ameti ortofotode ja Google Street View abil erineva katttega alasid ning määras neile liikumiskiirused oma hinnangu alusel.

**Tabel 1.** Kiirusrastri moodustamiseks ETAK tuumandmebaasist välja valitud olemid algkujul koos nendele hiljem määratud liikumiskiirustega.

Nähtuseklass	Kujutis	Olem	Liikumiskiirus (km/h)	
			Optimistlik	Pessimistlik
Nõlvad	Joon	Karjääri serv	0	0
		Looduslik järsak		
		Nõlv		
Meri	Polügon	Meri	0	0
Seisuveed	Polügon	Bassein	0	0
		Biotiik		
		Järv		
		Laugas		
		Muu		
		Paisjärv		

		Tehisjärv		
		Tiik		
		Täitmata		
Vooluveed	Polügon	Vooluveekogu	0	0
Inimalad	Polügon	Haljasala	20	15
		Jäätmaa	5	3
		Spordikompleks	20	15
Inimalad (kattuvad)	Polügon	Kalmistu	10	5
		Karjäär	15	10
		Prügila	15	10
Õued	Polügon	Eraõu	10	5
		Tootmisõu	30	20
Haritavad alad	Polügon	Aianduslik maa	10	5
		Põld	10	5
Lagealad	Polügon	Klibune ala	20	15
		Liivane ala	20	15
		Muu lage	10	5
		Rohumaa	10	5
Puistud	Polügon	Mets	4	2
		Põõsastik	1	1
Puistud (kattuvad)	Polügon	Noor mets	5	3
Märgalad	Polügon	Madal soo	2	1
		Madal soo puudega	2	1
		Raba	1	1
		Raba puudega	1	1
		Raskestiläbitav soo	0	0
		Raskestiläbitav soo puudega	0	0
		Soovik	2	1
		Soovik puudega	2	1
Turbaalad	Polügon	Mahajäetud turbaväli	10	5
		Turbaväli	10	5

Nii maakatetele kui teedele määrati optimistlikud ja pessimistlikud kiirusväärtused, modelleerimaks päästekomandode ajalist katvust heade ja halbade liikumistingimuste korral. Näiteks võivad liikumiskiirust oluliselt mõjutada lumikate, jäide ja muud ilmastikuolud.

**Tabel 2.** ETAK tuumandmebaasi teede klassid koos nendele määratud liikumiskiirustega.

Nähtuseklass	Kujutis	Olem	Liikumiskiirus (km/h)	
			Optimistlik	Pessimistlik
Teed	Joon	Kõrvalmaantee Kivi	25	20
		Kõrvalmaantee Kruus	50	40

Kõrvalmaantee Püsi- ja kergkate	80	65
Kõrvalmaantee Täitmata	80	65
Muu tee Kivi	20	15
Muu tee Kruus	35	25
Muu tee Muu	25	20
Muu tee Pinnas	15	10
Muu tee Püsi- ja kergkate	40	30
Muu tee Täitmata	25	20
Põhimaantee Püsi- ja kergkate	90	80
Põhimaantee Täitmata	90	80
Rada Kivi	15	10
Rada Kruus	15	10
Rada Muu	10	5
Rada Pinnas	10	5
Rada Püsi- ja kergkate	25	20
Rada Täitmata	20	15
Ramp, ühendustee või muu riigimaantee Kruus	50	40
Ramp, ühendustee või muu riigimaantee Püsi- ja kergkate	60	50
Ramp, ühendustee või muu riigimaantee Täitmata	60	50
Tugimaantee Kruus	70	55
Tugimaantee Püsi- ja kergkate	90	75
Tugimaantee Täitmata	90	75
Tänav Kivi	25	20
Tänav Kruus	40	30
Tänav Muu	25	20
Tänav Pinnas	25	20
Tänav Püsi- ja kergkate	50	40
Tänav Täitmata	30	20

#### 4.1.2. Päästeameti andmed

Päästeametist saadi andmed komandode täpsete asukohtade, reageerimisaegade, keskmiste koosseisude ja tehnilise valmisoleku kohta. Viimased andmed hõlmasid loetelu igas päästekomandos olemasoleva tehnika, sealhulgas arvesse võetud paatide kohta, mida kasutati Vilsandi saare ja Võrtsjärve juhtumianalüüside koostamiseks.

Igale komandole on Päästeameti poolt määratud kindel reageerimisaeg, mis riiklike komandode puhul on üks minut ning vabatahtlikel komandodel 5, 10 või 15 minutit. Kuna päästjad ei sõida alarmeerimise hetkel kohe väljakutsele, kasutati reageerimisaegsid kohalejõudmisaegade leidmisel. Kahtlemata võib päästjate väljasõit toimuda komandole määratud reageerimisajast ka oluliselt kiiremini, kuid modelleerimise seisukohalt on vabatahtlike komandode klassifitseerimine reageerimisaegade järgi autori hinnangul oluline. Kõikide päästekomandode asukohtasid koos nende ametlike reageerimisaegadega kujutab lisa 1.

Päästekomandode kuiste keskmiste koosseisude andmeid kasutati komandode elupäästevõimekuse muutuste analüüsimiseks. Päästeametist saadi andmed 2011. aasta koosseisude kohta alates maikuust ning kogu 2012. aasta andmed. Tehti väljavõtte mõlema aasta suveperioodi (juuni-august) koosseisuandmetest ning leiti komandode keskmised koosseisud antud perioodidel. Lähtuvalt viimastest filtreeriti komandod, mis omasid optimaalset või minimaalset elupäästevõimekust (lisa 11 ja 12).

Samuti kasutati võrdlusmaterjalina Päästeameti poolt tellitud ja AS Regio koostatud seniseid Eesti päästekomandode ajalise katvuse kaarte.

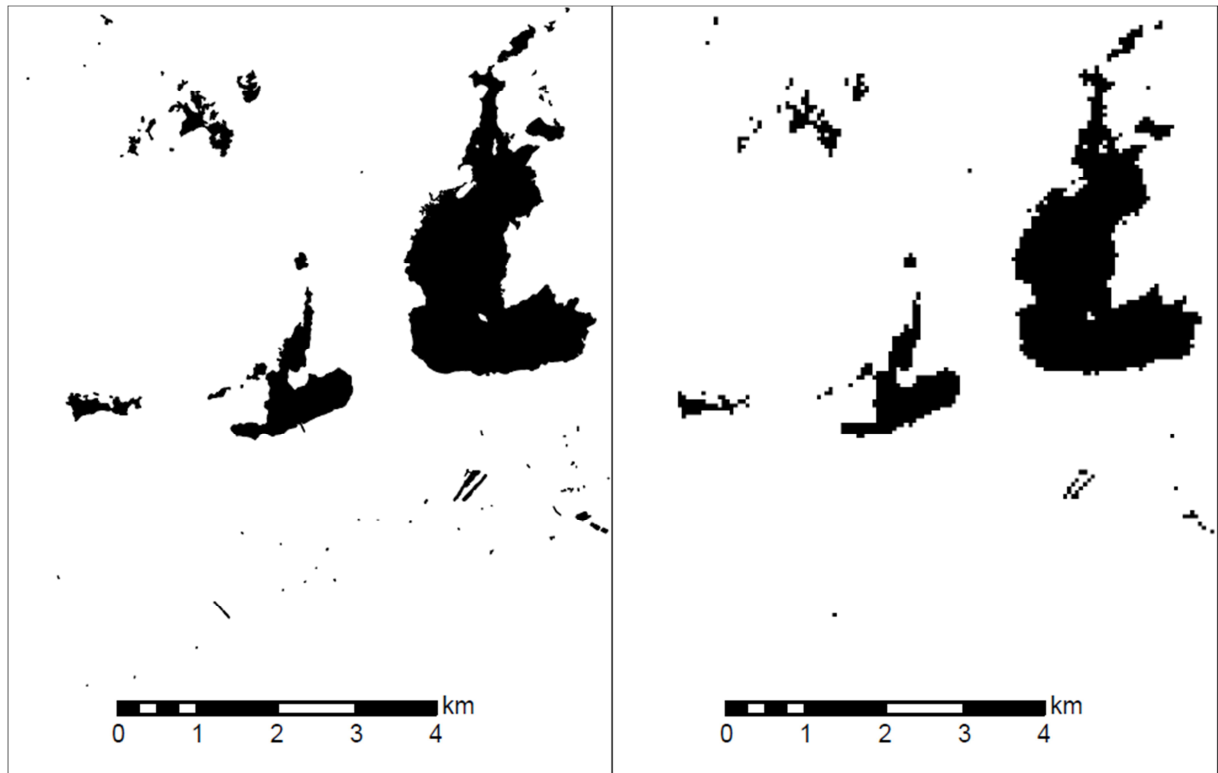
#### ***4.1.3. Maa-ameti andmed ja Eesti Geograafia CD***

Kaartide viimistlemiseks kasutati lisaks eeltoodule Maa-ameti haldus- ja asustusjaotuse ruumiandmeid ning Tartu Ülikooli Geograafia instituudi poolt loodud Eesti Geograafia CD materjale. Maa-ameti ruumiandmed hõlmasid Eesti maa-ala täpseid kontuure, mida kasutati tulemuskaartidelt soovitava territooriumi „välja lõikamiseks“. Eesti Geograafia CD on elektrooniline õpik, mille kaardikihte kasutati tulemuskaartidele linnakontuuride ja -punktide lisamiseks. Samuti kasutati töö käigus Maa-ameti WMS-teenuse ortofotode kihti.

#### **4.2. Preventiivne analüüs**

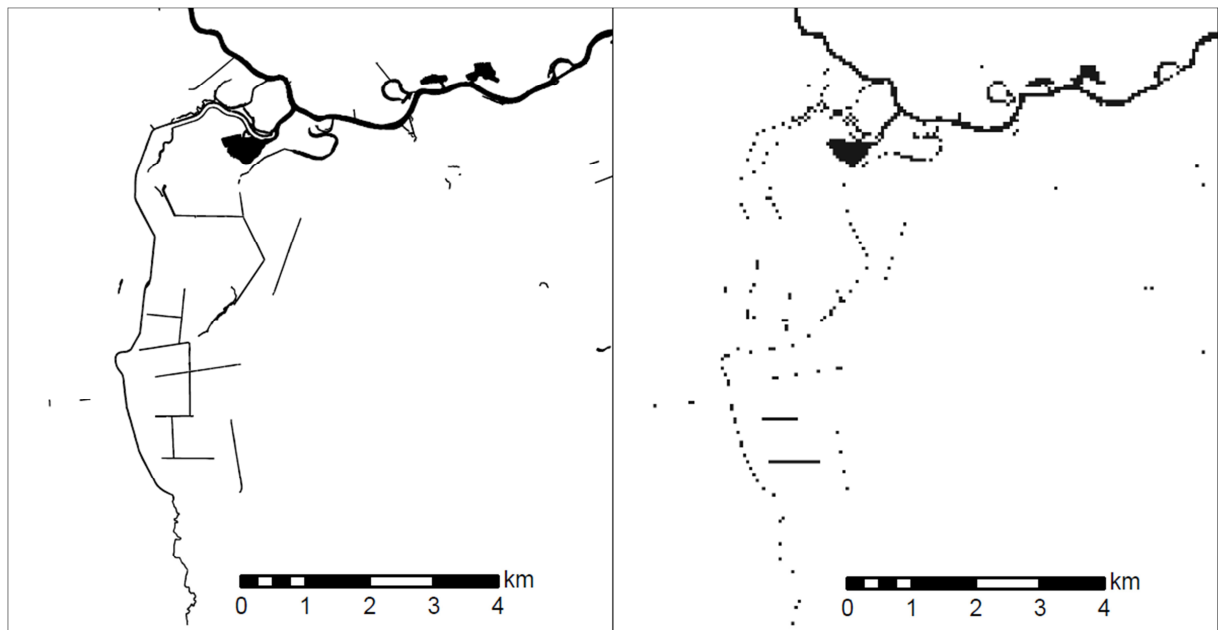
Kogu ajalise katvuse modelleerimine toimub oluliste lihtsustustega, sest maakattetüüpidele ja teede klassidele määratakse keskmised liikumiskiirused ilma nende täpsemat seisundit teadmata. Samuti ei olnud peale tabelis 1 toodud barjääride teada muid reaalseid liikumistõkkeid. Tegelikult mõjutavad päästjate kohalejõudmise aega õnnetuspaikadesse veel paljud muud tegurid, nagu ilmastikuolud, kutsel olevate päästemeeskondade arv ja

tehniline võimekus. Enne ajalise katvuse kaartide koostamist viidi tulemuskaartidel vigade vältimiseks ja võimalikult realistlikuks modelleerimiseks läbi analüüsid, mille põhiliseks eesmärgiks oli liikumisbarjääride kihi ratsionaalne komplekteerimine.



**Joonis 3.** ETAK tuumandmebaasi seisuveekogude vektorkujutis (vasakul) ja rasteriseeritud kujutis (paremal) Mullutu lahe piirkonnast.

Töö meetodikast antakse täpsem ülevaade peatükis 4.3, kuid siinkohal on vajalik veidi tutvustada kaartide koostamise loogikat. Nimelt moodustatakse esmalt kiirusraster selliste maakatete liidetud kihtidest, millel liikumise kiiruseks on määratud nullist suurem väärtus. Järgmisena korrutatakse saadud rastri pikslite väärtused läbi liikumisbarjääride üldrastri vastavate pikslite väärtustega. Liikumisbarjääride üldrastris on kõikide liikumisbarjääride kihid, sealjuures on barjääre esindavate pikslite väärtusteks nullid ja muude pikslite väärtuseks ühed. Selline tehe tähendab, et maakatete kiirusrastri sellised pikslid, millele barjääride üldrastris vastavad barjääride nullväärtused, saavad uue väärtuse null ning muude pikslite väärtused jäävad samaks. Viimaks lisatakse teede kiirusraster, milles teid esindavatel pikslitel on vastavalt nende klassile määratud liikumiskiiruse väärtused (tabel 2) ning muude pikslite väärtuseks on null. ArcGIS-i *Over* tööriista abil valitakse uude rastrisse teede kihist sellised pikslid, mille väärtus ei ole null ning muude pikslite väärtused leitakse maakatete ja liikumisbarjääride koondkihist.

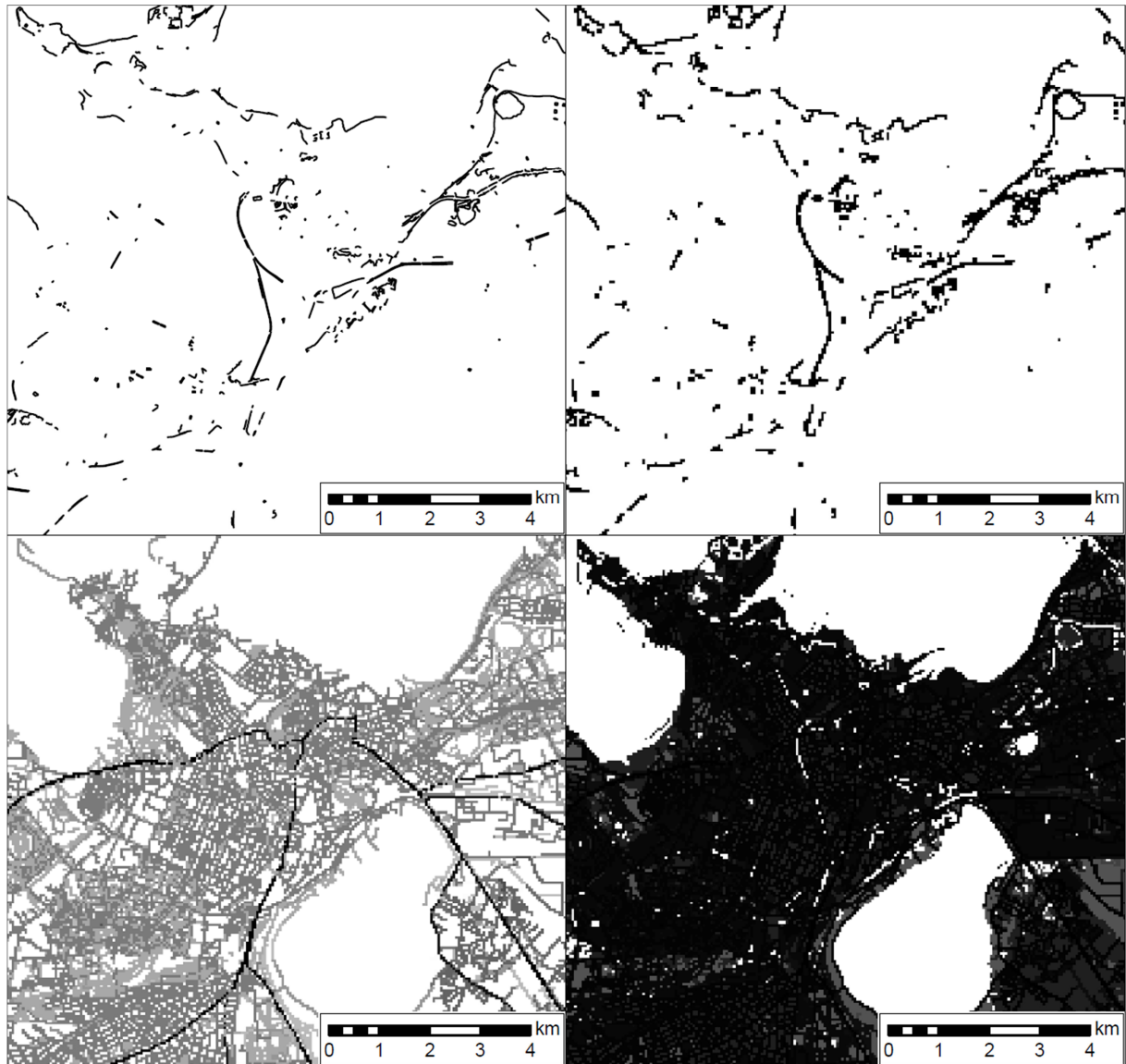


**Joonis 4.** ETAK tuumandmebaasi vooluveekogude vektorkujutis (vasakul) ja rasteriseeritud kujutis (paremal) Tartust vahetult kagusse jääva Emajõkke suubuva Porijõe piirkonnast.

Lähtuvalt olemitele määratud liikumiskiirustest tabelis 1 on antud töös barjäärideks meri, seisuveekogud, vooluveekogud, nõlvad, raskesti läbitavad sood ja raskesti läbitavad sood puudega. ETAK tuumandmebaas hõlmab ka üsna väikeste mõõtmetega veekogusid: seisuveekogude puhul on minimaalseks pindalaks 20 m<sup>2</sup>, vooluveekogude puhul minimaalseks laiuks 1 m (Maa-amet 2009). Analüüsi käigus kontrolliti, kas veekogude rasteriseerimine toimus ratsionaalselt, s.t generaliseerimise käigus ei määratud veekogude väärtuseid liiga paljudele või liiga vähestele pikslitele. Liiga paljude veekogupikslite moodustumine oleks tähendanud liiga suurt ning liiga vähene hulk omakorda liiga väikest hulka barjääripikslid, mis oleksid mõjunud modelleerimisele ebasoodsalt.

Selgus, et rasteriseerimine oli olnud võrdlemisi edukas ning lisatöö, näiteks väikesemõõtmeliste veekogude välja filtreerimiseks, ei olnud vajalik. Seisuveekogude vektor- ja rasterkujutiste võrdlemisel (joonis 3) võib näha, et paljud väikesemõõtmelised veekogud on piksli suurusest (50 m) tulenevalt generaliseerimise käigus välja filtreeritud. Samas on allesjäänud veekogupikslid piisavad selleks, et neid modelleerimises barjääridena kasutada. Sama kehtib üldiselt ka vooluveekogude kohta (joonis 4). Laiad jõed nagu Emajõgi on kindlad barjäärid, mis seavad olulisi liikumiskiiranguid. Barjäärideks on ka väiksemad jõed, kuid nende kitsuse tõttu jäävad nad rasterkihis osaliselt katmata. Teisalt võib vooluveekogupikslite liigne esinemine tekitada situatsiooni, kus barjääre on liiga palju. Kui ka teede rasterkiht sildade esinemiskohtades tekkinud barjääre ei kata, mõjub see

modelleerimisele halvasti. Seega otsustati veekogusid esindavaid piksleid juurde mitte tekitada.



**Joonis 5.** ETAK tuumandmebaasi nõlvade vektorkujutis (üleval vasakul), rasteriseeritud kujutis (üleval paremal), teede kiirusväärtustega rasterkiht (all vasakul) ja lõplik maksumusraster (all paremal) Tallinna piirkonnast.

