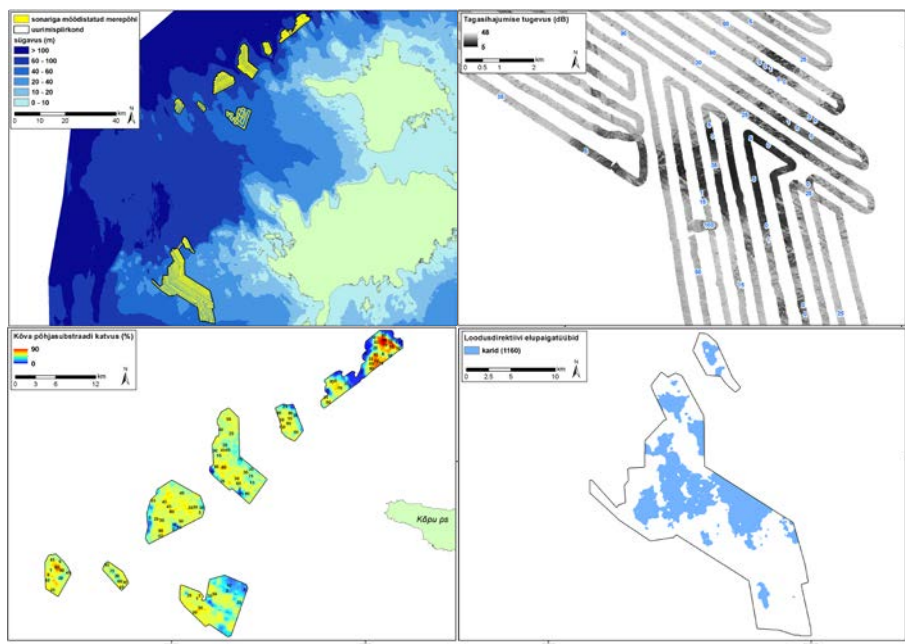


# LOODUSDIREKTIIVI MERELISTE ELUPAIKADE INVENTUUR VALITUD ALADEL EESTI MAJANDUSVÖÖNDIS

Teostatud projekti „Eesti merealade loodusväärtuste inventeerimine ja seiremetoodika väljatöötamine“ raames

Aruande versioon 2, 8. aprill 2016



Leping: 10-4.5.5/14/21  
Vastutav täitja: Georg Martin



KESKKONNAMINISTEERIUM



# SISUKORD

1. SISSEJUHATUS .....	3
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	5
2.1. Uuringupiirkonnad.....	5
2.2. Välitööd proovipunktides.....	7
2.3. Akustilised uuringud.....	9
2.3.1. Sonariga merepõhja kaardistamise vajadus ja tööpõhimõtted.....	9
2.3.2. Sonariandmete kogumine ja modelleerimine.....	10
2.4. EL loodusdirektiivi elupaigatüübid.....	13
3. TULEMUSED .....	16
3.1. Akustilised uuringud.....	16
3.2. Merepõhja substraat.....	18
3.3. Merepõhja elustik .....	23
3.4. Loodusdirektiivi elupaigatüübid.....	28
4. KOKKUVÕTE .....	30
SUMMARY .....	31
KIRJANDUS.....	32

# 1. SISSEJUHATUS

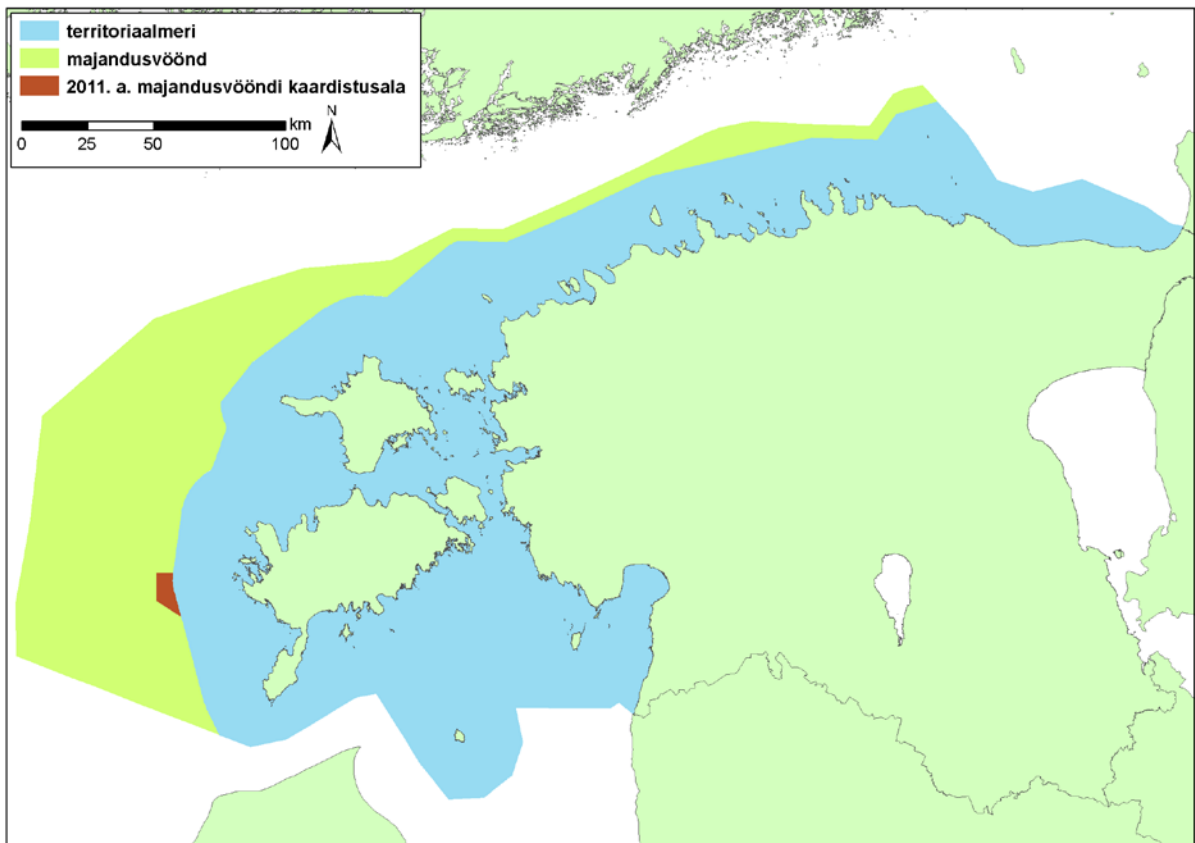
Looduskaitsealade valikul ja nende looduskaitseliste väärtuste hindamisel, merealade ruumilisel planeerimisel ning keskkonnamõju hindamistel kasutatakse üha enam merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamist. Merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamine on väga oluline Euroopa Liidu Nõukogu direktiivi 92/43/EMÜ looduslike elupaikade ning loodusliku taimestiku ja loomastiku kaitse kohta (edaspidi „loodusdirektiiv“) kohustuste täitmise seisukohalt.

Vastavalt merealapiiride seadusele (Riigiteataja 1993) on Eesti merealad jagatud kolmeks: sisemeri, territoriaalmeri ja majandusvöönd. Sisemeri on mereala, mis asub territoriaalmere lähte-joone ja ranniku vahel ning territoriaalmere lähtejoon on mõtteline joon, mis ühendab omavahel maismaa, saarte, laidude, kaljude ja veest väljaulatuvate üksikute kivide rannikust kõige kaugemal asuvaid punkte. Territoriaalmeri on sisemerega külgnev mereala, mille laius on 12 meremiili (joonis 1.1). Majandusvöönd on väljaspool territoriaalmerd asuv ja viimasega külgnev mereala, mille piirid on kindlaks määratud Eesti Vabariigi ja naaberriikide vaheliste lepingutega (joonis 1.1).

Kogu Eesti mereala pindala on ligikaudu 36500 km<sup>2</sup>, millest majandusvöönd moodustab ligi ühe kolmandiku (ca 11300 km<sup>2</sup>). Vaatamata väga suurele pindalale on majandusvööndi loodusest väga vähe teada. Enne 2011. aastat oli põhjaelustiku kohta teadmisi vaid üksikutest proovipunktidest. 2011. aastal viidi läbi esimene merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamine majandusvööndi kõige madalamas osas Saaremaast läänes (joonis 1.1). Selle projekti käigus kaardistati ligikaudu 100 km<sup>2</sup> majandusvööndi merepõhja. Käesolev uuring on teine majandusvööndi merepõhja looduse inventuur, mille ruumiline ulatus on tunduvalt suurem 2011. aastal teostatud uuringust. Käesoleva töö eesmärgiks on kaardistada loodusdirektiivi elupaigatüüpide levik ligikaudu 500 km<sup>2</sup> pindalal Eesti majandusvööndis Hiiumaast ja Saaremaast läänes. Eesmärgi täitmiseks kasutatakse mitmekiirelist sonarit, allveevideotehnikat ja põhjaammutajaid.

Töö viisid läbi TÜ Eesti Mereinstituudi merebioloogia osakonna töötajad:

Kristjan Herkül, Sander Paekivi, Teemar Püss, Greta Reisalu, Kaire Kaljurand, Tiina Paalme, Anneliis Peterson, Martin Teeveer, Katarina Oganjan, Liis Rostin, Liina Pajusalu, Mark Pahk, Priit Kersen, Anastasiia Kovtun-Kante, Ivan Kuprijanov, Birgit Jullinen, Jelena Kuprijanova.



Joonis 1.1. Eesti merealad. Eraldi polügooniga on näidatud seni ainuke majandusvööndi merepõhja kaardistamise piirkond (teostatud 2011. aastal).

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

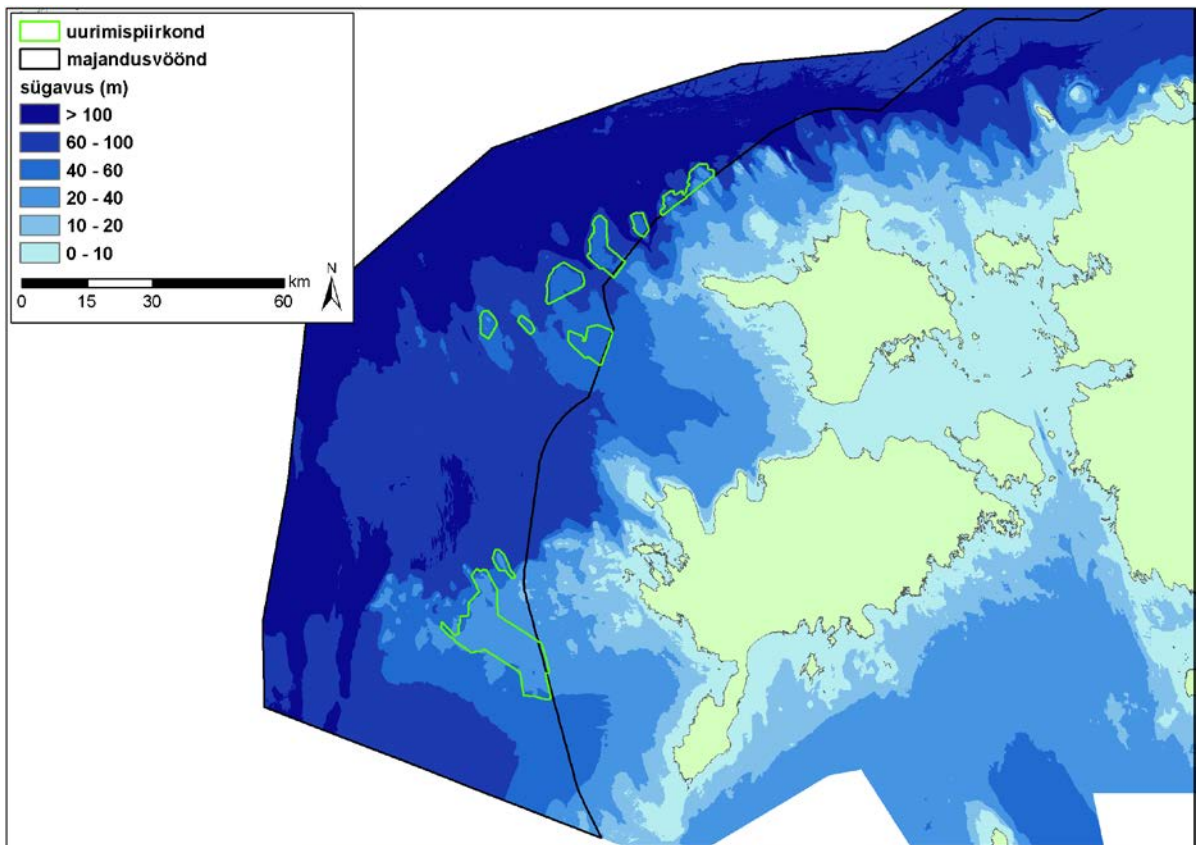
### 2.1. Uuringupiirkonnad

Detailse merepõhja elustiku ja elupaikade inventuuri läbiviimiseks valiti välja majandusvööndi merealad Hiiumaast ja Saaremaast läänes (joonis 2.1.1). Tegemist on majandusvööndi madalama osaga, kus põhjasubstraadi ja elustiku mitmekesisus on kõrgemad võrreldes sügavamate aladega. Lisaks sellele on ulatuslikud sügavad alad (> 75 m) Läänemeres hapnikupuuduse tõttu ilma aeroobse elustikuta ja seetõttu on majandusvööndi looduse kaardistamisel mõistlik keskenduda madalamatele aladele. Uuringualade näol on tegemist peamiselt aluspõhjaliste kõrgendikega ning osaliselt Balti klindi veealuste jätkudega.