Samuti oli modelleerimise seisukohalt küsitavaks nõlvade kujutamine barjääradena (joonis 5). Nõlvad otsustati lisada, sest vastavalt piiratluskriteeriumitele (Maa-amet 2009) peab nende kalle olema vähemalt  $45^\circ$  (inimtekkelistel nõlvadel  $35^\circ$ ), mis autori hinnangul on päästeautodele oluliseks liikumisbarjääriks. Ühtlasi katsid teede pikslid nende esinemisaladel nõlvapikslid suhteliselt hästi ära, seega said nõlvade aladel kulgevad teed viimaste väärtused ning muud nõlvad jäid nullväärtustega liikumisbarjäärideks.

Katsetati ka muude barjäärade, sealhulgas sõidutakistuste kihi lisamist maksumustrale. Sõidutakistus on koht, kus tee suletakse tõkkepuuga või on muu alaline läbisõidutakistus (Maa-amet 2009). See tekitas aga lisaprobleeme, sest sõidutakistuste esinemiskohtades määrati tervele 50x50 m pikslile liikumiskiiruse väärtuseks null. Nii jäi näiteks Väikese väina tammi Muhumaapoolses otsas esineva sõidutakistuse tõttu modelleerimise järgi päästeteenusega katmata kogu Muhu saar.

### **4.3. Metoodika**

#### **4.3.1. Rasteriseerimine**

Käesoleva töö koostamiseks kasutati programmi *ArcGIS 10.1 for Desktop* (edaspidi ArcGIS) Nagu eespool mainitud, algas töö ETAK tuumandmebaasist vajalike ruumiandmete valikuga. Valitud nähtuseklasside kaardikihtidest moodustati omakorda olemite kaupa selektsioonid, kasutades tööriista *Select by attributes*.

Olemite selektsioonid rasteriseeriti ühekaupa tööriistaga *Polygon to Raster* või *Polyline to Raster*. Polügonide rasteriseerimise tüübiks (*cell assignment type*) valiti *maximum area*, mille puhul antakse tekitatava rastervõrgustiku pikslitele väärtused polügoni järgi, mille pindala pikslis on kõige suurem. See tähendab, et kui pikslis esinevad raba, madalsood ja soovikut esindavad polügonid ning rabapolügoni pindala selles pikslis on kõige suurem, antakse pikslile raba iseloomustav väärtus. Joonte rasteriseerimise tüübiks valiti *maximum length*, millega antakse pikslitele väärtused neis esinevate pikimate elementide järgi. Näiteks juhul, kui pikslis esinevad nii põhimaantee, kõrvalmaantee kui ka tänav ning põhimaantee on neist pikslis kõige pikem element, antakse pikslile põhimaantee väärtus. Nii polügonide kui ka joonte rasteriseerimiseks on ArcGIS-is ka muid viise. Moodustatavate rasterkihtide piksli suuruseks määrati 50 m, mis on autori hinnangul piisav generaliseerimise aste. Tänu rasterandmete eripärale, mille kohaselt igal pikslil võib olla oma naaberpikslitest täiesti erinev väärtus, iseloomustab 50x50 m suuruste pikslitega kaetud võrgustik Eesti territooriumit küllalt hästi.

Rasteriseerimisel ja kõigil sellele järgnevatel protseduuridel jälgiti, et kihtidele omistataks samad koordinaatsüsteemiandmed ning sama kihi töötlemise ulatus (*processing extent*). See on äärmiselt oluline, sest vastasel juhul ei ole rasterkihid omavahel võrreldavad ja nendega ei

saa sooritada töötlusoperatsioone. Antud töös kasutatavaks koordinaatsüsteemiks oli L-EST 97.

#### 4.3.2. Maakatete kiirusrastri moodustamine

Järgnevalt talitati maakatete ja liikumisbarjääride rasterkihtidega erinevalt. Maakatete kihid reklassifitseeriti tööriista *Reclassify* abil, sealjuures määrati maakatet esindavatele pikslitele neile vastavad liikumisväärtused (tabelid 1 ja 2) ja muude pikslite väärtuseks nullid. Seejärel hakati reklassifitseeritud nähtuseklassidega kihte üksteisele lisama. Kihtide teineteisele lisamine toimus tööriistaga *Over*, mis määrab väljundrastrisse esimese rasterkihi sellised pikslid, mille väärtus ei ole null ning nullväärtusega pikslid asendab teise rasterkihi pikslitega (joonis 6).

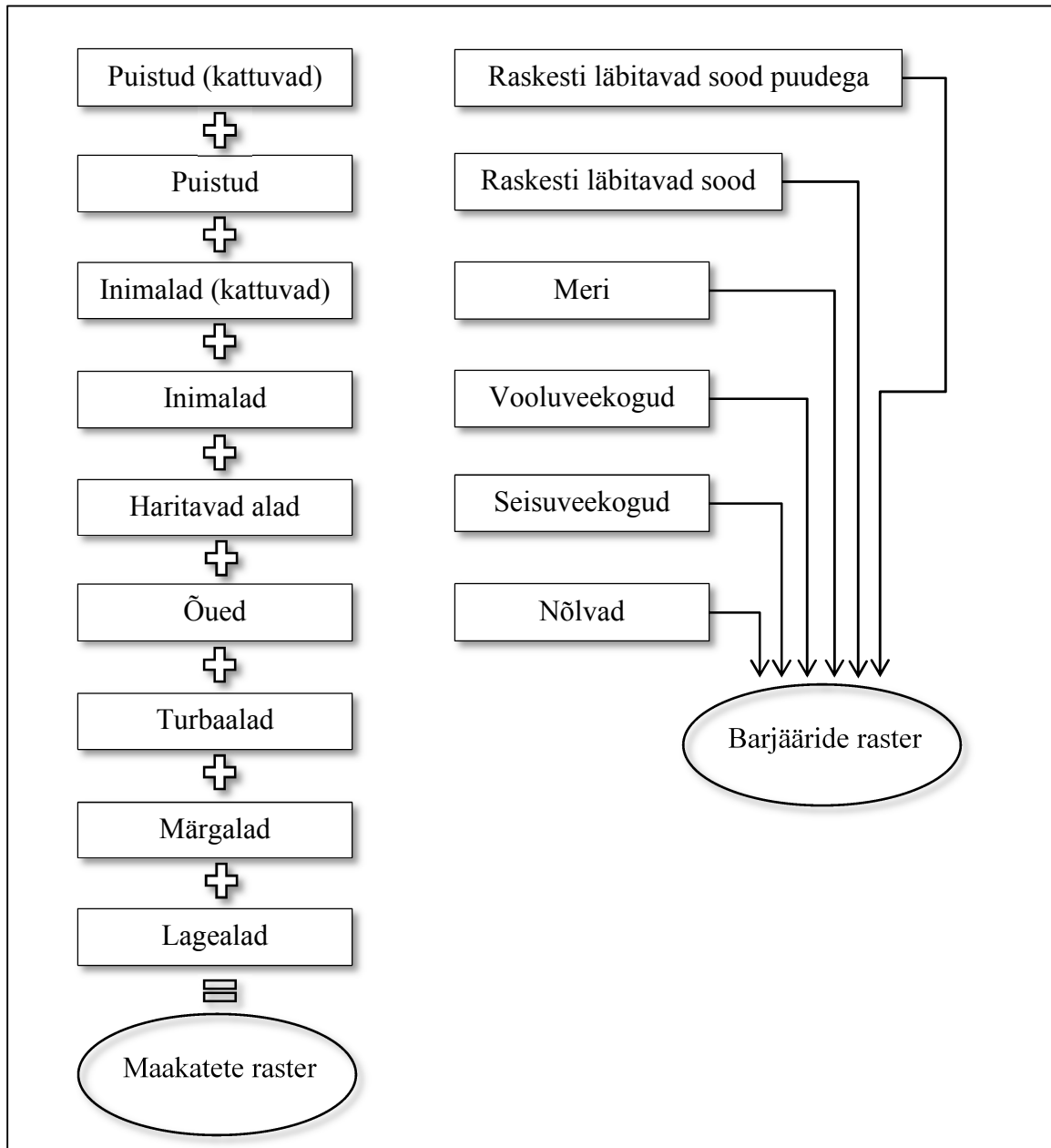


**Joonis 6.** ArcGIS tööriista *Over* tööpõhimõte. Väljundrastrisse (paremal) määratakse esimese rasterkihi (vasakul) sellised pikslid, mille väärtus ei ole null ning nullväärtusega pikslid asendatakse teise rasterkihi (keskel) pikslitega (ArcGIS Resource Center 2011a).

Kihtide lisamine toimus kindlas järjekorras, mida iseloomustab joonis 7. Selline järjekord võimaldas säilitada selliste kattuvate kihtide olemasolu, nagu noored metsad, kalmistud, karjäärid ja prügilad. Järjekorra paikapanemisel lähtuti põhimõttest, et modelleerimise seisukohast olulised kihid säiliks. Näiteks juhul, kui inimalal esines metsa, peeti liikumiskiiruste määramisel olulisemaks metsakihti. Tuli ette ka muid kattuvaid kihte, näiteks haljasala ja rohumaa, aianduslik maa ja mets, muu lage ala ja põld, mistõttu rastrite lihtne liitmine ei olnuks võimalik.

Samas ei olnud algselt valitud kihid piisavad selleks, et katta kogu Eesti maa-ala, ka mitte hilisemal teede kihi lisamisel. See tulenes teatud kihtide teadlikust väljajätmisest. Näiteks ei kasutatud töös ETAK tuumandmebaasi tealade polügonkihti, millel puudusid liikumiskiiruse väärtuste määramiseks vajalikud atribuudid. Teede kohal kattis algsest joonobjektidega teede kihist moodustatud raster tealade kihi väljajätmisest põhjustatud nullväärtusega pikslid suhteliselt hästi, kuid teatud teelad jäid siiski katmata (näiteks lennuväljad, väljakud ja parklad). Nullväärtusega pikslite täitmiseks kasutati tööriista *Expand*, mis laiendab rastri

kindla väärtusega piirkondi etteantud arvu pikslite võrra (joonis 8). Autor hindas nullväärtusega pikslite ulatuslikumaid piirkondi saadud maakatete kiirusrastril ja määras kõigi väärtustega alade laiendamismääraks kolm pikslit.



**Joonis 7.** Maakatete kiirusrastri ja liikumisbarjääride üldrastri koostamine. Maakatete kiirusraster moodustati vastavalt joonisel toodud järjekorrale nähtuseklasside kihte ükshaaval eelmistele „liites“, alustades ülemisest kihist. Liikumisbarjääride üldrastri moodustamisel korrutati kõik barjääride rastrid omavahel läbi.



**Joonis 8.** ArcGIS tööriista *Expand* tööpõhimõte. Algrastri (vasakul) kindla väärtusega (antud näites 5) piirkondi laiendatakse etteantud arvu (üks) pikslite võrra (ArcGIS Resource Center 2011b).

#### 4.3.3. Liikumisbarjääride üldrastri moodustamine

Barjääride kihid reklassifitseeriti samuti ühekaupa tööriista *Reclassify* abil, sealjuures määrati barjääre esindavatele pikslitele nullväärtused (tabel 1) ja muude pikslite väärtuseks ühed. Sellised väärtused võimaldasid hiljem tööriista *Raster Calculator* abil barjääride üldrastrit maakatete kiirusrastriga läbi korrutada, mille tulemusel maakatete rastri sellised pikslid, millele barjääride üldrastris vastasid barjääride nullväärtused, said uue väärtuse null ning muude pikslite väärtused jäid samaks. Kõikide barjäärikihtide koondamine liikumisbarjääride üldrastrisse toimus samuti tööriistaga *Raster Calculator*, millega kõik kuus barjäärikihti omavahel läbi korrutati (joonis 7). Selliselt säilitasid barjäärid nullväärtused ning muude pikslite väärtusteks jäid ühed.

#### 4.3.4. Teede kiirusrastri moodustamine

Teede kiirusraster koostati eelnevate koondkihtidega võrreldes veidi erinevalt. Esmalt ühendati teede vektorkiht .xls tabeliga (*join data*), milles olid kõigile teede klassidele määratavad liikumiskiiruse väärtused (tabel 2). Kihi rasteriseerimisel määrati väljundrastrile omistatavateks väärtusteks tabeli ühendatud veerus paiknevad näitajad. Tulemuseks oli rasterkiht, millel erineva klassiga teelõikudel olid neile vastavad väärtused ning muud pikslid ei omanud väärtust (*NoData*). Väärtuseta pikslitele nullväärtuse omistamiseks kasutati tööriista *Raster Calculator* järgneva avaldisega:

$$\text{Con} (\text{IsNull} ("teed"), 0, "teed" )$$

Avaldises tähistab „teed“ teede rasterkihti.

#### 4.3.5. Tehted rasterkihtidega

Moodustatud maakatete kiirusraster ja liikumisbarjääride üldraster korrutati eelpool kirjeldatud viisil, mille tulemusena tekkisid maakatete kihile barjääride nullväärtused. Järgmiseks lisati saadud kihile teede kiirusraster. ArcGIS-i *Over* tööriista abil valiti väljundrastrisse teede kihi teid esindavad pikslid ning muude pikslite väärtused leiti maakatete ja liikumisbarjääride koondkihist. Tekkinud rasterkiht sarnanes juba vägagi sellele koondkihile, mida hakati kasutama ajalise katvuse analüüsiks, kuid sellel olid soovitava kihiga võrreldes pöördväärtused. Nimelt iseloomustasid pikslite väärtused nende läbimise keskmist kiirust, mitte selleks kulutatavat aega.

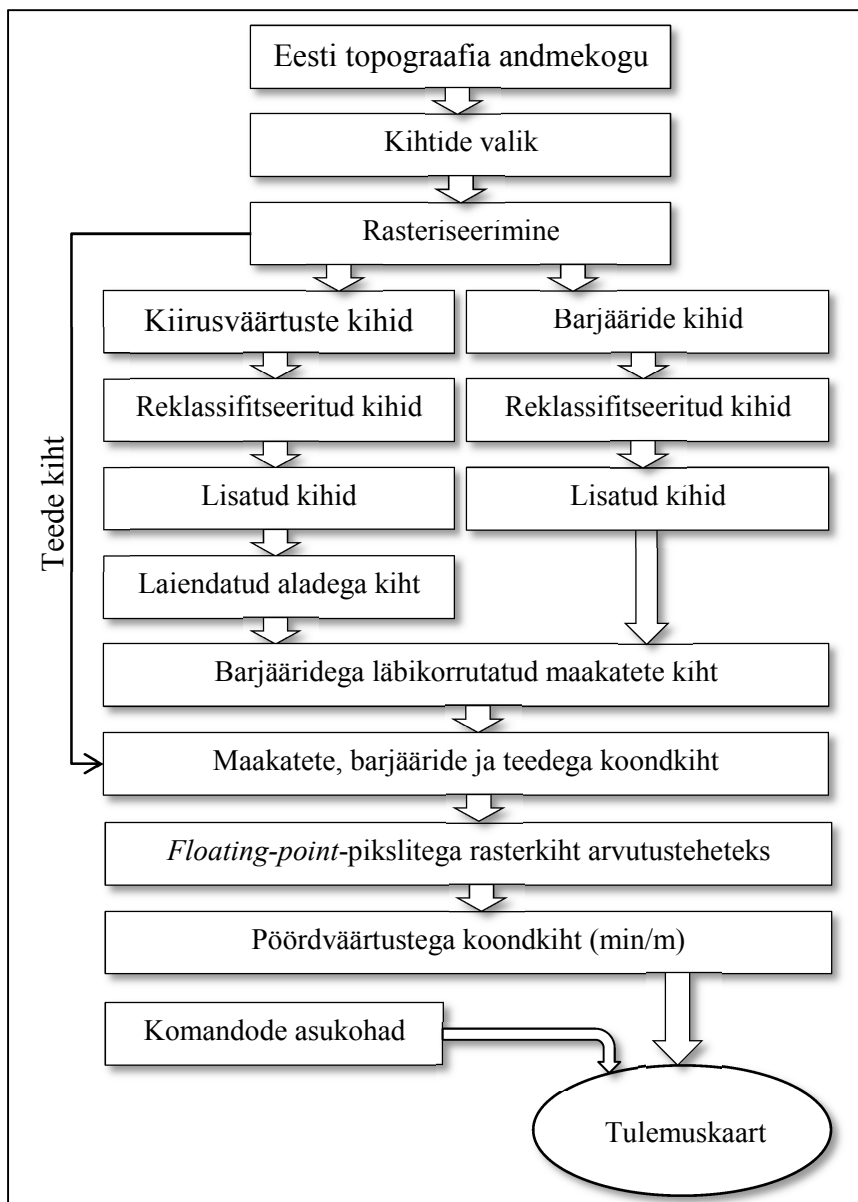
Vajalike tehete jaoks muudeti senine rasterkiht, millel olid täisväärtustega (*integer*) pikslid, ujukomaarvuliste (*floating-point*) pikslitega rastroks. Selleks liideti kihile tööriista *Raster Calculator* abil ujukomaarvuliste pikslitega konstantne nullväärtustega raster, mis oli moodustatud tööriista *Create Constant Raster* abil. Tekkinud rasterkihile õigete väärtuste saamiseks kasutati tööriista *Raster Calculator* järgneva avaldisega:

$$1 / \text{„raster“} * 3 / 50$$

Avaldises tähistab „raster“ moodustatud ujukomaarvuliste pikslitega koondkiirusrastrit. 3/50-ga korrutamisel teisendatakse ühikud h/km-lt min/m-ks. Ühtlasi tähendab sellise avaldise kasutamine seda, et pikslitele pöördväärtuste leidmisel muudetakse nullväärtusega barjääripikslid väärtusega (*NoData*) piksliteks. Väärtusega pikslid ei saa hiljem maksumusrastrit akumulieritud kulude kihi koostamisel pikslitevaheliseks liikumiseks kasutada. Sellistesse pikslitesse jõudmise kogukulusid ei leita ning pikslid jäävad väärtusega.

#### 4.3.6. Päästekomandode kihi moodustamine

Päästekomandode asukohtade andmed saadi Päästeametist .xls tabelitena, kus komandode asukohad olid määratud geograafiliste koordinaatidega. Tabelitest vektorkujutiste moodustamiseks kasutati programmis *ArcCatalog* käsku *Create Feature Class From XY Table*.



**Joonis 9.** Ajalise katvuse kaartide koostamise kokkuvõtlik skeem.

#### 4.3.7. Ajalise katvuse kaardi moodustamine

Tulemuskaardi moodustamiseks kasutati tööriista *Cost Distance*, mille sisenditeks on lähtelemente või -pikslid sisaldav kiht ning maksumusraster. Peatükis 3.2.2 kirjeldatud viisil arvutab tööriist akumulereitud ajakulude kihi. Saadud kihi pikslite väärtustele liideti komandode reageerimisajad minutites. Kõiki komandosid hõlmavate kaartide moodustamiseks koostati esmalt kindla reageerimisajaga komandoklasside akumulereitud kulude kihid ning seejärel loodi uus kiht, mille pikslite väärtusteks olid saadud kihtidest

vähimad pikslite väärtused. Viimase operatsiooni läbiviimiseks kasutati tööriista *Cell Statistics*. Kaartide koostamist iseloomustab kokkuvõtlikult joonis 9.