Hiiumaast läänes paiknev uurimispiirkond koosnes seitsmest eraldi polügoonist, mis katavad antud piirkonna kõige madalamad osad (joonis 2.1.1). Mere sügavus nendel aladel jäi vahemikku 21 kuni 106 m, keskmine oli 54 m. Hiiumaa uuringupolügoonide summaarne pindala oli 242,6 km<sup>2</sup>.

Saaremaast läänes paiknev uurimispiirkond koosnes kahest eraldi polügoonist, mis paiknevad antud mereala madalamas osas (joonis 2.1.1). Sügavus nendel aladel jäi enamasti vahemikku 22 kuni 82 m, keskmine oli 37 m. Saaremaa uuringupolügoonide pindala oli kokku 274,9 km<sup>2</sup>. Saaremaa uuringupiirkond külgneb 2011. aastal kaardistatud majandusvööndi alaga.

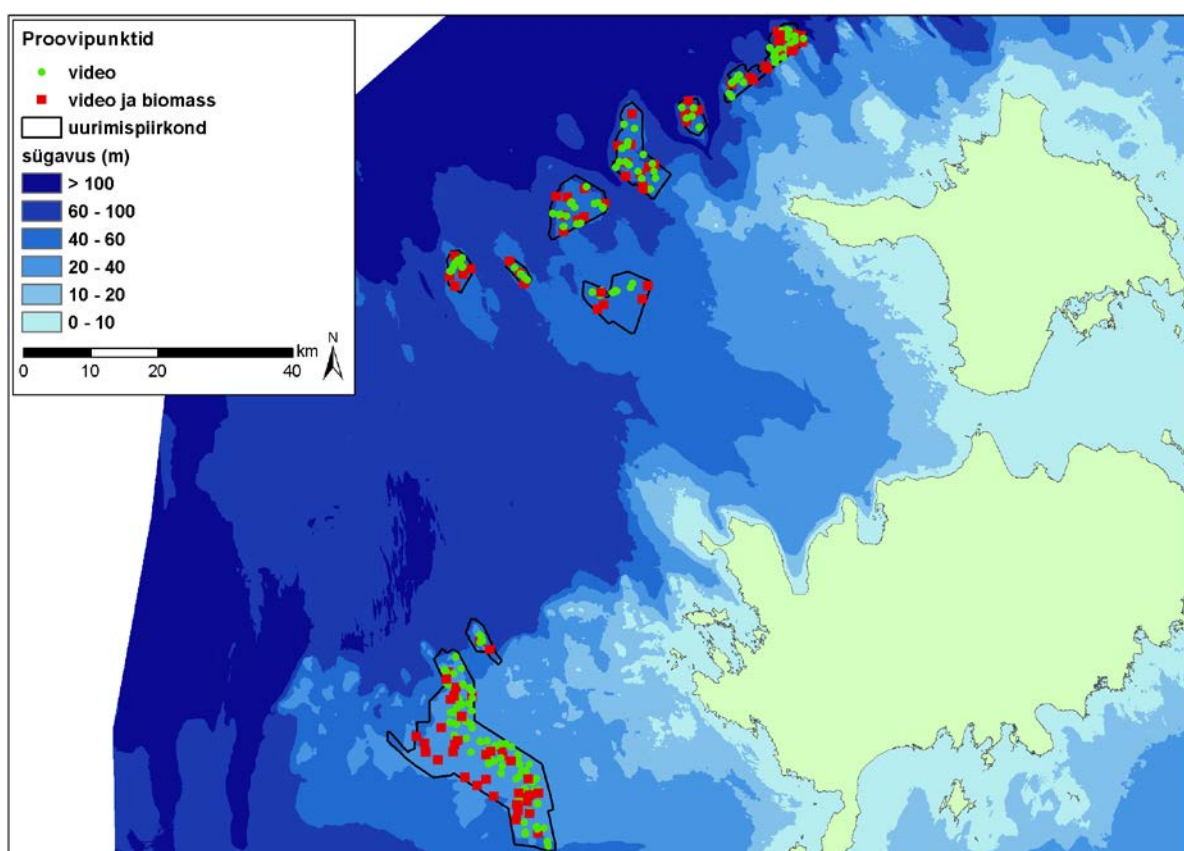
Saaremaa ja Hiiumaa uuringupolügoonide summaarne pindala oli 517,5 km<sup>2</sup>; keskmine sügavus 45 m.



Joonis 2.1.1. Uuringupiirkonnad.

## 2.2. Välitööd proovipunktides

Merepõhja videovaatlused ja biomassiproovide kogumine toimus 2015. aasta juunis, juulis ja augustis. Videoülesvõtted tehti 290 proovipunktis ning biomassiproove koguti 91 proovipunktis (joonis 2.2.1). Merepõhja videovaatlused teostati aladel, mis olid skaneeritud mitmekiirelise sonariga (vt peatükk 2.3). Videovaatluste ja sonariskaneeringu ruumiline kattumine on oluline substraadi ja elustiku katvusandmete seostamiseks sonariandmetega. Videoülesvõtted teostati kas kaabli otsas mere põhja kohale lastava allveevideosüsteemiga (nn *drop*-kaameraga) või laeva pardalt juhitava allveerobotiga Seabotix LBV150-2. Mõlemad süsteemid on varustatud valgustitega ja videosalvestusseadmetega. Igas proovipunktis salvestatud videolõigud analüüsiti hiljem visuaalselt arvutimonitorilt vaadatuna. Videopildilt hinnati põhjataimestiku üldkatvus, põhjataimestiku ja –loomastiku liikide/rühmade katvused ja põhjasubstraadi tüüpide katvused protsentuaalselt.



Joonis 2.2.1. Proovipunktide paiknemine. Detailssem paiknemine on näidatud tulemuste peatükis.

Biomassiproovid koguti kasutades Ekman-tüüpi põhjaammutajat (põhja pindala 0,02 m<sup>2</sup>). Proovid pesti merel 0,25 mm silmasuurusega sõeltel, et vabaneda peenefraktsioonilisest settest. Pestud proovid pakiti plastikkottidesse, varustati etikettidega ja säilitati sügavkülmutatuna. Uuringualade suure sügavuse tõttu ei olnud võimalik proovide kogumisel kasutada sukeldujaid ja seetõttu ei olnud võimalik koguda biomassiproove kõva põhjasubstraadiga põhjadelt. Suure sügavuse, tugevate hoovuste ja avamere lainetuse ning põhjaammutaja kastumiseks sobimatute põhjade (klibused, kivised) laia leviku tõttu ebaõnnestus heade biomassiproovide saamine väga paljudes proovipunktides. Kuna uuringupiirkondades võib esineda ainult loodusdirektiivi elupaigatüüpi „karid“, siis biomassiproovide vähesus karide leviku kaardi kvaliteeti ei mõjuta. Karide elupaigatüübi

tunnusorganismid on kõik epibentilised (st elavad põhjasubstraadi peal) ja seetõttu tuvastatakse neid ainult katvusandmetest ehk allveevideo materjali põhjal.

Biomassiproovide analüüs toimus TÜ Eesti Mereinstituudi merebioloogia osakonna akrediteeritud laboris (Eesti Akrediteerimiskeskuse tunnistus L179) vastavalt kvaliteedisüsteemi juhenditele. Analüüsi meetodid on kooskõlas HELCOM-i soovitusetega (HELCOM 2015). Laboris proovid sulatati ja eristati kõik põhjaelustiku organismid liigiti või madalaima võimaliku taksonoomilise tasemeni kasutades vajadusel mikroskoobe ja erinevaid määrajaid. Kirpvähkide *Gammarus* noorjärgud (kehapikkus < 5 mm) määrati perekonna, surusääsklaste vastsed (*Chironomidae*) sugukonna ja väheharjasussid (*Oligochaeta*) alamklassi tasemeni. Ülejäänud taksonid määrati liigini. Iga loomaliigi kuivkaal määrati pärast kuivatamist vähemalt 48 h 60 °C juures ja iga taimeliigi kuivkaal pärast vähemalt kahe nädalast kuivatamist 60 °C juures. Põhjaelustiku liikide kuivkaal arvutati ümber 1 m<sup>2</sup> kohta.



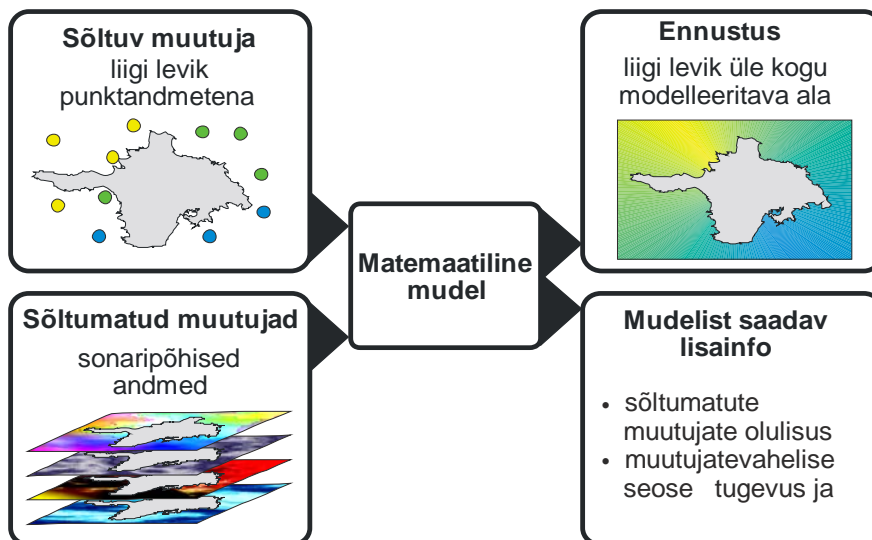
## 2.3. Akustilised uuringud

### 2.3.1. Sonariga merepõhja kaardistamise vajadus ja tööpõhimõtted

Merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamisel kasutati lisaks proovipunktipõhisele materjali kogumisel ka mitmekiirelist sonarit. Senini Eestis läbi viidud punktipõhise kaardistamise peamine puudus seisneb selles, et punktidevahlise ala kohta ei ole teadmisi ja seetõttu ei ole võimalda tuvastada merepõhja elustiku ja elupaikade leviku tegelikke mustreid ja inimtegevuse jälgede ulatust. Täieliku ruumilise katvusega kaartide saamiseks on seni kasutatud interpoleerimist, st. proovipunktidega katmata merealadele arvutatakse merepõhja omaduste ja elustiku parameetrite väärtused matemaatiliselt interpoleerimise teel. Sonari kasutamine võimaldab võrreldes tavapärase ainult merepõhja punktvaatlustel põhineva kaardistamisega väga palju suuremat täpsust: võrreldes interpoleerimisega võimaldavad sonariga kogutud andmed äärmiselt palju täpsemalt ennustada elustiku ja elupaikade levikut reaalsete merepõhja punktvaatluste vahelisel alal.

Sonari tööpõhimõte seisneb aja mõõtmises helilaine väljumisest kuni veekogu põhjalt tagasi peegeldunud laine registreerimiseni sonaris, mille kaudu arvutatakse vahemaa ehk sügavus. Vahemaa arvutamise eelduseks on heli levimise kiiruse andmed, mida salvestatakse eraldi sensoritega. Lisaks heli tagasipeegeldumise ajale salvestab sonar ka peegelduse tugevuse. Seega on sonariga võimalik koguda kahte tüüpi andmeid – sügavus ja tagasipeegeldunud akustilise signaali intensiivsus (edaspidi „tagasihajumine“). Sügavus on merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamisel kõige olulisem keskkonnamuutuja kahel põhjusel: 1) kõikide taimeliikide ja paljude loomaliikide levik on seotud sügavusega, 2) sügavusandmetest on võimalik arvutada merepõhja nõlvakaldeid ja konarlikkust, mis peegeldavad merepõhja substraadi omadusi ja läbi selle elustiku ja elupaikade levikut. Tagasihajumine võimaldab hinnata merepõhja omadusi, sest helilaine sumbumine ja peegelduse tugevus sõltub substraadi materjalist ja pinna struktuurist. Tagasihajumine on tugevam kõvalt substraadilt (nt. paeplaat) ja nõrgem pehmelt substraadilt (nt. liiv).

Käesolevas töös modelleeriti sonaripõhiste andmete alusel merepõhja substraadi omaduste ja elustiku levikut nendel aladel, kust puudusid allveevideo abil teostatud merepõhja vaatlused. Leviku ennustamiseks kasutati matemaatilist modelleerimist, kus sõltumatuteks muutujateks olid sonaripõhised andmed (sügavus, tagasihajumine, sügavusest arvutatud merepõhja kalle) ja sõltuvateks muutujateks põhja substraadi ja elustiku leviku punktandmed, mis pärinesid merepõhja videovaatlustest. Seega matemaatiliste mudelite abil loodi seosed sonariandmete ja merepõhja vaatluste info vahel ning nende seoste abil ennustati merepõhja omadusi ja liikide levikut nendel aladel, kus puudusid reaalsed merepõhja vaatlused, aga mis olid kaetud sonarimõõdistamisega. Ennustava modelleerimise põhimõtet illustreerib joonis 2.3.1.1.