## 5. Tulemused ja arutelu

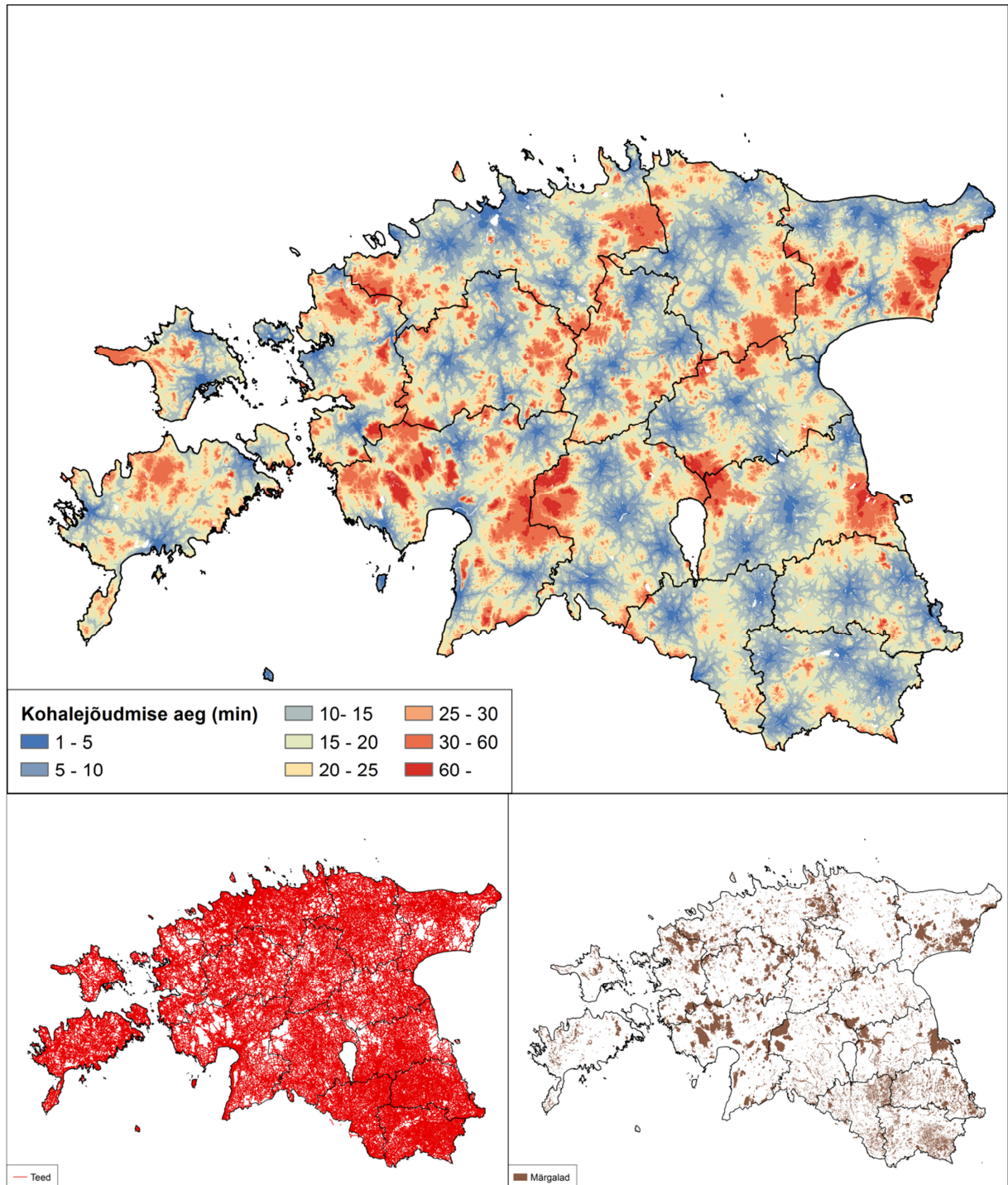
Praegune riiklike komandode võrk katab Eesti territooriumit suhteliselt ebahühtlaselt (lisa 2 ja 3). Paremini on kaetud Tallinn ja selle ümbrus, Ida-Virumaa linnad ja Kagu-Eesti. Probleemsemateks aladeks on ulatuslikud regioonid Pärnu-, Viru-, Tartu-, Harju- ja Saaremaal. Üldiselt on põhjuseks hõre teedevõrk, seda just suurtes soomassiivides: Soomaal ja Lihula-Lavassaare soostikus Pärnumaal, Epu-Kakerdi soostikus Kesk-Eestis, Läänemaa Suursoos Loode-Eestis, Puhatu ja Muraka soostikus Virumaal, Kõrvemaa soodes Harjumaal ning Sangla soostikus ja Emajõe Suursoos Tartumaal. Märjaladel on liikumiskiirus väga väike ning raskestiläbitavad sood on modelleerimise järgi hoopiski liikumisbarjäärideks. Ülejäänud aladel on aga kehv katvus tingitud suurtest metsamassiividest, kus on samuti vähe teid ja liikumiskiirus väike, või lihtsalt komandovõrgustiku hõredusest. Sellisteks piirkondadeks on näiteks Saaremaa põhjaosa ja Sõrve säär, Hiiumaa lääneosa ning Lääne-Virumaa kaguosa.

Saared on maksumusrastris ümbritsetud merd esindavate, väärtuseta pikslitega. Seetõttu on sellised saared, kus komandosid ei esine, kaetud tulemuskaardil samuti väärtuseta pikslitega, sest modelleerimise järgi päästjad mandrilt või teistelt saartelt sinnani ei jõua. Lisaks on väärtuseta seisu- ja vooluveekogude, nõlvade ning raskestiläbitavate soode sellised pikslid, mis jäid teede kihi poolt katmata.

Kõiki komandosid hõlmav võrgustik katab Eestit veidi paremini, kuid enamik probleemsetest aladest on sealgi alles (lisa 4 ja 5). Põhikomandode ajalise katvuse kaardiga võrreldes on kohalejõudmisajad silmatorkavalt parenenud vaid Saaremaal, veidi ka Noarootsi poolsaarel ning Lääne-Virumaa ja Ida-Virumaa kaguosas. Eelpool loetletud märjalade piirkonnas on päästeteenuse kättesaadavus ka siin kehv, samuti ei ole paremaks muutunud Lääne-Hiiumaa olukord. Kõige raskemini ligipääsetavatesse piirkondadesse jõudmine võtab päästjatel modelleeringu järgi aega üle kolme tunni. Taas on teede esinemise mõju ajalisele katvusele selgelt märgatav (joonis 10). Iseenesest ei ole soolade halb katvus tõsine probleem, sest seal ei ole palju elanikke ja seetõttu ei seata ohtu inimestele.

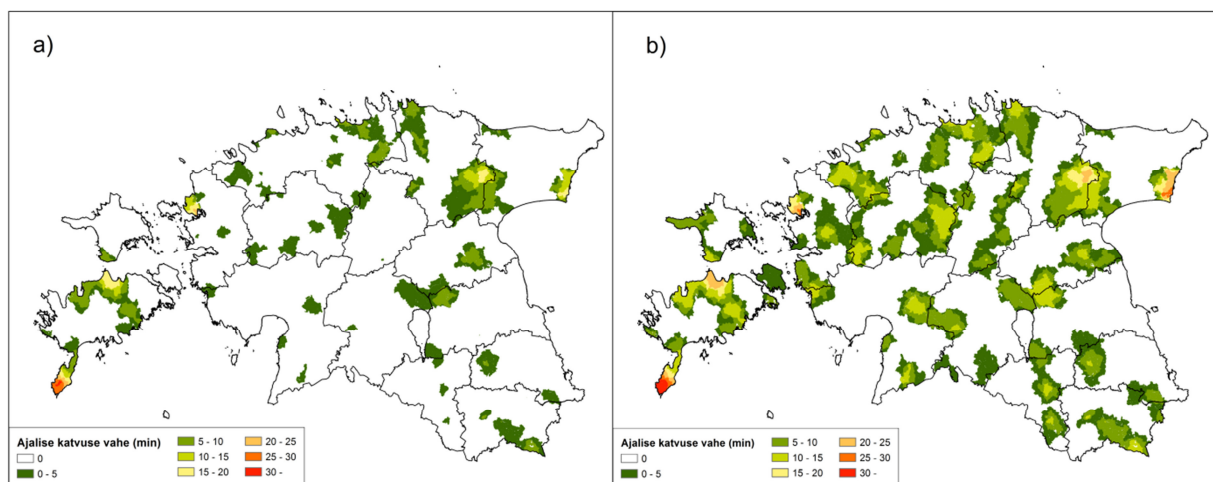
Lahutades riiklike päästekomandode akumulieritud ajakulude kihi pikslite väärtustest kõiki Eesti komandosid hõlmava kihi pikslite väärtused, võib näha, et modelleerimise järgi annavad vabatahtlikud komandod ajalisele katvusele juurde vaid suhteliselt vähestes Eesti piirkondades (joonis 11a). Põhjuseks on asjaolu, et komandode ajalise katvuse baasväärtuseks on nende ametlikud reageerimisajad, mis vabatahtlike komandode puhul ulatuvad kuni 15

minutini. Seetõttu jõuavad põhiliselt vaid sellistel aladel, kuhu jõudmiseks kutselistel päästjatel kulub üle veerandtunni.



**Joonis 10.** Kõikide praeguste Eesti päästekomandode ajaline katvus (üleval) ning ETAK tuumandmebaasi teede (all vasakul) ja märgalade (all paremal) esinemisalad Eestis. Märgalade massiivides, kus teid ei esine, on päästeteenuse kättesaadavus väga kehv.

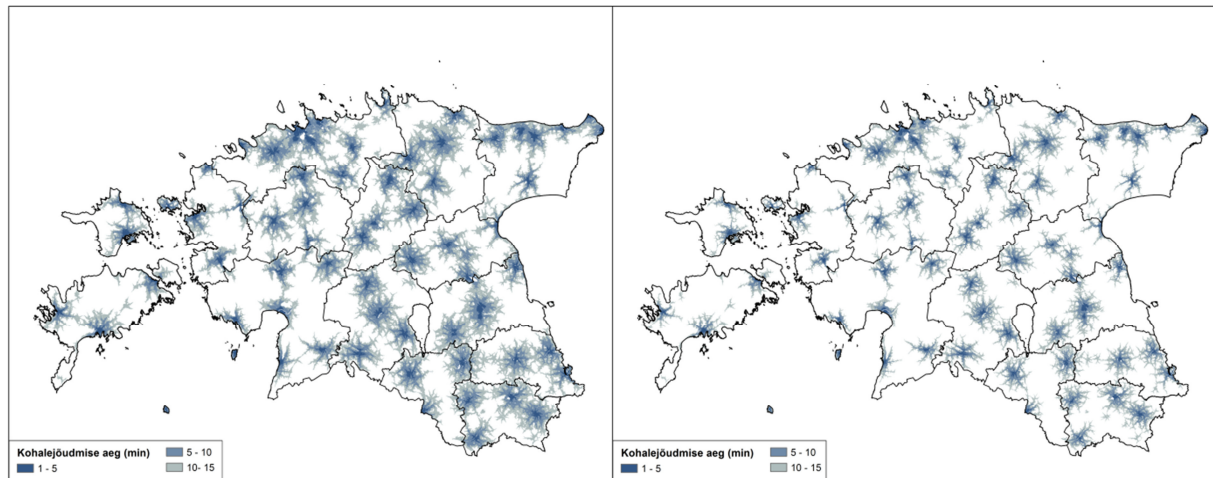
Loomulikult aga ei sõida vabatahtlikud päästjad komandost välja alati just siis, kui alarmeerimise hetkest on kulunud määratud reageerimisaja jagu minuteid. Olukord muutub, kui omistada kõikidele vabatahtlikele komandodele ajalise katvuse baasväärtuseks näiteks viis minutit (joonis 11b). Kui vabatahtlikud päästjad suudaksid kõikides komandodes väljasõidud korraldada viie minuti jooksul, jõuaksid nad enne kutselisi päästjaid sündmuspaikadesse märkimisväärselt paljudes piirkondades. Samuti näitavad sellised kaardid vabatahtlike päästekomandode vajalikkust erinevates regioonides. Jooniselt 11a lähtub, et päästeteenuse kättesaadavuse seisukohast on vabatahtlikud komandod eriti olulised Saaremaal, Harjumaal ning Lääne- ja Ida-Virumaal. Joonisele 11b toetudes võib väita, et vabatahtlikel komandodel on tähtis roll veel mitmetes maakondades, kuid näiteks Tartumaa on riiklike komandode poolt üldjoontes paremini kaetud.



**Joonis 11.** Eesti riiklike päästekomandode ja kõikide komandode ajalise katvuse vahe optimistlike kiirusväärtustega kihtide puhul. Vasakpoolse kaardi puhul on vabatahtlike komandode ajalise katvuse baasväärtuseks ametlikud reageerimisajad, parempoolsel kaardi puhul on kõigi vabatahtlike komandode ajalise katvuse baasväärtuseks viis minutit.

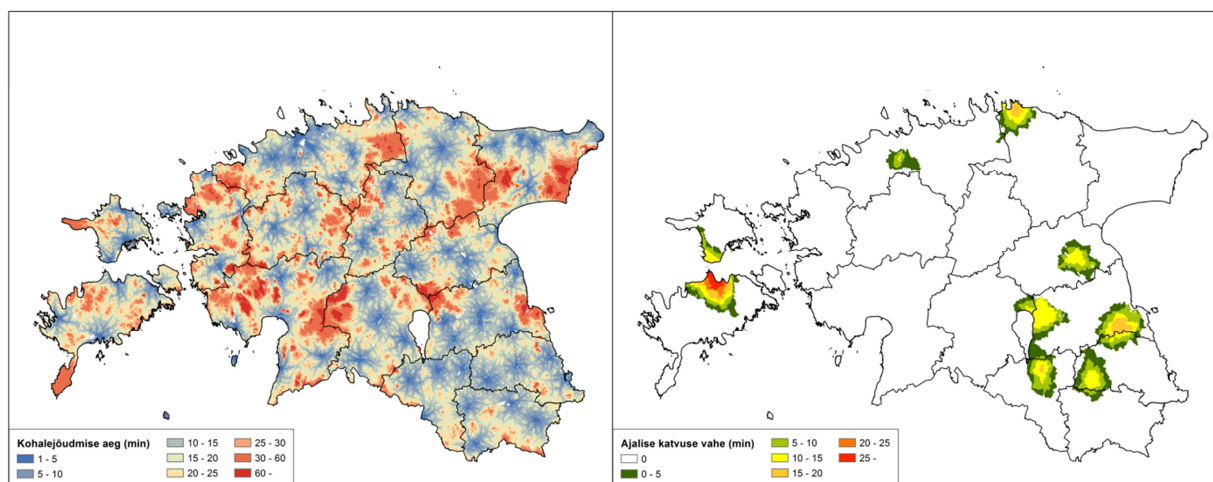
Pessimistlike kiirusväärtuste puhul on päästeteenuse kättesaadavus märgatavalt kehvem (lisa 6 ja 7). Ka optimistlike väärtuste korral halvasti kaetud aladele jõuavad päästjad selliste tingimuste korral veel oluliselt aeglasemalt. Kõige raskemini ligipääsetavatesse piirkondadesse jõudmine võtab päästjatel modelleeringu järgi aega üle nelja tunni. Optimistlike kiirusväärtuste puhul katavad veerandtunnised kaugustsoonid mitmel pool suurema osa maakonnast, pessimistlike väärtuseid kasutades tekivad komandode ümber aga suhteliselt kitsad areaalid (joonis 12). See tähendab, et näiteks talviste halbade

liikumistingimuste korral on päästeteenuse kättesaadavus oluliselt kehvem. Kõik järgnevad modelleeringud põhinevad optimistlikele kiirusväärtustele.

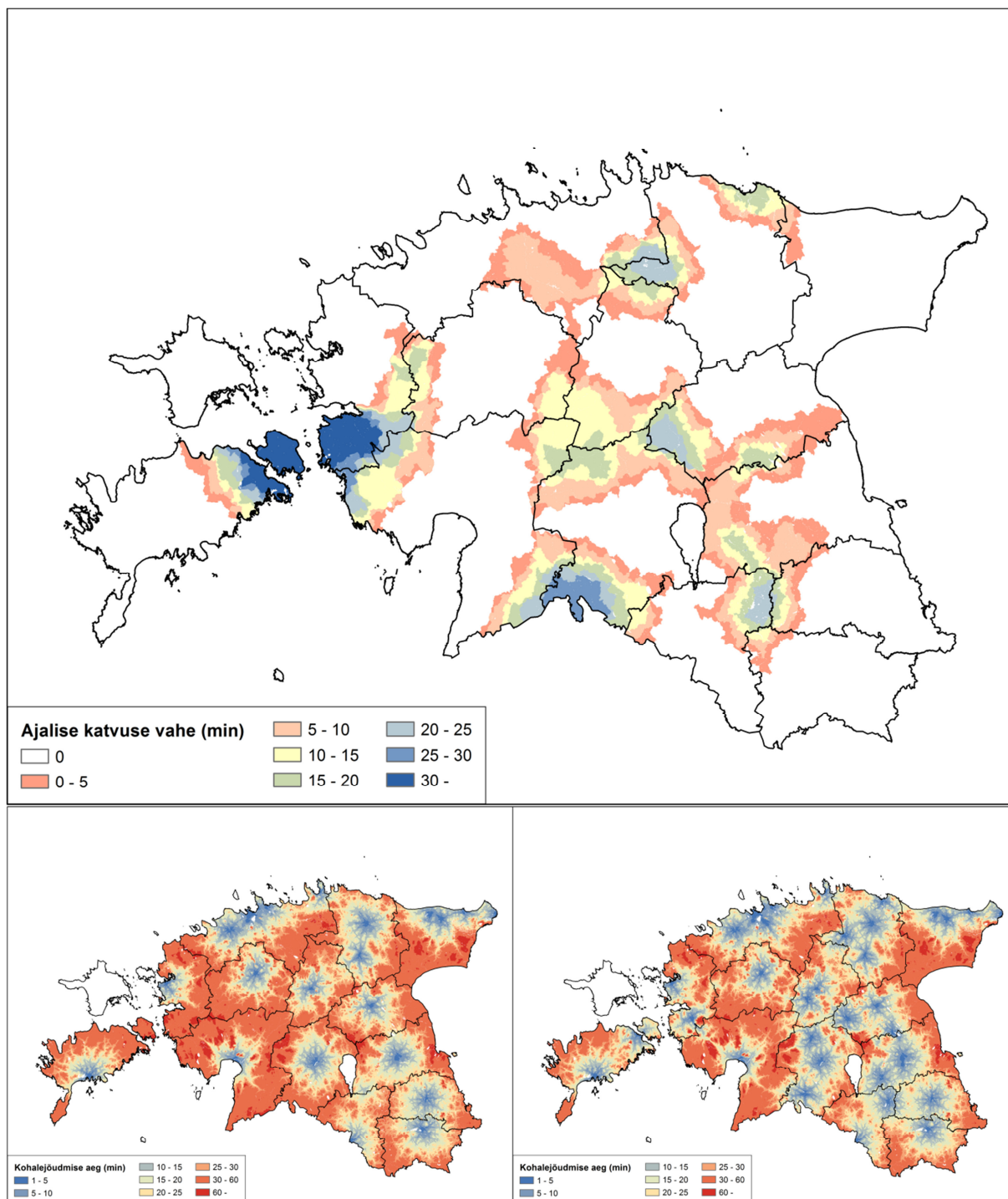


**Joonis 12.** Kõikide praeguste Eesti komandode ajalise katvuse 15 minuti kaugustsoonid. Vasakpoolne kaart põhineb optimistlikel, parempoolne pessimistlikel kiirusväärtustel.

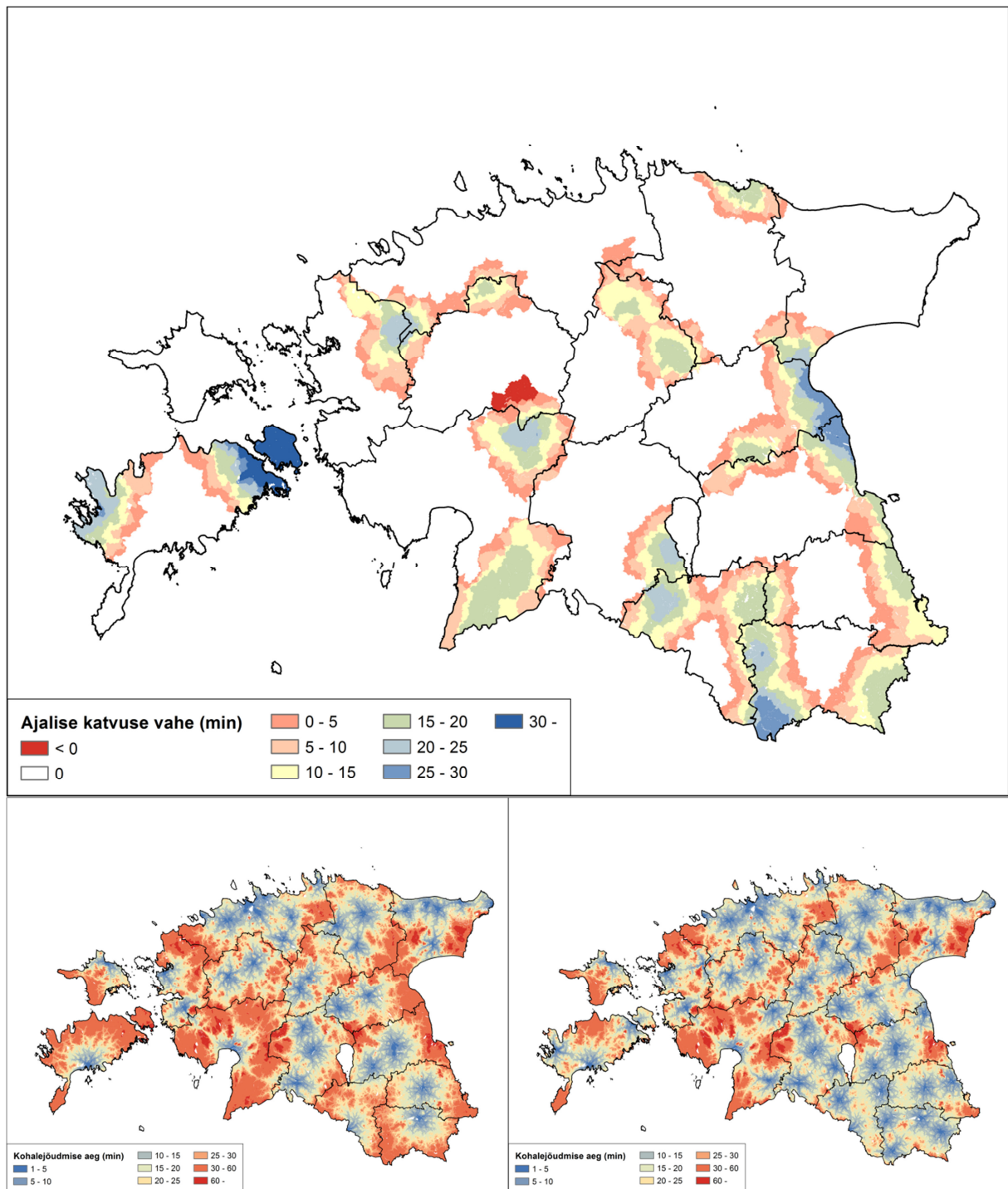
Enne üheksa riikliku päästekomando sulgemist 2012. aasta mais olid mitmed Eesti alad päästeteenuse kättesaadavuselt praeguse olukorraga võrreldes paremini kaetud (lisa 8). Oluliselt kiiremini jõudsid kutselised päästjad sündmuspaikadesse Saaremaal Leisi piirkonnas, samuti Lääne-Virumaal Võsu piirkonnas ning Tartumaal ja seda ümbritsevates maakondades (joonis 13). Samas mitut maakonda ei ole komandode sulgemine päästeteenuse kättesaadavuse seisukohast üldsegi mõjutanud.