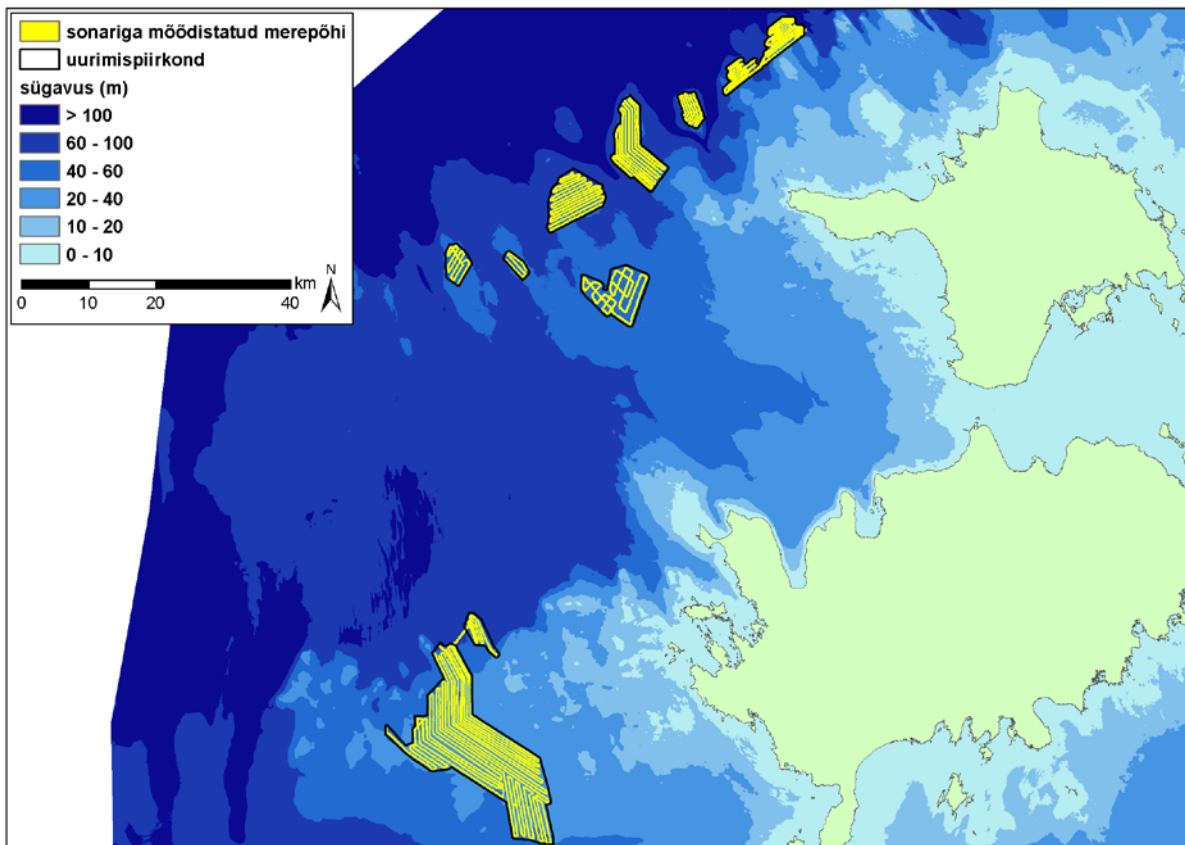


Joonis 2.3.1.1. Matemaatilise modelleerimise tööpõhimõte sonaripõhistest andmetest põhjasubstraadi ja elustiku leviku kaardistamisel.

Detailsema ülevaate sonari kasutamisest merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamisel annab Keskkonnainvesteeringute Keskuse rahastatud projekti „Sonarisüsteemi rakendamise meetodika loomine merepõhja elupaikade ja füüsikaliste omaduste kaardistamiseks“ käigus valminud aruanne (TÜ Eesti Mereinstituut 2014a). Käesolevas töös on rakendatud nimetatud projekti käigus väljatöötatud meetodeid.

## 2.3.2. Sonariandmete kogumine ja modelleerimine

Välitööd mitmekiirelise sonariga *Reson SeaBat 7101-Flow* viidi läbi 2014. aasta augustis ja septembris ning 2015. aasta juulis ja augustis. Sonar on paigaldatud TÜ Eesti Mereinstituudi uurimislaevale *AluDevil 33*. Arvestades uuringuala väga suurt pindala ja töö eesmärgi täitmiseks vajalikku detailsuse taset, ei olnud uuringuala merepõhja 100 % katvusega skaneerimine vajalik ega praktiliselt teostatav. Seetõttu teostati sonariga mõõdistamine ligikaudu 50 % katvusega. Joonisel 2.3.2.1 on näidatud sonariga mõõdistatud merepõhja ulatus.



Joonis 2.3.2.1. Käesolevas uuringus sonariga mõõdistatud merepõhi.

Sonariga kogutud andmete esmane töötlemine, sealhulgas sügavusmodeli ja tagasihajumise mudeli loomine, toimusid *Reson*'i tarkvaras *PDS2000*. Valminud andmestikud viidi geoinfosüsteemi *ArcGIS*, kus sügavusmodeli andmete põhjal arvutati merepõhja nõlva kalle. Merepõhja substraadi omaduste ja liikide leviku modelleerimiseks kasutati kolme sonaripõhist andmekihti: sügavus, tagasihajumine, nõlva kalle. Matemaatiliste mudelite loomiseks kasutati sisendandmetena merepõhja vaatlustest ja biomassiproovidest saadud informatsiooni ning eelmainitud kolme sonaripõhist andmekihti. Igas proovipunkti asukohas arvutati  $25 \times 25$  m ruudus (proovipunkt asus ruudu keskel) sügavuse, tagasihajumise ja nõlvakalde keskmised väärtused. Selle tulemusel saadi mudelitele kalibratsioonandmestik, kus iga proovipunkti kohta on üks rida ja veergudes andmed nii proovianalüüsist (substraaditüüpide katvused, liikide katvused) kui sonaripõhistest andmekihtidest. Lisaks kalibratsioonandmestikule loodi ka ennustusandmestik, mis hõlmas kogu sonariga skaneeritud mereala (joonis 2.3.2.1), ning kus igas  $25 \times 25$  m ruudus oli arvutatud keskmine sügavus, tagasihajumine ja nõlvakalle.

Kalibratsioonandmestiku alusel modelleeriti seosed prooviandmete ja sonariandmete vahel kasutades juhumetsa (*random forest*, RF) meetodit. Juhumets on ansambel-modelleerimise meetod, kus luuakse suur hulk üksikuid regressioonipuid. Iga regressioonipuu koostatakse juhuslikust sisendandmete valimist ja iga hargnemine toimub juhuslikult valitud sõltumatute muutujate alusel. Ennustamisel saadakse lõplik ennustatava muutuja väärtus üksikute puude tulemuste keskmistamisel, kui tegemist on pideva tunnusega või hääletamise teel, kui tegemist on faktortunnusega. Kirjanduse andmeil saavutatakse stabiilseid tulemusi vähemalt 500 puuga (Liaw and Wiener 2002). Käesolevas töös määrati puude arvuks 1500.