**Joonis 13.** Eesti riiklike päästekomandode ajaline katvus enne üheksa komando sulgemist 2012. aasta mais (vasakul) ja olukorra muutus võrreldes praeguste riiklike komandode ajalise katvusega (paremal).



**Joonis 14.** Optimaalset elupäästevõimekust omavate päästekomandode ajaline katvus Eestis 2011. aasta suvel (all vasakul) ja 2012. aasta suvel (all paremal). Üleval on toodud kaartide ajalise katvuse vahe.



**Joonis 15.** Minimaalset elupäästevõimekust omavate päästekomandode ajaline katvus Eestis 2011. aasta suvel (all vasakul) ja 2012. aasta suvel (all paremal). Üleval on toodud kaartide ajalise katvuse vahe.

Päästekomandode sulgemist 2012. aasta mais põhjendati eelkõige elupäästevõimekuse tõstmisega, mis paljudes komandodes on tõepoolest toimunud (joonis 14). 2011. aasta suvel oli Eestis elupäästevõimekusega komandosid 28, seejuures 26 neist olid riiklikud komandod

(lisa 11). Elupäästevõimekusega komandode võrk kattis Eesti territooriumit suhteliselt kehvasti. Järgneval suvel oli selliseid komandosid aga 43, neist 39 riiklikud komandod (lisa 9). See tähendab, et elupäästevõimekusega riiklike komandode osakaal tõusis nimetatud perioode võrreldes 32 protsendilt 54-le.

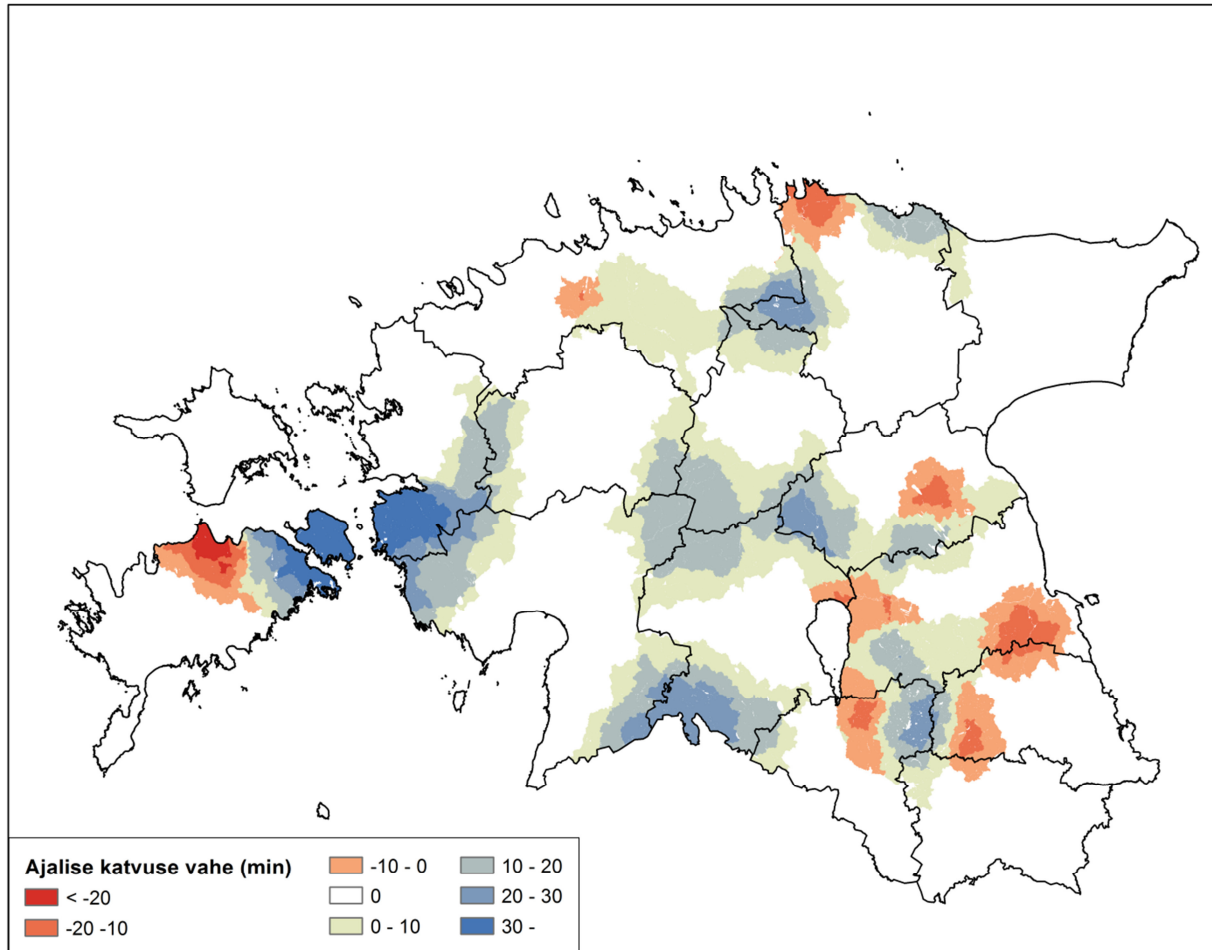
Elupäästevõimekusega komandode ajaline katvus parenes eriti märkimisväärselt Muhumaal ja Saaremaal Orissaare piirkonnas ning Lõuna-Läänemaal Lihula piirkonnas, seda tänu Orissaare ja Lihula komando koosseisude kasvule. Tähelepanuväärne on asjaolu, et Orissaare komandol ei olnud 2011. aasta suvel veel minimaalset elupäästevõimekustki. Samuti parenes elupäästevõimekusega päästeteenuse kättesaadavus oluliselt Abja-Paluoja, Tapa, Põltsamaa ja Otepää komando piirkonnas ning mitmel pool mujal. Samas puudus 2012. aasta suvel veel elupäästevõimekusega päästeteenus Hiiumaal ning paljudes piirkondades, nagu Pärnumaal, Raplamaal, Harjumaal, Saaremaal ja Peipsiäärsetel aladel oli teenuse kättesaadavus suhteliselt halb.

2011. aasta suvega võrreldes parenes 2012. aasta suvel märkimisväärselt ka minimaalset päästevõimekust omavate komandode ajaline katvus (joonis 15). Ainsaks erandiks on Lokuta vabatahtlik komando, mille keskmine koosseis 2011. aasta suveperioodil oli üle kolme päästja, aasta hiljem selleni aga ei küündinud. 2011. aasta suvel oli Eestis minimaalse elupäästevõimekusega komandosid 45, neist 42 riiklikud komandod (lisa 12). Järgneval suvel oli selliseid komandosid 67, neist 61 riiklikud komandod (lisa 10). Seega tõusis minimaalse päästevõimekusega komandode osakaal 52 protsendilt 85-le.

2011. aasta suvel katsid minimaalset elupäästevõimekust omavad komandod Eesti territooriumit suhteliselt ebahühtlaselt, teenuse kättesaadavus Pärnumaal, Saaremaal ja Peipsiäärsetel aladel oli üsna halb. Järgneval suvel kattis selliste komandode võrk Eestit aga juba suhteliselt hästi, minimaalse elupäästevõimekusega komandodest jõudsid päästjad paljudesse piirkondadesse vähem kui poole tunniga. Peale eelpool mainitud Orissaare komando piirkonna parenes minimaalse elupäästevõimekusega päästeteenuse kättesaadavus oluliselt veel Kihelkonna, Mustvee, Alatskivi, Mõniste, Antsla, Risti, Vändra, Tõrva ja Mustla komando piirkonnas. Absoluutarvudes suurenes komandode koosseis enim Tartumaal Laeval, Raplamaal Lauknas ning Narvas ja Naissaarel. Nimetatud komandodes kasvas keskmine koosseis antud perioode võrreldes kahe või enama päästja võrra.

Üheksa riikliku päästekomando sulgemisest ja elupäästevõimekuse suurenemisest tulenevad muutused päästeteenuse kvaliteedis ei ole graafiliselt hästi võrreldavad, kuid olukorrast

parema ülevaate saamiseks koostati kaart, millel on kujutatud mõlema muudatuse suhet (joonis 16). Kõige kontrastsem on situatsioon Saaremaal Leisi ja Orissaare piirkonnas. Leisis suleti 2012. aastal riiklik komando ning Orissaare päästekomando sai optimaalse elupäästevõimekuse. Samuti on päästeteenuse kättesaadavus ruumiliselt oluliselt muutunud Tartumaal ja selle ümbruses.



**Joonis 16.** Päästeteenuse kättesaadavuse muutus Eestis üheksa riikliku komando sulgemise ja komandode elupäästevõimekuse kasvu suhtena. Negatiivsed väärtused väljendavad riiklike komandode sulgemisest tulenenud ebasoodsat mõju ja positiivsed väärtused optimaalse elupäästevõimekusega komandode lisandumise soodsat mõju komandode ajalisele katvusele.

Üldjoontes on päästeteenuse kättesaadavus elupäästevõimekuse kasvu läbi rohkem edenenud, kui komandode sulgemisega kehvemaks muutunud. Selle põhjal võib öelda, et komandovõrgustiku ümberkorraldamine on andnud soovitud tulemust: suleti küll üheksa komandot, kuid optimaalne elupäästevõimekus on saavutatud täiendavalt 15 komandos ning seejuures plaanitakse elupäästevõimekusega komandode arvu veelgi suurendada. Teisalt on päästjate kohalejõudmisajad komandode sulgemisega mitmetes piirkondades siiski oluliselt

kasvanud. Paljude õnnetuste puhul võib aga kohalejõudmine mõne üksiku minuti võrra varem või hiljem olla määrava tähtsusega. Samas ei piisa antud muutuste põhjanevaks hindamiseks vaid ajalise katvuse analüüsist, muuhulgas on vajalik veel käsitleda erinevates piirkondades reformide rakendamise mõjutatud elanikearve.

### **5.1. Võrtsjärve juhtumianalüüs**

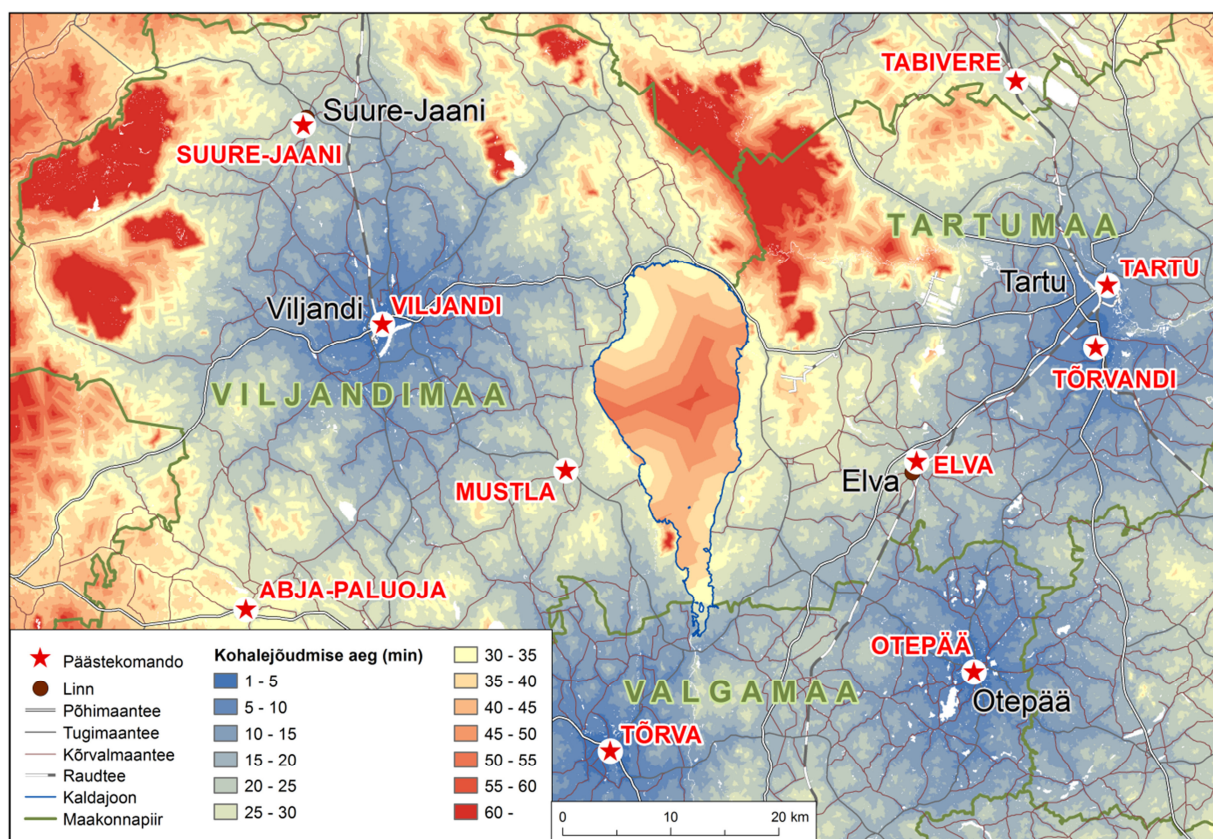
Eelpool käsitletud ajalise katvuse analüüside üheks puuduseks on asjaolu, et kiirusrastri barjääripikslite kohale tekivad maksumusrastris väärtuseta pikslid. Need pikslid ei kanna endas ajalise katvuse analüüsi seisukohalt informatsiooni – neil liikumine on modelleerimise järgi keelatud. Antud töös ei oma maksumusrastris väärtust merd, seisu- ja vooluveekogusid, nõlvasid ja raskestiläbitavaid soid esindavad pikslid. Järgnevas kahes juhtumianalüüsis esitatakse võimalused modelleerimaks päästekomandode ajalist katvust seisuveekogudel ja väikesaartel. Need on kaks suurema pindalaga nähtuseklassi, mille ajalist katvust seniste modelleeringutega veel ei leitud.

Võrtsjärv on suurim tervikuna Eesti territooriumil asuv järv. Järvel aset leidnud õnnetusjuhtumite statistika kohta andmed puuduvad, kuid näiteks 2004. aastal hukkus Võrtsjärvel kaks purjetajat (PM Online 2004, Politseiamet 2004).

Inimeste päästmiseks veekogudelt on päästekomandodel olemas päästepaadid (Päästeamet 2013c). Võrtsjärve ajalise katvuse uurimiseks leiti sellised järve ümbritsevad komandod, mille tehniline valmisolek sisaldab võimalust päästepaati kasutada. Niisugusteks komandodeks on Jõgeva, Viljandi, Tõrvandi, Tõrva ja Otepää komando. Samuti on kõigil nimetatud komandodel vähemalt minimaalne elupäästevõimekus. Peale Päästeameti enda võimekuse kasutatakse päästetöödeks järvedel tegelikkuses ka muude ametkondade ja eraisikute abi ning helikoptereid (PM Online 2004), kuid käesolev analüüs põhineb vaid Päästeameti tehnilisele valmisolekule. Moodustati akumuleeritud kulude kiht, kasutades lähtelementidena antud komandosid esindavaid piksleid ning optimistlike kiirusväärtustega maksumustrastrit. Tulemuseks saadi rasterkiht, mis iseloomustab Eesti mandriala ajalist katvust nimetatud komandodega.

Maa-ameti ortofotosid kasutades digitaliseeriti punktobjektidena 19 Võrtsjärve kaldal asuvat suuremat paadisilda, mida päästjad saavad järvele minekuks tarvitada. Enamasti kasutatakse Eesti komandodes päästepaadina *Bombard Commando C4* tüüpi paati, mille

maksimumkiiruseks on 59 km/h (Desjardins Sport 2012). Paljudes komandodes kasutatakse ka väiksema võimsusega päästepaate (Päästeamet 2013c). Modelleeringus kasutatavaks paadi keskmiseks liikumiskiiruseks määrati 20 km/h, sest erinevad tegurid, sealhulgas kõrged lained, halvad ilmastikuolud ja paadi suur mehitatus, võivad kiirust vähendada. Koostati kiirusraster, kus järve esindavatele pikslitele määrati paadi liikumise kiirusväärtused ning ümbritsevatele pikslitele nullväärtused. Iga digitaliseeritud paadisilla kohta moodustati akumulieeritud kulude kiht, milles lähtelemendiks oli paadisilda esindav piksel. Saadud kihtidele liideti kohalejõudmisaeg, mis kulub vastava paadisilla pikslisse jõudmiseks ning lisaks veel viis minutit, modelleerimaks paadisilla juurde jõudnud päästjate ettevalmistusaega päästepaadi vettetoimetamiseks ja varustuse valmispanekuks. Koostatud paadisildade kihte kasutades moodustati kokkuvõtlik kiht, mille pikslite väärtusteks olid saadud kihtidest vähimad pikslite väärtused. Viimase operatsiooni läbiviimiseks kasutati tööriista *Cell Statistics*. Tulemuseks saadi Võrtsjärve ajaliskatvust kujutav rasterkiht. Tulemuskaardid on kombineeritud joonisel 17.



**Joonis 17.** Võrtsjärve ajaliskatvus selliste ümbritsevate komandodega, mille tehniline valmisolek sisaldab võimalust kasutada päästepaati.

Modelleeringu järgi jõuavad kõige kiiremini järve äärde Viljandi, Tõrva ja Otepää komando päästjad, neil kulub selleks aega alla poole tunni. Seega võib öelda, et nende tähtsus Võrtsjärvel päästetööde teostamisel on üks suurimaid. Jõgeva komandost jõuavad päästjad Võrtsjärvele aga enam kui tunniga. Kõige paremini on päästeteenuse kättesaadavuselt kaetud järve loode- ja lõunaosa. Samas jõutakse ka järve keskossa vähem kui tunniga, mis tähendab oluliselt paremat ajalist katvust kui näiteks lähedalasuvate Soomaa või Sangla soostiku soode puhul. Selge on aga see, et näiteks uppuva inimese päästmiseks ei jõua kutselised päästjad komandodest piisavalt vara järvele, kuid õlireostuse likvideerimiseks on selline ajakulu vastuvõetav.