Lisaks RF-le testiti ka üldistatud aditiivseid mudeleid (GAM, *generalized additive models*) ja võimendatud regressioonipuude (BRT, *boosted regression trees*) meetodit, kuid kuna RF ennustused olid täpsemad, seda just eriti reaalsete punktmõõtmiste piirkondades, ning

ennustuste väärtuste ulatus ja keskväärtus ühtisid täpsemalt sisendandmete vastavate näitajatega, siis valiti kõigi antud aruandes toodud modelleerimisel põhinevate kaartide loomiseks RF meetod.

Kõik mudelarvutused viidi läbi vabavaralises statistikatarkvaras R 3.2.2 (The R Foundation for Statistical Computing 2015). GAM, BRT ja RF meetodite jaoks kasutati vastavalt järgmisi R-i pakette: *mgcv* (Wood 2015), *gbm* (Ridgeway 2015) ja *randomForest* (Breiman et al 2015).

Pärast matemaatiliste mudelite loomist kasutati ennustusandmestikku, et mudeli abil prognoosida liikide ja substraadiomaduste levikut üle kogu sonariga skaneeritud mereala. Tulemus saadi ainult nende alade kohta, mis olid sonariga mõõdistatud. Et saada paremat visuaalset ülevaadet liikide ja elupaikade levikust üle kogu uuringuala, interpoleeriti tulemused ka sonari mõõtejoonte vahele jäävatele aladele kasutades geoinfosüsteemis *ArcGIS* pöördkauguse meetodit (*inverse distance weighting*, IDW).

Kirjeldatud meetodil modelleeriti järgmiste merepõhja substraadi ja elustiku muutujate levik:

- liiva katvus;
- kõva põhjasubstraadi (kivid, kalju) summaarne katvus;
- söödava rannakarbi (*Mytilus trossulus*) katvus;
- hüdraloomade katvus;
- karide elupaigatüübi tunnusliikide summaarne katvus (antud uuringus tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*) ja söödav rannakarp).

Kasutades ülekatteanalüüsi geoinfosüsteemis *ArcGIS* loodi eeltoodud muutujate alusel ka loodusdirektiivi karide elupaigatüübi leviku kaardikiht. Ülekatteanalüüsis kasutati sisendiks eeltoodud modelleeritud rasterkihte, mille väärtustele seati elupaigatüüpide kriteeriumitele vastavaid lävendeid (vt peatükk 2.4).

## 2.4. EL loodusdirektiivi elupaigatüübid

Euroopa Liidus on looduskaitseks oluliseks peetavad elupaigatüübid loendatud 1992. a. vastu võetud looduslike elupaikade ja loodusliku fauna ning floora kaitse direktiivi (*Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*; edaspidi „loodusdirektiiv“) lisa 1. Loodusdirektiivi lisa 1 koondab endas elupaigatüüpe nii maismaalt, merest kui mageveekogudest. Loodusdirektiivi lisa 1 on kokku kaheksa merega seotud elupaigatüüpi, mis kuuluvad jaotusesse 11 „avamere ja loodete alad“. Vastavalt Paal (2007) Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamatule esineb nendest Eestis kuus elupaigatüüpi (sulgudes loodusdirektiivi lisa 1 kood):

- mereveega üleujutatud liivamadalad (1110, edaspidi „liivamadalad“),
- jõgede lehtersuudmed (1130),
- mõõnaga paljanduvad mudased ja liivased laugmadalikud (1140, edaspidi „laugmadalikud“),
- rannikulõukad (1150),
- laiad madalad abajad ja lahed (1160),
- karid (1170).

Rannikust kaugel avamere tingimustes on välistatud jõgede lehtersuudmete, laugmadalike, rannikulõugaste ning laiade madalate abajate ja lahtede esinemine, sest kõik need elupaigatüübid on vahetult seotud rannajoonega. Seega on Eesti majandusvööndis potentsiaalselt võimalik ainult liivamadalate ja karide esinemine. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide definitsioonid on Euroopa Komisjoni poolt välja antud juhendmaterjalides (European Commission 2013) väga üldist laadi ja vähedetailed jättes võimalusi erinevatele interpretatsioonidele. Aruandes Merepõhja elupaikade definitsioonide tõlgendamise juhend (TÜ Eesti Mereinstituut 2014b) on toodud praktiliste definitsioonide ettepanekud kuidas loodusdirektiivi elupaigatüüpe eristada merepõhja inventuurides. Toodud definitsioone on kasutatud ka käesolevas töös ning vastavad karide ja liivamadalate määratlused on toodud alljärgnevalt.

### **Liivamadalad**

Elupaigatüübi omistamiseks merealale on vajalik põhjasubstraadi, sügavuse (footilise vööndi) ja elustiku kriteeriumite samaaegne täitmine.

#### Põhjasubstraat

Erinevate liivafraaktsioonide (peenliiv, keskmine liiv, jämeliiv) summaarne osakaal > 50 %.

#### Sügavus

Miinimumsügavus: ei ole piiratud.

Maksimumsügavus: footilise tsooni maksimaalne sügavus. Elupaik võib levida footilisest tsoonist sügavamale, kui ta moodustab ühtse terviku footilises tsoonis oleva elupaigaga ning põhjasubstraadi ja elustiku kriteeriumid on täidetud.

Kaardistamisel tuleb hinnata piirkonnaspetsiifiline footilise tsooni levik.

#### Elustik

Ühe tunnusliigi või kõigi tunnusliikide summaarne katvus  $\geq 10$  % või infauna karpide biomass  $\geq 10$  g m<sup>-2</sup> (kojaga kuivkaal).

Tunnusliigid/rühmad (rasvases kirjas on karakterliik või –rühm ja tavalises kirjas liigid, mis kuuluvad sellesse rühma):

**mändvetikad**

pk mändvetikad (*Chara spp.*)  
pesajas tolüpell (*Tolypella nidifica*)

**kõrgemad taimed\***

pikk merihein (*Zostera marina*)  
kardhein (*Ceratophyllum spp.*)  
tähk-vesikuusk (*Myriophyllum spicatum*)  
meri-näkirohi (*Najas marina*)  
perekond penikeel (*Potamogeton spp.*, *Stuckenia pectinata*)  
särjesilm (*Ranunculus spp.*)  
perekond heinmuda (*Ruppia spp.*)  
harilik hanehein (*Zannichellia palustris*)

**infauna karbid** (merepõhja sette sees elavad karbid)

balti lamekarp (*Macoma balthica*)  
liiva uurik-karp (*Mya arenaria*)  
söödav südakarp (*Cerastoderma glaucum*)

**agariku lahtine vorm** (*Furcellaria lumbricalis f. aegagropila*, ainult Kassari lahes)

\* kõrgemate taimede rühma kuuluvad ainult riim- ja merevees leiduvad veesisesed liigid, mis kinnituvad juurtega mere põhja (juurdunud sukeltaimed)

**Karid**

Elupaigatüübi omistamiseks merealale on vajalik põhjasubstraadi ja elustiku kriteeriumite samaaegne täitmine.