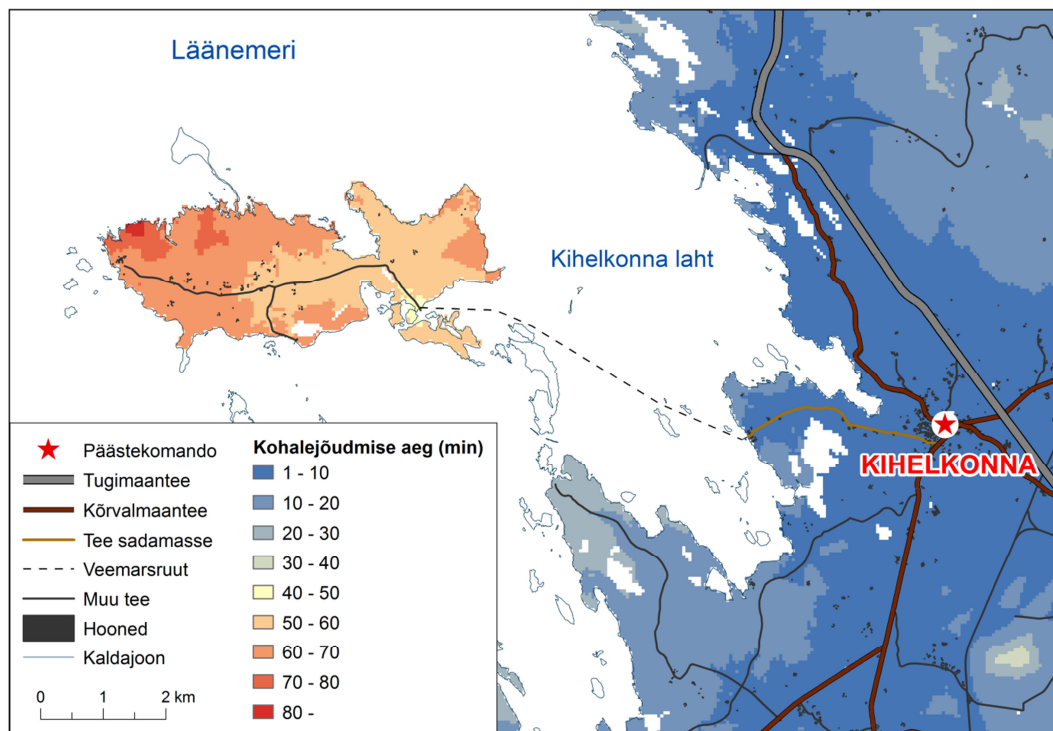
## 5.2. Vilsandi juhtumialüüs

Päästeteenuse tagamine Eesti väikesaartel põhineb suuresti nende elanikkonna aktiivsusel ja ettevalmistusel. Kihnus, Ruhnus ja Vormsil on olemas riiklik päästekomando ning Abruhal, Aegnal, Naissaarel, Piirissaarel ja Pranglil vabatahtlik komando. Ka vabatahtlike päästjate olemasolu korral ei ole päästeteenuse pakkumisel aastaringset garantiid, samuti ei ole kõik vabatahtlikud ettevalmistatud tegema kõiki päästetöid. Sellistel saartel, kus päästjad sootuks puuduvad, on elanike roll päästetööde läbiviimisel, nende teadmised tuleohutusest, tulekahju ärahoidmise meetmetest ning tulekahjude korral tegutsemisest aga võtmetähtsusega (Tammsalu 2011).

Vilsandi on üks suurimaid selliseid saari Eestis, millel puudub oma päästekomando. Saarel või seda ümbritsevas meres aset leidnud õnnetusjuhtumite kohta ei ole samuti statistikat. Ka Vilsandi elanikele välise päästetööde abi osutamiseks on erinevaid võimalusi. Näiteks võivad päästjad saarele sõita paadi või helikopteriga. Madala veetasemega või talvel käreda pakasega saab kasutada ka saarest kagusse jäävat mööda laide kulgevat rada. Antud ajalise katvuse analüüsis modelleeriti olukorda, kus päästjad sõidavad saarele paadiga.

Vilsandile lähim päästekomando on Kihelkonna komando, mille tehniline valmisolek sisaldab ka *Kasse 430* tüüpi paati (Päästeamet 2013c). Samuti on Kihelkonna komandol minimaalne elupäästevõimekus. *Kasse Paadid OÜ* kodulehekülje andmetel ei saa *Kasse 430* paadiga kasutada nii võimast mootorit kui *Bombard Commando C4* tüüpi paadi puhul ning seetõttu on liikumiskiirus väiksem. Paadi keskmiseks liikumiskiiruseks määrati 10 km/h. Esmalt leiti aeg, mille jooksul päästjad jõuavad Kihelkonna komandost lähedalasuvasse sadamasse (joonis 18).

Selleks kasutati optimistlike kiirusväärtustega ajalise katvuse kaarti. Tulemuseks saadi, et sadamasse jõutakse üheksa minutiga. Järgmiseks digitaliseeriti laidude vahele sadamat ja Vilsandi saart ühendav meretee. Meretee lõpeb Vilsandi kaguosas punktis, kust saab alguse saare lääne- ja idaosa ühendav tee ning mööda laide Saaremaale kulgev rada. Seejärel leiti meretee pikkus, milleks oli 5,7 km ning viimasest lähtuvalt meretee läbimiseks kuluv aeg, mis määratud liikumiskiiruse 10 km/h juures on 34 minutit. Saadud ajakulu summeeriti ning tulemusele lisati veel viis minutit modelleerimaks päästjate ettevalmistusaega päästepaadi vettetoimetamiseks ja varustuse valmispanekuks sadamas. Seega on Vilsandi saare ajalise katvuse baasväärtuseks meretee lõpus 48 minutit. Vilsandi pinnal kasutati ajalise katvuse modelleerimiseks pessimistlike kiirusväärtustega rasterkihti, sest saarel liiguvad päästjad edasi juba kohalike sõidukitega, mis ei pruugi aga olla sama võimsad kui päästeautod. Tulemuskaart on joonisel 18.

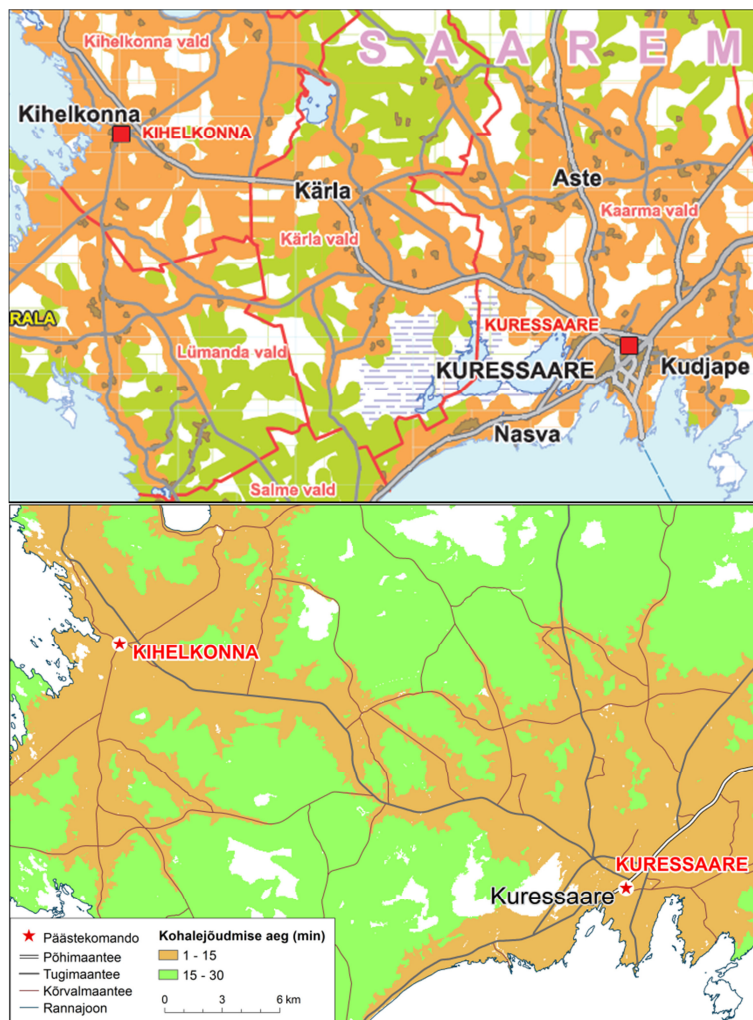


**Joonis 18.** Vilsandi saare ajalise katvuse Kihelkonna päästekomandoga.

Vilsandi saarele jõuavad Kihelkonna komando päästjad märkimisväärselt hiljem kui ümbritsevatele aladele Saaremaal. Vilsandi looderannikule jõudmiseks kulub päästjatel peaaegu poolteist tundi. Juhul, kui saare lääneosas peaks aset leidma tulekahju või mõni muu kiiret sekkumist vajav õnnetusjuhtum, ei jõua päästjad Saaremaalt või mujalt ilmselt piisavalt ruttu kohalikele appi. Saare elanike endi aktiivsus, ettevalmistus ja teadmised õnnetuse korral tegutsemisest on ülivajalikud.

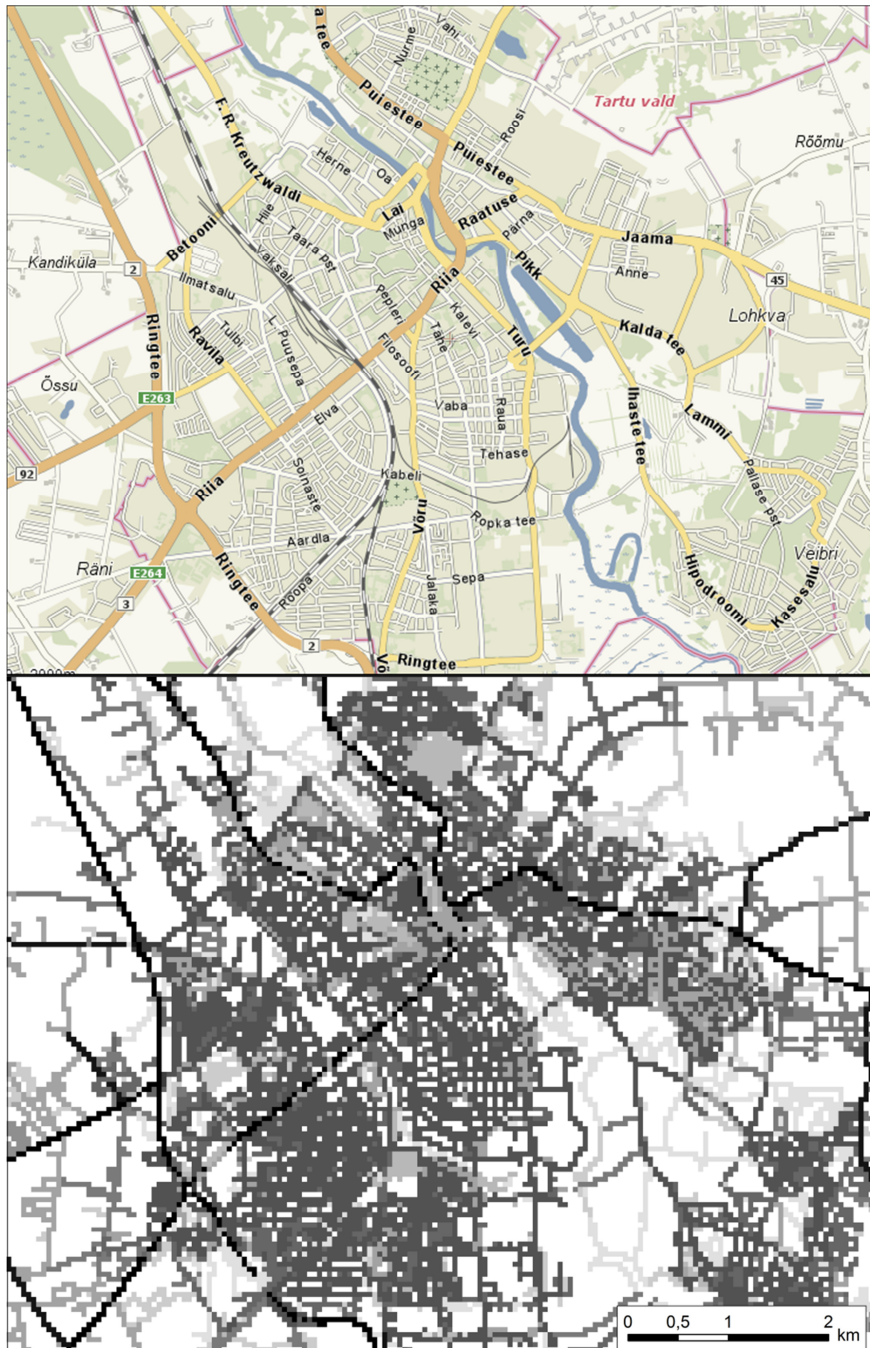
### 5.3. Võrdlus varasemate kaartidega

Seni on autorile teadaolevalt Eesti päästekomandode ajalist katvust käsitlevaid kaarte koostanud põhiliselt AS Regio ning nende kaartide loomiseks on kasutatud peatükis 3.1 kirjeldatud vektoranalüüsi meetodeid. Käesoleva töö tulemustele toetudes sooviti muuhulgas näidata, kuidas erinevad rasteranalüüsi meetodeid kasutades koostatud ajalise katvuse kaardid vektoranalüüsi analoogidest ning kuidas mõjub ajalisele katvusele erinevate maakatete kasutamine. Järgnevalt on kahe Eesti ala näitel võrreldud AS Regio ja antud töö tulemuskaarte. Kõige paremini sobis võrdlemiseks Regio 2012. aasta elupäästevõimekusega päästekomandode ajatsoonide kaart, mida kõrvutati käesoleva töö optimistlike kiirusväärtustega põhikomandode ajalise katvuse kaardiga.



**Joonis 19.** Regio elupäästevõimekusega päästekomandode ajatsoonide kaardi (ülal) ja käesoleva töö optimistlike kiirusväärtustega põhikomandode ajalise katvuse kaardi (all) võrdlus. Mõlemal kaardil on 15 minuti kaugustsoon oranž ja 30 minuti kaugustsoon roheline.

Regio kasutab kaartide koostamiseks põhimõtteliselt vaid logistikamaatriksit, milles on teedevõrgustiku lõikudele vastavalt nende tunnustele määratud kiirusväärtused. Tunnusteks on teede laius, kate ja tähtsus. Samuti on maatriksis kirjeldatud teede suund ning eksisteerivad teesulud (Päästeamet 2010a). Teede ümber moodustatakse puhvertsoonid.



**Joonis 20.** Regio 2012. aasta Eesti kaart (ülal) ja käesoleva töö teede kiirusväärtustega rasterkiht (all) Tartu piirkonnast. Kõrgema kiirusväärtusega teepikslid on teede rasterkihil märgitud tumedama värviga.

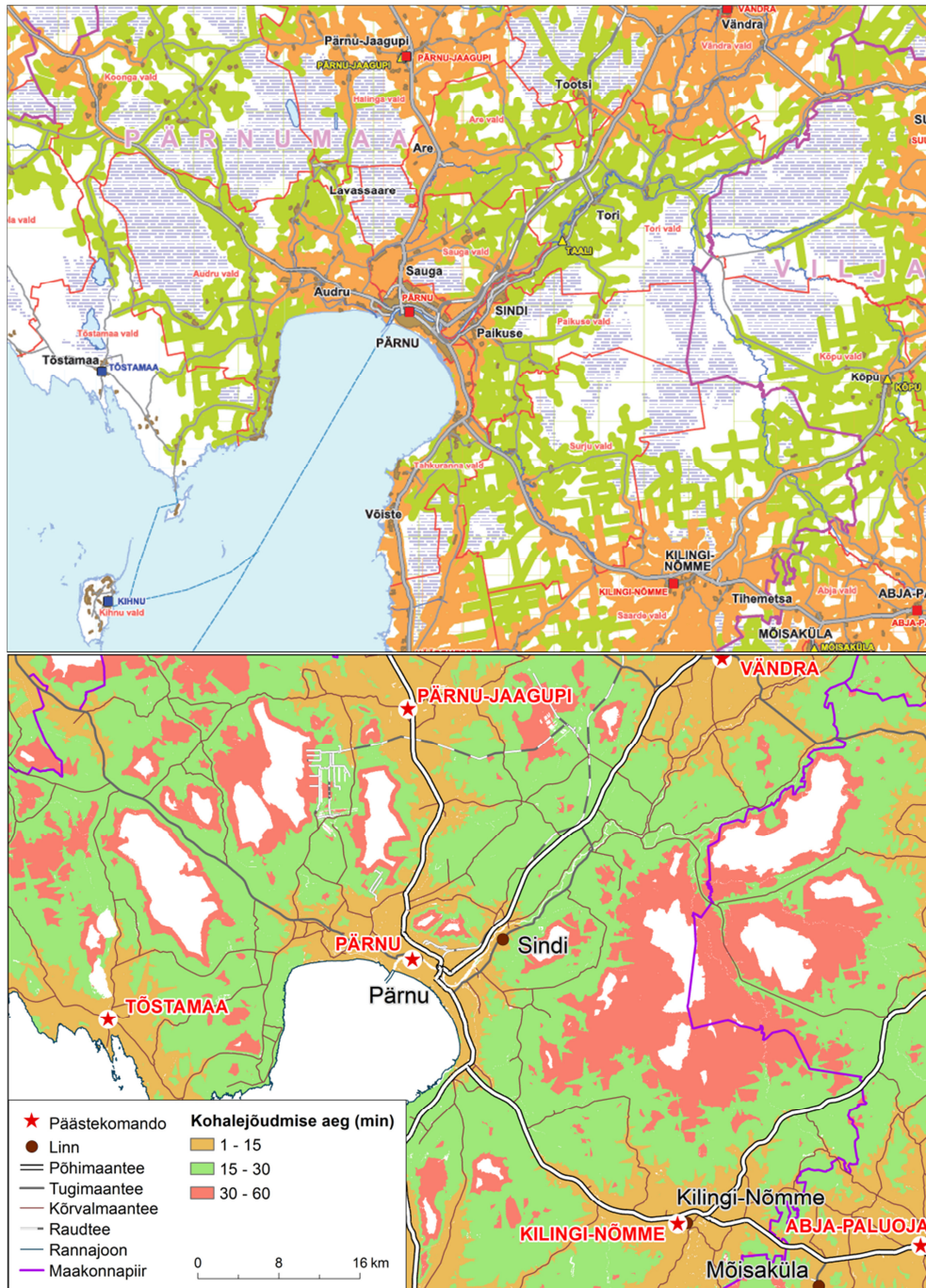
Mõlemal ajalise katvuse kaardil on kaugustsoonid piki teid väljavenitatud. Regio kaardi puhul tuleneb see otseselt kaardi koostamise metoodikast, kuid antud töö kaartide puhul tingib väljavenitatuse teede pikslitele määratud kõrgeimad kiirusväärtused. Esmapilgul näivad kaartide kaugustsoonid katvat üsna sarnaseid alasid, kuid lähemal vaatlusel võib märgata ka erinevusi. Nimelt on Regio kaart üldjoontes optimistlikumate kohalejõudmisaegadega. Jooniselt 19 võib näha, et 15 minuti kaugustsoon ulatub Kuressaare-Sõrve maanteel kaartidel sama kaugele, kuid Kuressaarest põhja ja loode suunas jõuavad päästjad Regio kaardi järgi veerandtunniga kaugemale. Samuti ulatub Kihelkonna komando 15 minuti kaugustsoon Regio modelleeringute järgi kaugemale lõunasse ja kagusse.

Põhjuseks võivad olla teelõikudele määratud erinevad kiirusväärtused või maksumuslike kauguste arvutamise eripärast tulenevad võimalikud suuremad ajakulud rasteranalüüsi puhul. Nimelt juhul, kui tee ei kulge täpselt põhja-lõuna- või lääne-idasuunaliselt, arvutatakse maksumuslikke kauguseid pikslite vahel siksakiliste ja diagonaalsete radade summeerimisel. Seejuures korrutatakse diagonaalselt pikslite vahel liikudes nende pikslite maksumuste aritmeetiline keskmine 1,4142-ga. Samuti võivad antud töö puhul teepikslitel liikumise kiirust vähendada sellised pikslid, mille alal esineb erineva klassiga teelõike. Algandmete rasteriseerimisel määrati teepikslitele väärtused neis esinevate pikimate elementide järgi, seega ei pruugi näiteks põhimaantee ja pinnaskattega radade ristumiskohal olla piksli väärtus määratud põhimaantee järgi, mida päästjad tegelikkuses liikumiseks kasutavad. Seda illustreerib Tartu näitel ka joonis 20. Samas on kõik teede pikslid ühendatud omavahel pidevalt – külg-külje kõrval, mis teeb akumuleeritud ajakulu leidmisel pikslitevahelise liikumise lihtsaks.

Pooletunniste kaugustsoonide võrdlemisel näib esmapilgul, et päästjad jõuavad antud töö modelleerimise järgi 30 minutiga kaugemale kui Regio kaardil. Tegelikult on Regio kaardi valged, halva ajalise katvusega alad tingitud logistikamaatriksi teedevõrgustiku hõredusest. Teedega aladel on teelõikudele moodustatud 30 minuti kaugustsooni puhvrid, kuid piirkondades, kus teid ei esine, jäävad alad „tühjaks“. Käesolevas töös määrati kiirusväärtused ka muudele maakatetele, mis võimaldab kasutada liikumiseks ka näiteks haljasalaid, rohumaid ja metsi. Sellest tulenevalt katab 30 minuti kaugustsoon antud töö kaardil ulatuslikumat pinda kui Regio analoogil.