Põhjasubstraat

Erinevate kõvade substraaditüüpide summaarne osakaal > 50 %. Kõvade substraaditüüpide hulka kuuluvad väikesed kivid (6,4-20 cm), suured kivid (> 20 cm) ja kalju.

Sügavus

Ei ole piiratud.

Elustik

Ühe tunnusliigi või kõigi tunnusliikide summaarne katvus  $\geq 10$  %. Taimeliikide puhul ei lähe arvesse lahtised vetikad.

Tunnusliigid/rühmad (rasvases kirjas on karakterliik või –rühm ja tavalises kirjas liigid, mis kuuluvad sellesse rühma):

**põisadru** (*Fucus vesiculosus*), *Fucus radicans*

**agarik** (*Furcellaria lumbricalis*)

**niitjad vetikad\***

*Aglaothamnion roseum*, *Battersia arctica*, *Capsosiphon fulvescens*, *Ceramium spp*, *Chaetomorpha linum*, *Chorda filum*, *Chroodactylon ornatum*, *Cladophora spp*, *Coccotylus truncatus*, *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Ectocarpus siliculosus*, *Eudesme virescens*, *Halosiphon tomentosus*, *Leathesia marina*, *Monostroma balticum*, *Percursaria percursa*, *Pilayella littoralis*, *Polyides rotundus*, *Polysiphonia spp*, *Punctaria tenuissima*, *Rhizoclonium riparium*, *Rhodomela confervoides*, *Stictyosiphon tortilis*, *Ulothrix sp*, *Ulva spp*, *Urospora penicilliformis*

**söödav rannakarp** (*Mytilus trossulus*)

**tavaline tõruvähk** (*Amphibalanus improvisus*)

**rändkarp** (*Dreissena polymorpha*)

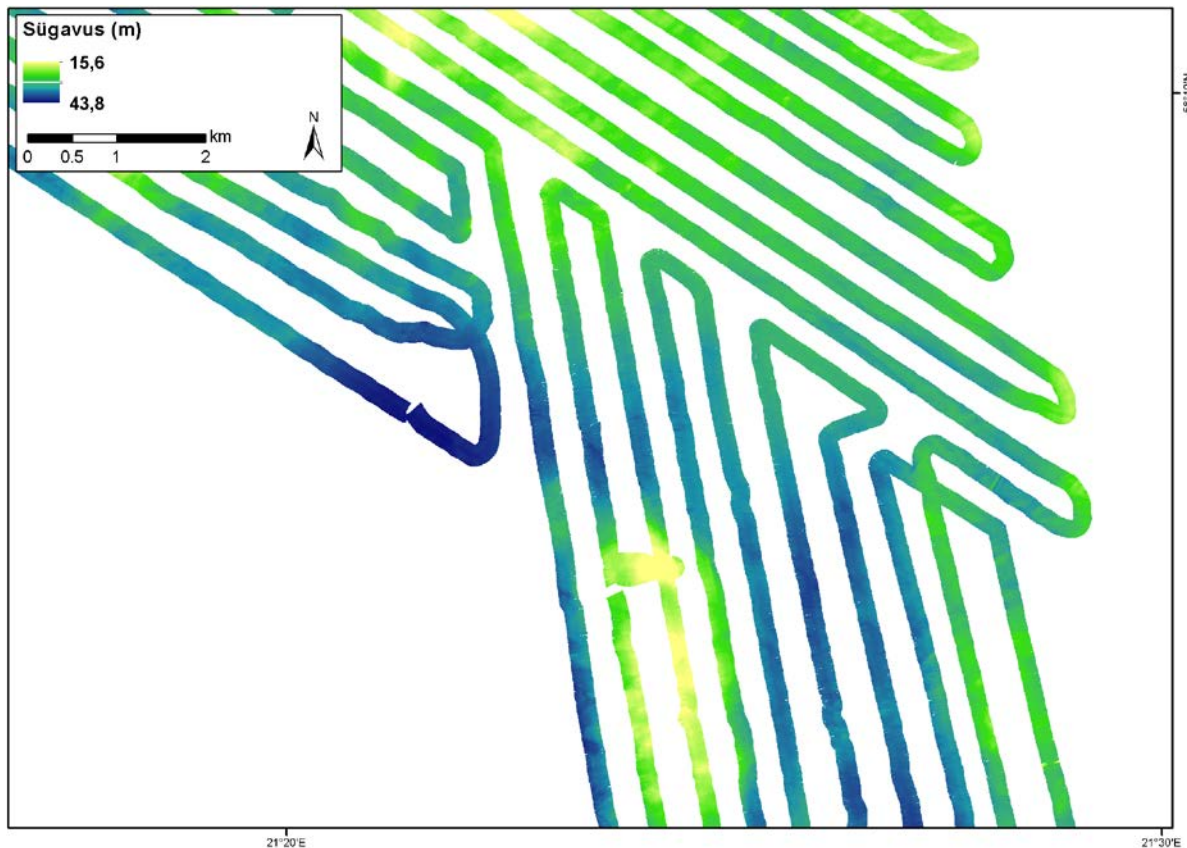
\*Niitjad vetikad on tinglik taimede rühma nimetus, mis sisaldab valdavalt niitjaid vetikaid, kuid vähesel määral ka sifonaalse, lehtja jm ehitustüübiga vetikaid; arvesse ei lähe lahtised vetikad.

Kuna liivamadalate elupaigatüübi näol on tegemist footilise põhjaga madala merealaga, siis antud majandusvööndi uuringupiirkondades on liivamadalte esinemine väga vähe tõenäoline. Majandusvööndi madalamad osad on valdavalt kõva põhjasubstraadiga ja liivast substraati leidub eelkõige mõnevõrra sügavamatel aladel, mis jäävad afootilisse tsooni. Seda kinnitasid ka väliuuringud.