Märgaladel on teedevõrk eriti hõre ning sellistest piirkondadest on vektoranalüüsi meetoditega ajalise katvuse kaartide koostamine komplitseeritud. Seetõttu jäävad

kaugustsoonid märgaladele tihti üldse moodustamata, isegi juhul, kui päästjad tegelikult vastava ajaga piirkonda jõuaksid (joonis 21). Kõigile maakattepiikslitele kiirusväärtuste määramine võimaldab aga maksumuslike kauguste arvutamisel leida akumulieritud ajakulusid ka sellistel aladel, kus teid ei esine.



**Joonis 21.** Regio elupäästevõimekusega päästekomandode ajatsoonide kaardi (ülal) ja käesoleva töö optimistlike kiirusväärtustega põhikomandode ajalise katvuse kaardi (all) võrdlus Pärnumaa märgaladel. Mõlemal kaardil on 15 minuti kaugustsoon oranž ja 30 minuti kaugustsoon roheline.

Kokkuvõtteks võib öelda, et sõltumata rasteriseerimisel ja maksumuslike kauguste leidmisel tekkivatest võimalikest ebatäpsustest, võimaldab rasterandmetel baseeruv päästekomandode ajalise katvuse modelleerimine vektoranalüüsiga võrreldes pidevat ruumimudelit tõepoolest paremini uurida. Eriti hästi ilmnevad erinevused aladel, kus teedevõrk on hõre ning kaugustsoonide visualiseerimine vaid vektorandmetele tuginedes on komplitseeritud.

Rasteriseerimisel tekkivaid vigu aitaks ilmselt osaliselt vältida ka pikslitele määratavad väiksemad mõõtmed. Seeläbi välditaks paremini olukorda, kus ühe piksli alal esineb mitme erineva klassiga teelõike ning pikslile väärtuse määramiseks peab piksli alalt leidma pikima elemendi. Samas muutub sellisel juhul ka maakatteid ja teid esindavate pikslite suhe, sest teede rasteriseerimisel olid aluseks joonobjektid. Kui sarnaselt käesoleva tööga tealade kihti kiirusrastri koostamiseks kasutusele ei võeta, muutub suhe maakattepikslite kasuks, mis kokkuvõttes tähendab madalamaid liikumiskiiruseid.

## 6. Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli ajalise katvuse kaartidele tuginedes analüüsida erinevaid päästeteenuse kättesaadavusega seotud aspekte Eestis. Ajalise katvuse kaarte koostati mitmesuguseid. Modelleeriti nii ainult riiklike komandode, kõikide Eesti komandode kui ka elupäästevõimekusega komandode ajalist katvust. Samuti uuriti, milline on päästeteenuse kättesaadavus kehvemate liikumistingimuste korral. Olukorrast ülevaate saamiseks moodustati saadud kaardikihtidest erinevaid rasteranalüüsi operatsioone kasutades uusi kihte. Viidi läbi ka kaks juhtumianalüüsi, milles uuriti Võrtsjärve ja Vilsandi saare ajalist katvust ümbritsevate komandodega. Viimaks sooviti teada, mille poolest erinevad rasteranalüüsi meetoditega koostatud ajalise katvuse kaardid vektoranalüüsi analoogidest.

Päästeteenuse kättesaadavus on kõige kehvem aladel, kus on väga hõre teedevõrk. Sellisteks piirkondadeks on eelkõige märgalade massiivid, aga ka suured metsaalad. Samuti võib halb ajaline katvus olla tingitud lihtsalt komandovõrgu hõredusest. Kõige raskemini ligipääsetavatesse piirkondadesse jõudmine võtab päästjatel modelleeringute järgi aega üle kolme tunni, pessimistlike kiirusväärtuste korral üle nelja tunni.

Modelleeringute analüüs näitas, et vabatahtlike komandode päästjad jõuavad sündmuskohtadesse kutselistest päästjatest varem vaid suhteliselt vähestes Eesti piirkondades. See oli tingitud asjaolust, et komandode ajalise katvuse baasväärtuseks olid nende ametlikud reageerimisajad, mis vabatahtlike komandode puhul ulatuvad kuni 15 minutini. Kui aga vabatahtlikud päästjad suudaksid kõikides komandodes väljasõidud korraldada viie minuti jooksul, annaksid nad ajalisele katvusele palju enam juurde. Päästeteenuse kättesaadavuse seisukohast on vabatahtlikud komandod eriti olulised Saaremaal, Harjumaal ning Lääne- ja Ida-Virumaal, kuid näiteks Tartumaa on riiklike komandode poolt üldjoontes paremini kaetud.

Üheksa riikliku päästekomando sulgemine 2012. aasta mais muutis mitmetes Eesti piirkondades päästeteenuse kättesaadavust halvemaks. Varem jõudsid kutselised päästjad sündmuspaikadesse märksa kiiremini Saaremaal Leisi piirkonnas, samuti Lääne-Virumaal Võsu piirkonnas ning Tartumaal ja seda ümbritsevates maakondades. Samas ei ole komandode sulgemine mitut maakonda ajalise katvuse seisukohast üldse mõjutanud.

Komandode elupäästevõimekuse muutuste analüüsis võrreldi selliste komandode ajalist katvust, mis 2011. või 2012. aasta suveperioodil omasid keskmiselt vähemalt kolme- või

neljaliikmelise valmisolekuga päästemeeskonda. Kolmeliikmeline valmisolek tähendas minimaalset ning neljaliikmeline valmisolek optimaalset elupäästevõimekust. Selgus, et paljud komandod olid tõepoolest saavutanud elupäästevõimekuse. Samuti kattis minimaalset elupäästevõimekust omavate komandode võrk 2012. aasta suvel Eestit juba üsna hästi. Optimaalse elupäästevõimekusega komandode ajaline katvus oli märkimisväärselt parenenud Muhemaal ja Saaremaal Orissaare komando piirkonnas ning Lõuna-Läänemaal Lihula komando piirkonnas.

Riiklike päästekomandode sulgemisest ja elupäästevõimekuse kasvust tingitud komandode ajalise katvuse muutuseid võrreldi ning leiti, et komandovõrgu ümberkorraldamine on päästeteenuse kättesaadavusele üldjoontes hästi mõjunud. Teisalt on päästjate kohalejõudmisajad komandode sulgemisega mitmetes piirkondades siiski oluliselt kasvanud. Paljude õnnetuste puhul võib aga kohalejõudmine mõne üksiku minuti võrra varem või hiljem olla määrava tähtsusega.

Töö kaartide võrdlemisel AS Regio analoogidega selgus, et vektor- ja rasteranalüüsil põhinevad ajalise katvuse tulemuskaardid on küllaltki samasugused. Kaugustsoonid katavad kaartidel suhteliselt sarnaseid alasid ning on piki teid väljavenitatud. Vektoranalüüsi meetoditega loodud kaartide optimistlikumad kohalejõudmisajad võivad olla tingitud kõrgematest määratud kiirusväärtustest ning rasterandmete või -analüüsi eripäradest. Jõuti järeldusele, et rasterandmetel baseeruv päästekomandode ajalise katvuse modelleerimine võimaldab vektoranalüüsiga võrreldes pidevat ruumimudelit paremini uurida, sest hõreda teedevõrguga aladel on vektoranalüüsi meetodite rakendamine komplitseeritud.

Kindlasti aga ei piisa päästeteenuse kättesaadavuse põhjanevaks hindamiseks vaid ajalise katvuse analüüsist, muuhulgas on vajalik veel käsitleda erinevates piirkondades komandovõrgu ümberkorraldamisega mõjutatud elanikearve ning õnnetusjuhtumite reaalseid toimumispaid. See aga sobib juba järgmiste uurimistööde teemaks.

## 7. Summary

### **The modeling of rescue services' response times in Estonia**

The rescue service plays a key role in any country. In Estonia, the debate over the restructuring of rescue service network has been very heated recently. On the 16th of May, 2012, nine state-run rescue services were closed. Ensuring the sustainability of the organization and securing a solid and high-quality rescue service were provided as the reasons behind the actions by the Estonian Rescue Board. The increase in personnel in rescue services was particularly emphasized.

This paper seeks to study the network of rescue services in Estonia, using response time maps. Response time maps visualize the arrival times of rescue workers in a given place. Such maps are used in the planning of rescue services. There are two types of response time maps: vector-based and raster-based. The maps in this paper were created using raster analysis techniques.

Results indicate that the availability of rescue service is worst in areas where the road network is very sparse. Such regions include large areas of forest and, in particular, wetlands. Response times in wetlands may exceed three hours, in case of pessimistic speed values – four hours. According to the modeling, volunteer rescuers reach accident sites before professional rescuers only in a relatively small number of areas in Estonia. This was due to the fact that the base values of response times for volunteer rescue services were set to their formal turnout times, ranging up to 15 minutes. The closure of nine state-run rescue services that reduced the availability of rescue service considerably in some areas was compensated by the increase in personnel in many others. Also, the network of three-member rescue services covered Estonia fairly well in summer 2012. In fact, it was concluded that the restructuring of the rescue service network was generally beneficial for the availability of rescue service. However, in case of many accidents, the response time of rescuers may be of crucial importance.

The response time maps created for this paper were compared to the vector-based response time maps of AS Regio. It was found that the maps were quite similar, although response times on the maps of AS Regio were slightly more optimistic. This may be due to higher speed values assigned to the vector data or because of the peculiarities of raster data and analysis. It was concluded that raster-based response time maps offer a more realistic view to

the availability of rescue service than their vector-based counterparts. However, it is certainly not sufficient to analyse the availability of rescue service using only response time maps. Population figures and the actual accident venues also need to be taken into account.

## **8. Tänuavaldused**

Kõigepealt soovin tänada oma juhendajat Raivo Aunapit asjakohaste nõuannete ning abi eest töö koostamisel ja andmete hankimisel. Samuti tänan Kiira Mõisjat, kes andis nõu töö kaartide kujundamisel, ning Evelyn Uuemaad, kes oli abiks töö tehniliste probleemide lahendamisel. Suur tänu kuulub ka Päästeametile, eesotsas planeerimise talituse eksperdi Urmas Paejärvega, kellelt saadi hulk töö koostamiseks vajalikke andmeid, näidiskaarte ja muud informatsiooni.

## 9. Kasutatud kirjandus

### *Kirjandusallikad*

**Chang, K.-t., 2003.** Introduction to Geographic Information Systems. McGraw-Hill, Singapur.

**Chevalier, P., Thomas, I., Geraets, D., Goetghebeur, E., Janssens, O., Peeters, D., Plastria, F., 2012.** Locating fire stations: An integrated approach for Belgium. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 173-182.

**Davis, B. E., 2001.** GIS: A Visual Approach. OnWord Press, New York.

**Etherington, T. R., 2012.** Mapping organism spread potential by integrating dispersal and transportation processes using graph theory and catchment areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 26:3, 541-556.

**García-Palomares, J. C., Gutiérrez, J., Latorre, M., 2012.** Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach. *Applied Geography*, 35, 235-246.

**Goldberg, J. F., 2004.** Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles. *EMS Management Journal*, 1:1, 20-39.

**Goodchild, M. F., Steyaert, L. T., Parks, B. O., Johnston C., 1996.** GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues. John Wiley & Sons, New Jersey.

**Kennedy, M., 2009.** Introducing Geographic Information Systems with ArcGIS. John Wiley & Sons, New Jersey.

**Malczewski, J., 1999.** GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, New York.

**Mitchell, A., 1999.** The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 1: Geographic Patterns and Relationships. ESRI, Inc., California.

**Murray, A. T., Tong, D., 2009.** GIS and spatial analysis in the media. *Applied Geography*, 29, 250–259.

**Price, M., 2010.** Mastering ArcGIS. McGraw-Hill, New York.

**ReVelle, C. S., 1991.** Siting Ambulances and Fire Companies: New Tools for Planners. *Journal of the American Planning Association*, 57:4, 471-484.

**Zhang, X., Xu, J.-g., Qi, Y., 2009.** Decision Support System of Fire Station Distribution and Responsible Area Zoning in Nanjing, China. 2009 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 4, 206-213.

**Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C. S., Berman, L., 1971.** The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19:2, 1363-1373.

**Wei, L., Li, H.-l., Liu, Q., Chen, J.-y., Cui, Y.-j., 2011.** Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP. *Procedia Engineering*, 11, 486–495.

**Yin, P., Mu, L., 2012.** Modular capacitated maximal covering location problem for the optimal siting of emergency vehicles. *Applied Geography*, 34, 247-254.

### *Internetimaterjalid*

**ArcGIS Resource Center, 2011a.** Over (Spatial Analyst).

<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Over/009z000000mp000000/>, 24.04.2013.

**ArcGIS Resource Center, 2011b.** Expand (Spatial Analyst).

<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Expand/009z000000036000000/>, 24.04.2013.

**Desjardins Sport, 2012.** Bombard Commando C3, C4, C5.

<http://desjardinssport.com/en/bateau/bombard-commando-c3-2/>, 25.04.2013.

**Filippov, M. 2012a.** Elupäästevõimekus on saavutatud 64 komandos. Postimees.

<http://www.postimees.ee/1048472/elupaastevoimekus-on-saavutatud-64-komandos/>, 25.04.2013.

**Filippov, M., 2012b.** Üheksa päästekomando sulgemine sai allkirja. Postimees.

<http://www.postimees.ee/729724/ueksa-paastekomando-sulgemine-sai-allkirja/>, 24.04.2013.

**Filippov, M., 2012c.** Tänavu alustas 14 uut vabatahtlikku päästekomandot. Postimees.

<http://www.postimees.ee/1048490/tanavu-alustas-14-uut-vabatahtlikku-paastekomandot/>, 25.04.2013.

**Kasse Paadid OÜ, 2013.** Kasse 430. Tehnilised andmed. <http://www.kasse.ee/tehn.htm>,

25.04.2013.

**Lõhmus, E., 2011.** Intervjuu: Ühe komando sulgemine tõstab suurema piirkonna turvalisust.

Valgamaalane. <http://www.valgamaalane.ee/674594/intervjuu-ue-komando-sulgemine-tostab-suurema-piirkonna-turvalisust/>, 25.04.2013.

**Maa-amet, 2006.** Ülevaade Eesti topograafilisest andmekogust.

[http://geoportaal.maaamet.ee/docs/ETAK/Ylevaade\\_Eesti\\_topograafilisest\\_andmekogust.pdf?t=20091211092207](http://geoportaal.maaamet.ee/docs/ETAK/Ylevaade_Eesti_topograafilisest_andmekogust.pdf?t=20091211092207), 21.04.2013.

**Maa-amet, 2009.** Reaalsusmudel: Nähtuste kataloog.

[http://geoportaal.maaamet.ee/index.php?lang\\_id=1&action=kataloog&page\\_id=88](http://geoportaal.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&action=kataloog&page_id=88), 22.04.2013.

- Maa-amet, 2011b.** Eesti topograafia andmekogu. Maa-ameti geoportaal. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Topograafilised-andmed/Eesti-topograafia-andmekogu-p79.html>, 21.04.2013.
- PM Online, 2004.** Võrtsjärvel hukkus purjetaja. Postimees. [http://tartu.postimees.ee/180604/online\\_uudised/137311.php](http://tartu.postimees.ee/180604/online_uudised/137311.php), 25.04.2013.
- Politseiamet, 2004.** Võrtsjärvel uppus noormees. Delfi. [http://www.delfi.ee/news/paevauudised/110\\_112/vortsjarvel-uppus-noormees.d?id=7937215](http://www.delfi.ee/news/paevauudised/110_112/vortsjarvel-uppus-noormees.d?id=7937215), 25.04.2013.
- Päästeamet, 2010a.** Päästekomandode väljasõidupiirkondade ohutegurite ja riskide hindamise meetodika. <http://www.rescue.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=29910/valjasoidupiirkondade+riskide+hindamise+metoodika.rtf>, 25.04.2013.
- Päästeamet, 2011a.** Leisi päästekomando analüüs. <http://www.saartehaal.ee/UserFiles/File/Leisi.pdf>, 25.04.2013.
- Päästeamet, 2011b.** Võsu päästekomando analüüs. <http://www.raivouukkivi.ee/files/File/Vosu%20komando%20analyyis.pdf>, 25.04.2013.
- Regio, 2010.** Päästeameti abikomandode soovituslik paiknemine. Nädiskaart. <http://foorum.estrescue.eu/phpBB3/download/file.php?id=182&sid=f809148c1f6e4264795da4ca9bff927d>, 24.04.2013.
- Regio, 2012b.** Eesti kaart. Delfi. <http://kaart.otsing.delfi.ee/>, 25.04.2013.
- Rudi, H., 2011.** Vabatahtliku päästjana on end seni arvele võtnud paarsada inimest. Postimees. <http://www.postimees.ee/676482/vabatahtliku-paastjana-on-end-seni-arvele-votnud-paarsada-inimest/>, 25.04.2013.
- Sikk, R., 2012.** Täna peavad päästjad peiesid : üheksa komandot pannakse kinni. Eesti Päevaleht. <http://www.epl.ee/news/eesti/tana-peavad-paastjad-peiesid-uehksa-komandot-pannakse-kinni.d?id=64401302>, 24.04.2013.
- Tammsalu, A., 2011.** Päästetööde korraldamine püsisustusega väikesaartel. [https://www.siseministerium.ee/public/Paaste\\_valmisolek\\_vaikesaartel\\_110830-Vai...pptx](https://www.siseministerium.ee/public/Paaste_valmisolek_vaikesaartel_110830-Vai...pptx), 25.04.2013.

### ***Kasutatud andmed***

**Maa-amet, 2011a.** Eesti topograafia andmekogu tuumandmebaas. Geoandmebaas.

**Maa-amet, 2012.** Kõige uuemate ortofotode kiht (avalik WMS teenus).  
<http://kaart.maaamet.ee/wms/fotokaart?>, 24.04.2013.

**Maa-amet, 2013.** Eesti haldus- ja asustusjaotuse maakondade ruumiandmete fail.  
[http://geoportaal.maaamet.ee/docs/haldus\\_asustus/maakond\\_shp.zip?t=20130401011517](http://geoportaal.maaamet.ee/docs/haldus_asustus/maakond_shp.zip?t=20130401011517),  
24.04.2013.

**Päästeamet, 2010b.** Päästekomandode geoinfo-alane planeerimise ja analüüsi tarkvara.  
Tehniline kirjeldus.

**Päästeamet, 2012a.** Riiklike komandode asukohad. .xls tabel.

**Päästeamet, 2012b.** Vabatahtlike komandode asukohad. .xls tabel.

**Päästeamet, 2013a.** Päästekomandode koosseisud aastatel 2011-2012 kuude kaupa. .xls tabel.

**Päästeamet, 2013b.** Päästekomandode koosseisud 2013. aasta jaanuari seisuga. Tabel seletustega.

**Päästeamet, 2013c.** Päästekomandode tehniline valmisolek. Tabel seletustega.

**Regio, 2012a.** Elupäästevoimekusega päästekomandode ajatsoonid 2012. .pdf formaadis kaart.

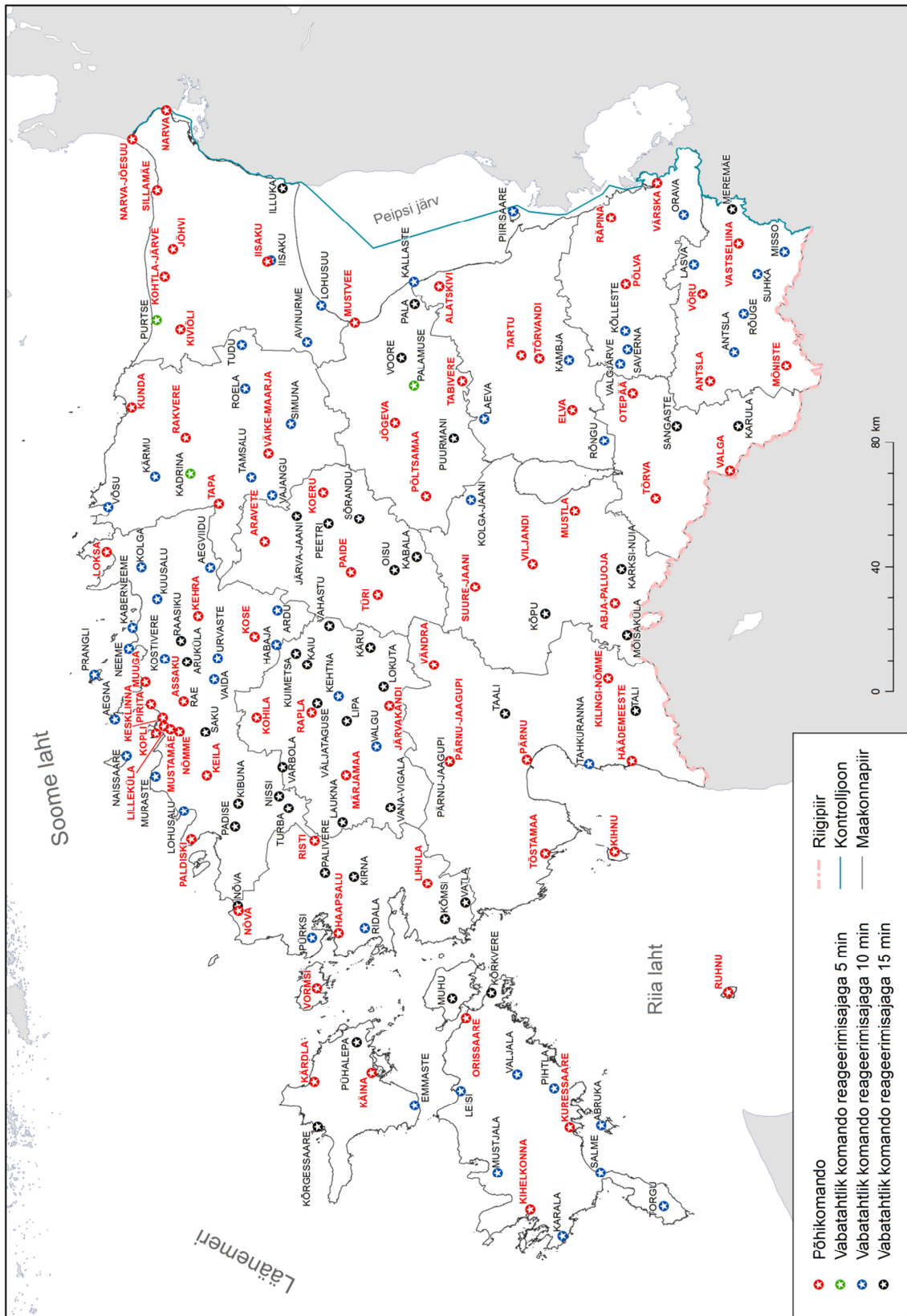
**Tartu Ülikool, 2000.** Eesti Geograafia CD. Elektrooniline õpik. CD-plaat.

### ***Muud allikad***

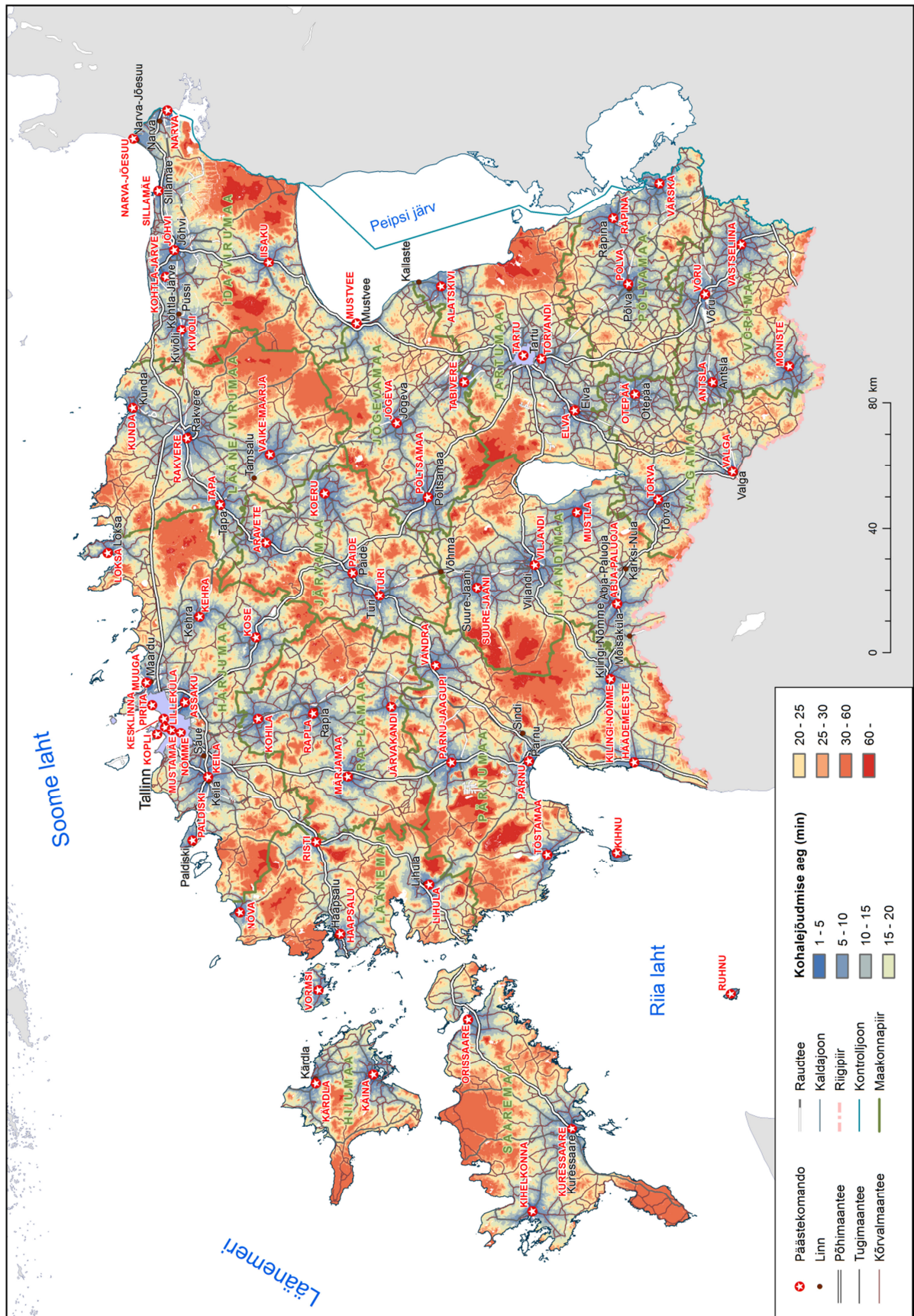
**Aunap, R., 2012.** Aine „Tarkvara ArcGIS II“ juhendid.

# Lisad

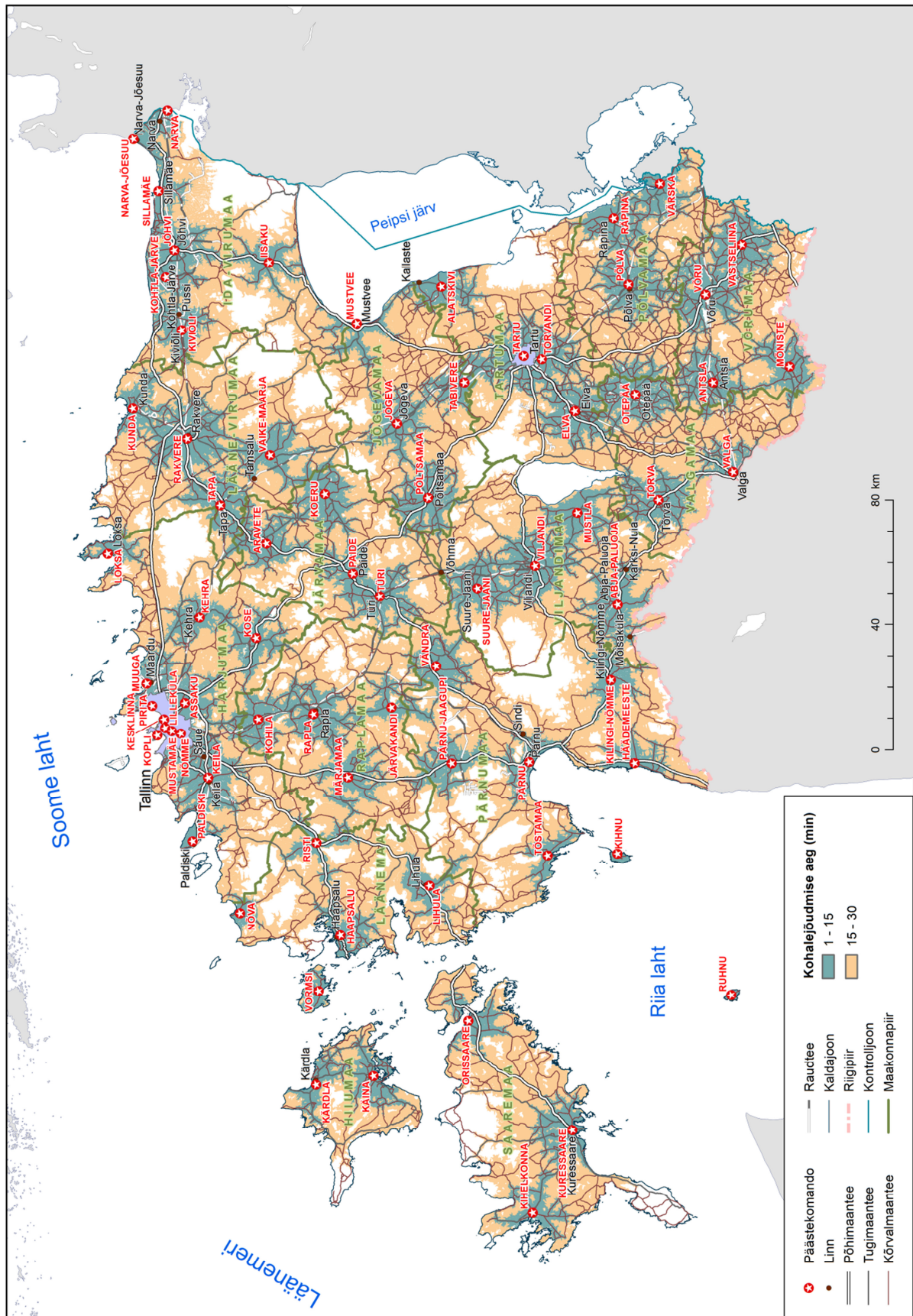
Lisa 1. Kõikide Eesti päästekomandode paiknemine 2012. aasta 27. detsembri seisuga.



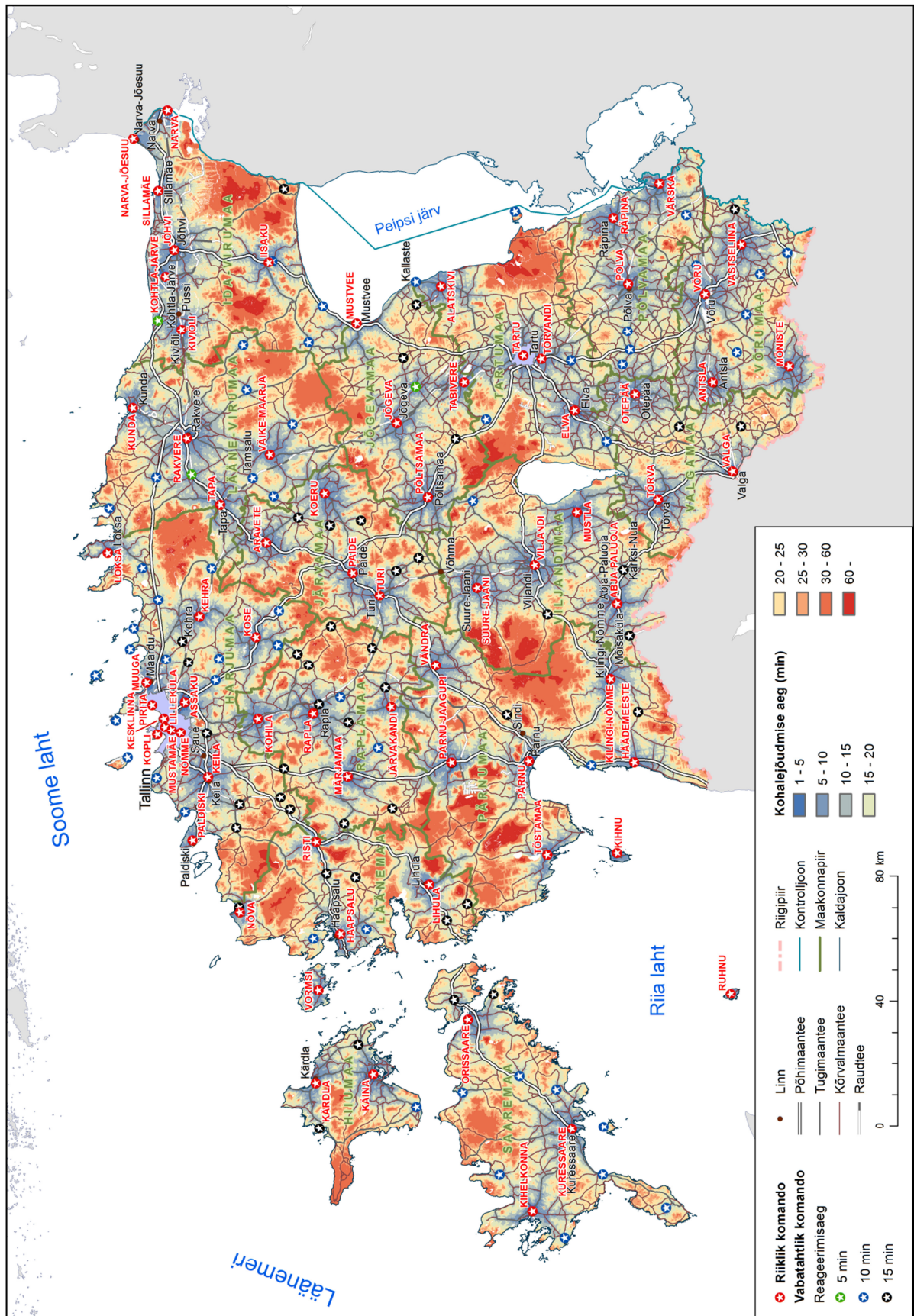
**Lisa 2.** Eesti riiklike päästekomandode ajaline katvus 2012. aasta detsembris (optimistlike kiirusväärtuste korral).



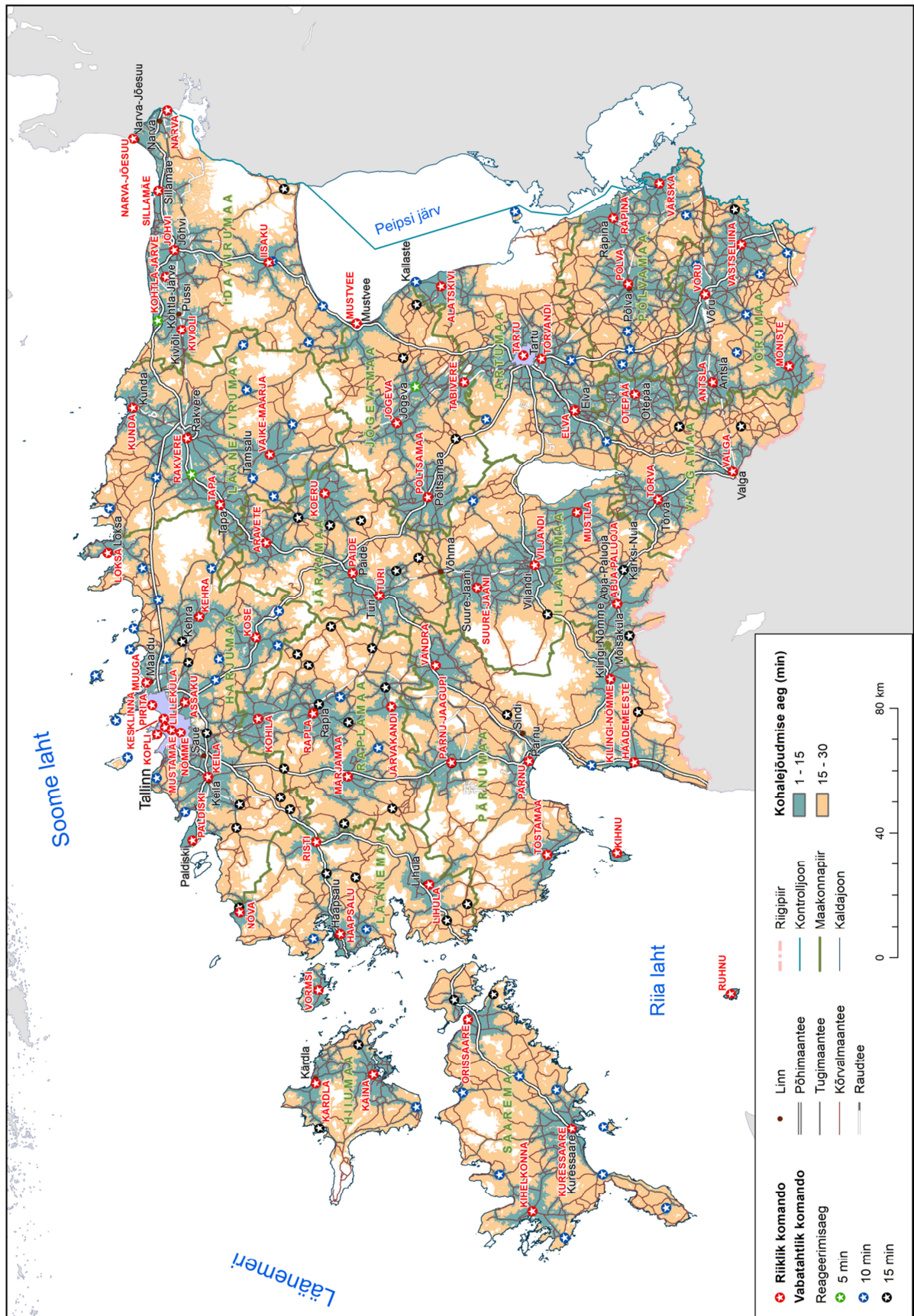
**Lisa 3.** Eesti riiklike päästekomandode ajaline katvus 2012. aasta detsembris 15 ja 30 minuti kaugustsoonidega (optimistlike kiirusväärtuste korral).



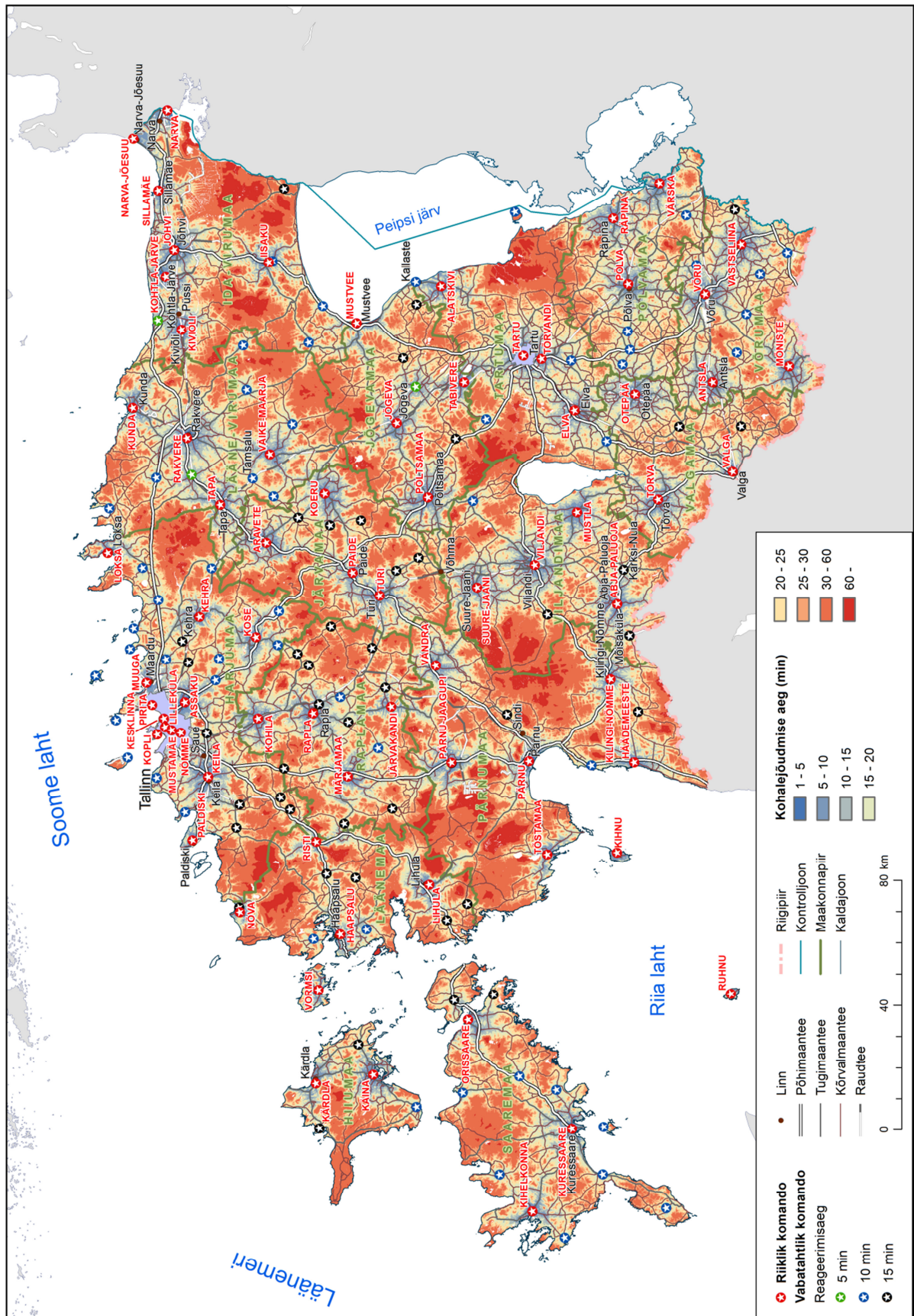
**Lisa 4.** Kõikide Eesti päästekomandode ajaline katvus 2012. aasta detsembris (optimistlike kiirusväärtuste korral).



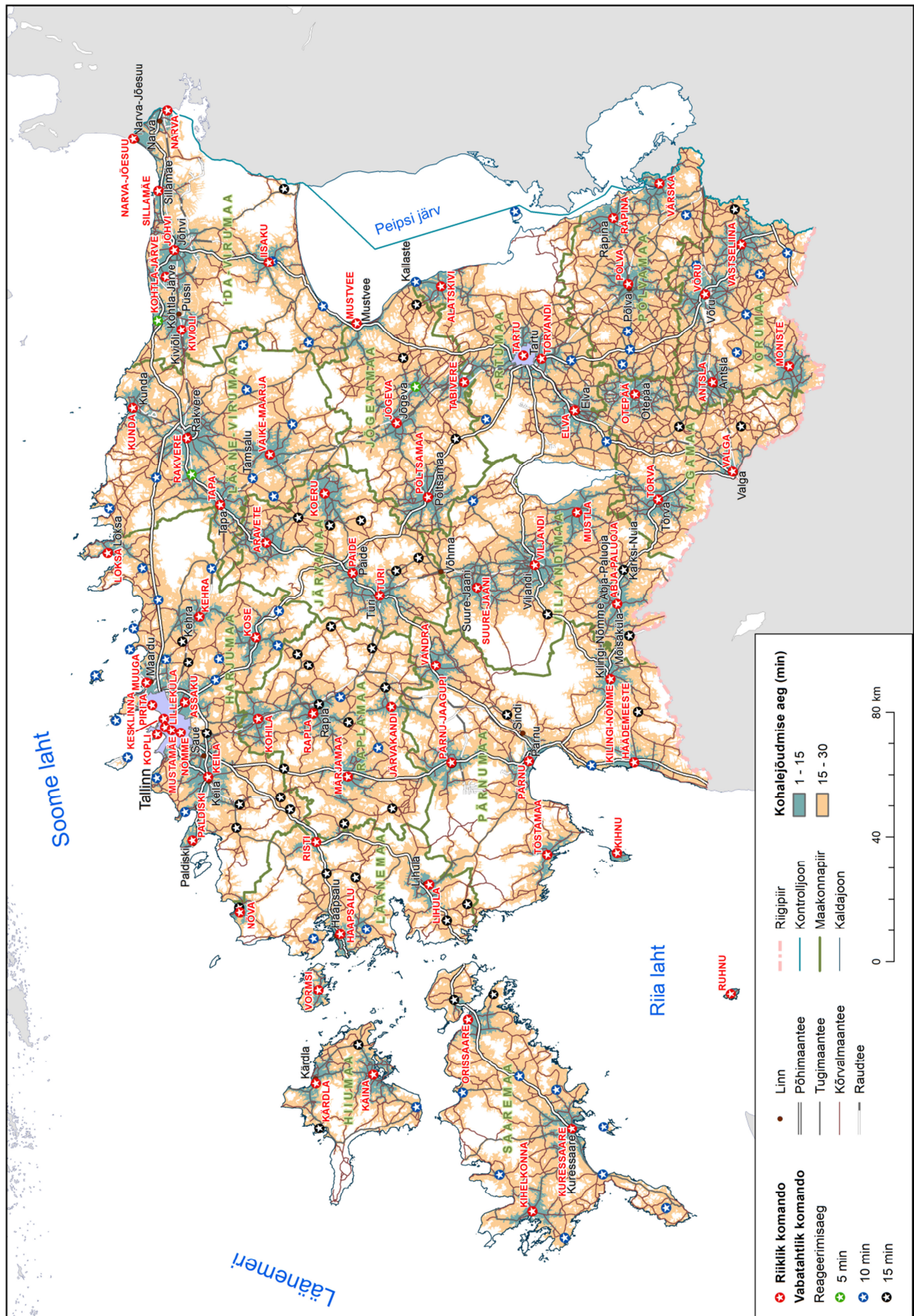
**Lisa 5.** Kõikide Eesti päästekomandode ajaline katvus 2012. aasta detsembris 15 ja 30 minuti kaugustsoonidega (optimistlike kiirusväärtuste korral).



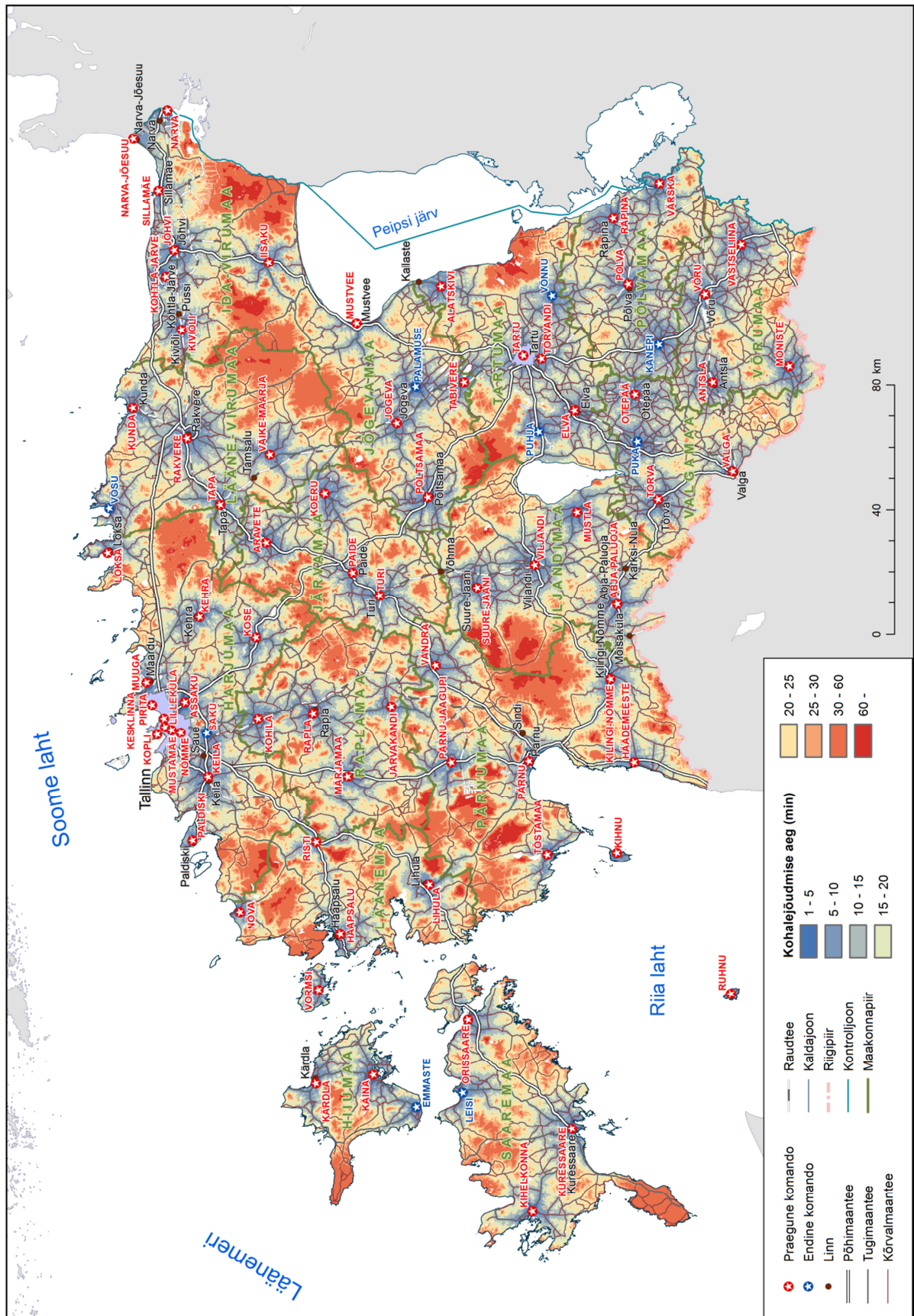
**Lisa 6.** Kõikide Eesti päästekomandode ajaline katvus 2012. aasta detsembris (pessimistlike kiirusväärtuste korral).



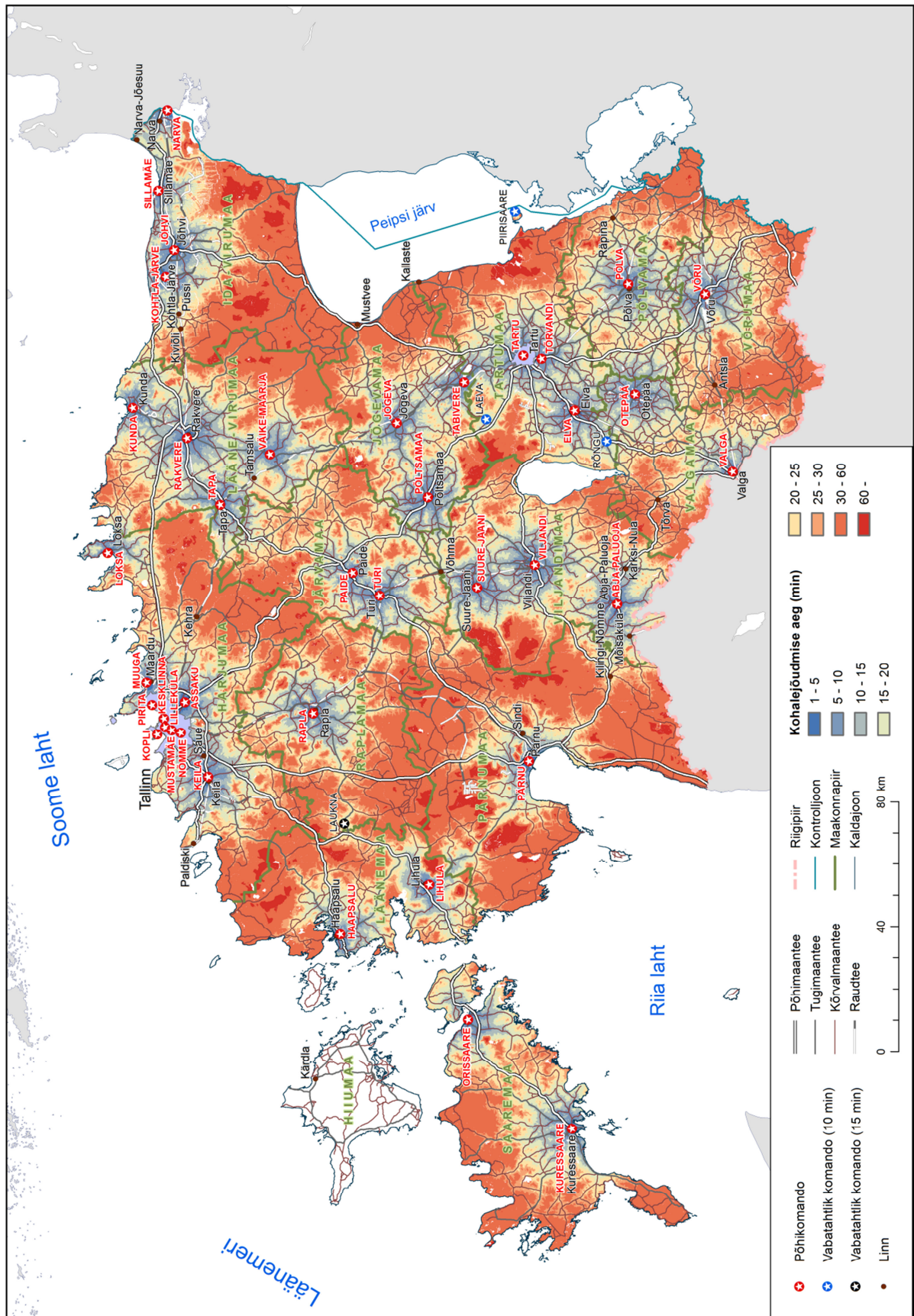
**Lisa 7.** Kõikide Eesti päästekomandode ajaline katvus 2012. aasta detsembris 15 ja 30 minuti kaugustsoonidega (pessimistlike kiirusväärtuste korral).



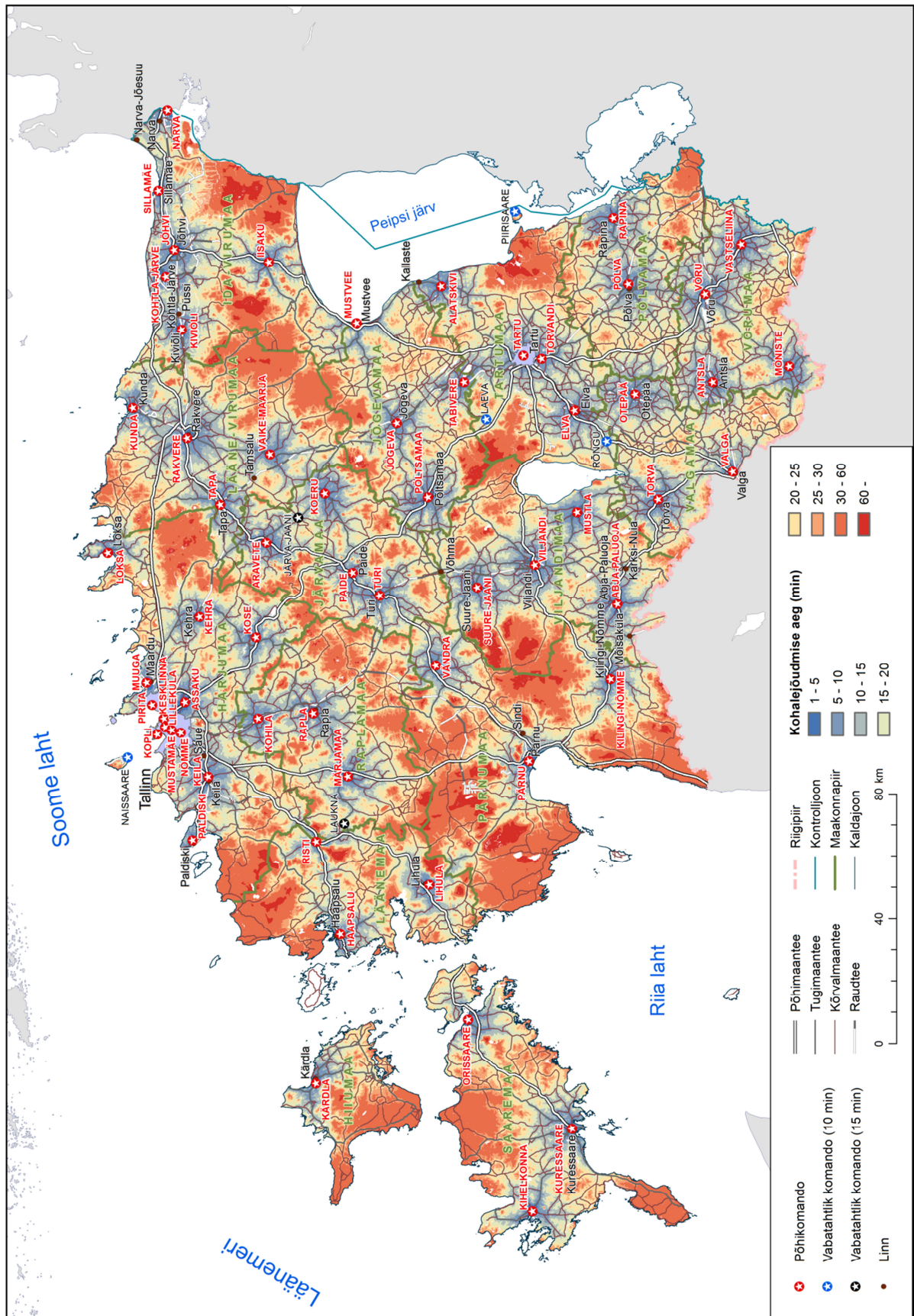
**Lisa 8.** Eesti riiklike päästekomandode ajaline katvus enne komandovõrgu ümberkorraldamist 2012. aasta mais (optimistlike kiirusväärtuste korral).



**Lisa 9.** Optimaalse elupäästevõimekusega komandode ajaline katvus 2012. aasta suvel (optimistlike kiirusväärtuste korral).



**Lisa 10.** Minimaalse elupäästevõimekusega komandode ajaline katvus 2012. aasta suvel (optimistlike kiirusväärtuste korral).



**Lisa 11.** Optimaalsed elupäästevõimekust omavad komandod Eestis 2011. aasta ja 2012. aasta suveperioodil. VT – vabatahtlik komando.

2011 suvi	2012 suvi
Haapsalu	Haapsalu
Jõgeva	Jõgeva
Jõhvi	Jõhvi
Keila	Keila
Kesklinna	Kesklinna
Kohtla-Järve	Kohtla-Järve
Kopli	Kopli
Kuressaare	Kuressaare
Lilleküla	Lilleküla
Loksa	Loksa
Mustamäe	Mustamäe
Muuga	Muuga
Narva	Narva
Nõmme	Nõmme
Paide	Paide
Piirissaare VT	Piirissaare VT
Pirita	Pirita
Põlva	Põlva
Pärnu	Pärnu
Rakvere	Rakvere
Rapla	Rapla

Rõngu VT	Rõngu VT
Sillamäe	Sillamäe
Tartu	Tartu
Valga	Valga
Viljandi	Viljandi
Võru	Võru
Väike-Maarja	Väike-Maarja
	Abja-Paluoja
	Assaku
	Elva
	Kunda
	Laeva VT
	Laukna VT
	Lihula
	Orissaare
	Otepää
	Põltsamaa
	Suure-Jaani
	Tabivere
	Tapa
	Tõrvandi
	Türi

**Lisa 12.** Minimaalsed elupäästevõimekust omavad komandod Eestis 2011. aasta ja 2012. aasta suveperioodil. VT – vabatahtlik komando.

2011 suvi	2012 suvi
Abja-Paluoja	Abja-Paluoja
Assaku	Assaku
Elva	Elva
Haapsalu	Haapsalu
Iisaku	Iisaku
Jõgeva	Jõgeva
Jõhvi	Jõhvi
Kehra	Kehra
Keila	Keila
Kesklinna	Kesklinna
Kiviõli	Kiviõli
Kohtla-Järve	Kohtla-Järve
Kopli	Kopli
Kose	Kose
Kuressaare	Kuressaare
Kärdla	Kärdla
Lihula	Lihula
Lilleküla	Lilleküla
Loksa	Loksa
Mustamäe	Mustamäe
Muuga	Muuga
Märjamaa	Märjamaa
Narva	Narva
Nõmme	Nõmme
Paide	Paide
Paldiski	Paldiski
Piirissaare VT	Piirissaare VT
Pirita	Pirita
Põltsamaa	Põltsamaa
Põlva	Põlva
Pärnu	Pärnu
Rakvere	Rakvere
Rapla	Rapla
Rõngu VT	Rõngu VT

Sillamäe	Sillamäe
Suure-Jaani	Suure-Jaani
Tapa	Tapa
Tartu	Tartu
Tõrvandi	Tõrvandi
Türi	Türi
Valga	Valga
Viljandi	Viljandi
Võru	Võru
Väike-Maarja	Väike-Maarja
Lokuta VT	Alatskivi
	Antsla
	Aravete
	Järva-Jaani VT
	Kihelkonna
	Kilingi-Nõmme
	Koeru
	Kohila
	Kunda
	Laeva VT
	Laukna VT
	Mustla
	Mustvee
	Mõniste
	Naissaare VT
	Orissaare
	Otepää
	Risti
	Räpina
	Tabivere
	Tõrva
	Vastseliina
	Vändra

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Mihkel Männa (sünnikuupäev: 10. mai 1990),

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Eesti päästekomandode ajalise katvuse modelleerimine“, mille juhendaja on Raivo Aunap,
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 20.05.2013.