### 3. TULEMUSED

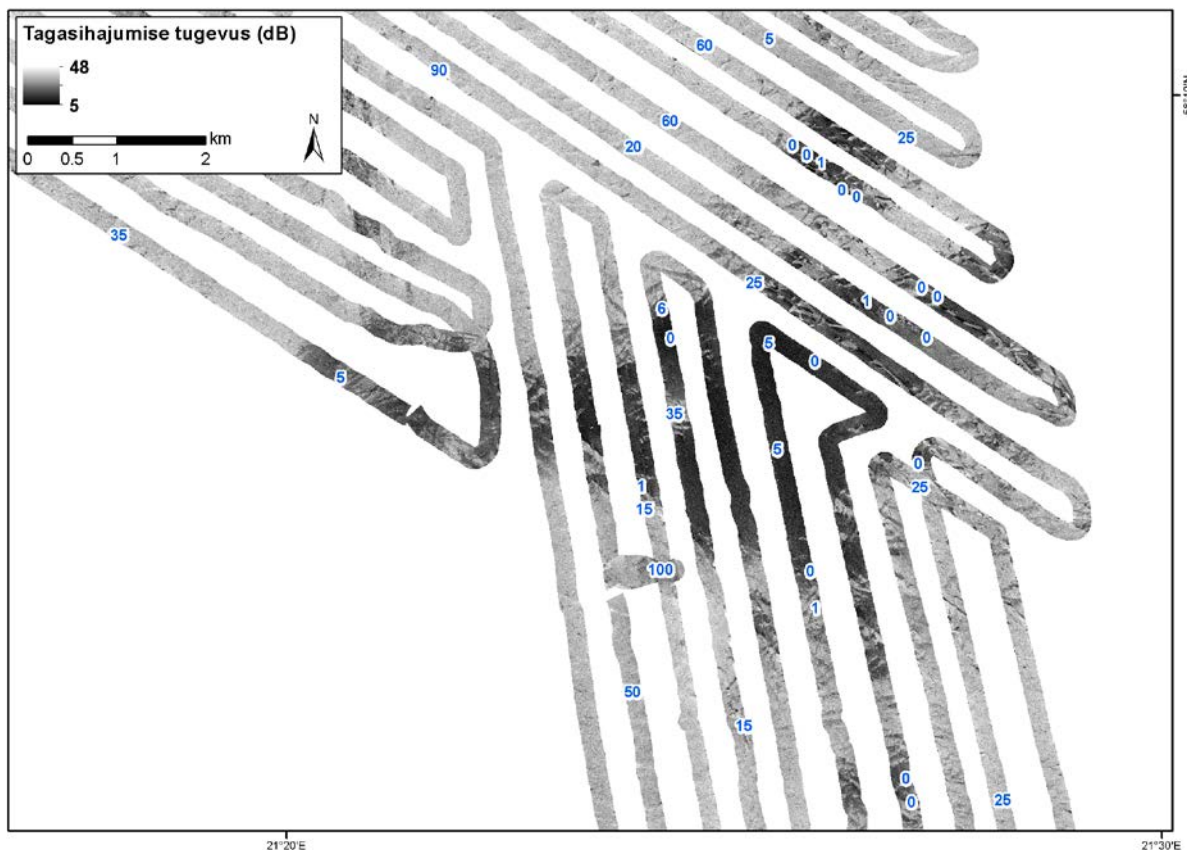
#### 3.1. Akustilised uuringud

Joonisel 2.3.2.1 näidatud sonariga skaneeritud merepõhjalt salvestati paralleelselt nii mere sügavuse info kui tagasipeegeldunud helilaine intensiivsus (tagasihajumise tugevus). Mõlemad andmestikud olid täies ulatuses kasutatavad ja väga informatiivsed. Sügavuse andmestikus esines mõnevõrra lainetusest tingitud müra, mis on paratamatu arvestades avameretingimusi ja suhteliselt väikest uurimislaeva. Projekti lühike kestus ja väga suur projektialade pindala ei võimaldanud alati töid teostada ideaalsete ilmastikutingimuste korral. Joonisel 3.1.1 on toodud näide sonari andmete põhjal loodud sügavusmudelist ja joonisel 3.1.2 näide tagasihajumise tugevuse andmestikust Saaremaa uurimispiirkonnast. Tagasihajumise kaardile on kuvatud videovaatlustest pärinevad kõva substraadi katvuse väärtused, mille abil on selgelt näha, et nõrk signaal seostub pehmema substraadiga ja tugev signaal kõvema substraadiga (joonis 3.1.2). Samuti on tagasihajumise tugevuse andmetest näha, et kohati esineb piirkonnas väga peenedetailseid mustreid.



Joonis 3.1.1. Näide sonariga mõõdetud sügavusandmestikust Saaremaa uurimispiirkonnas.

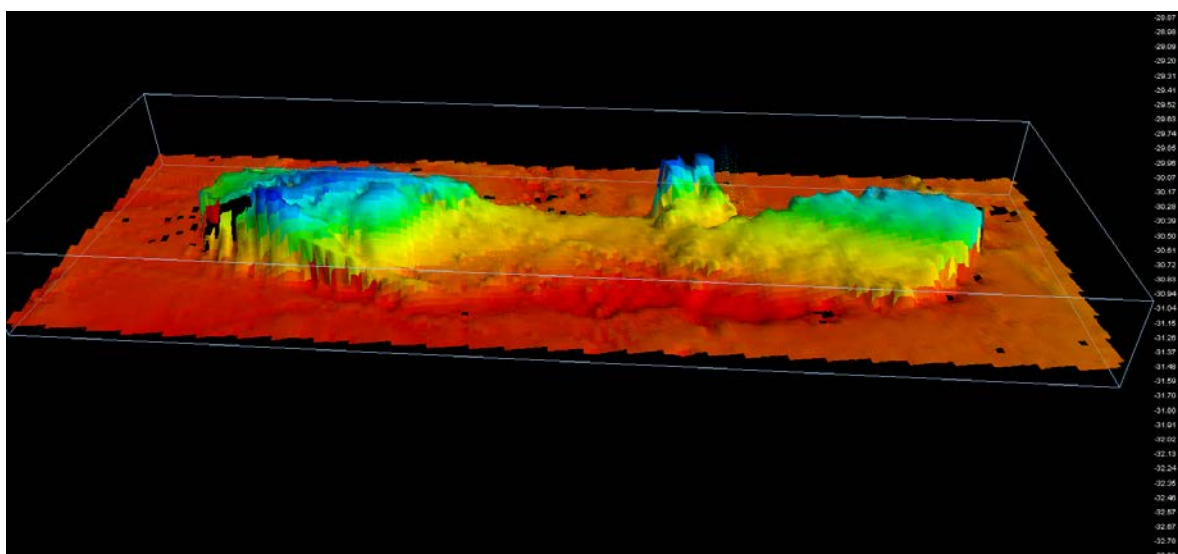




Joonis 3.1.2. Näide sonariga mõõdetud tagasihajumise tugevuse andmestikust Saaremaa uurimispiirkonnas. Punktandmetena on peale kantud kõva substraadi katvus (%) merepõhja videoanalüüside põhjal, millest nähtub, et tugevam heli peegeldus seostub kõvema põhjasubstraadiga.

Kirjeldatud andmestikud olid sisendiks põhjasubstraadi ja põhjaelustiku liikide leviku modelleerimiseks.

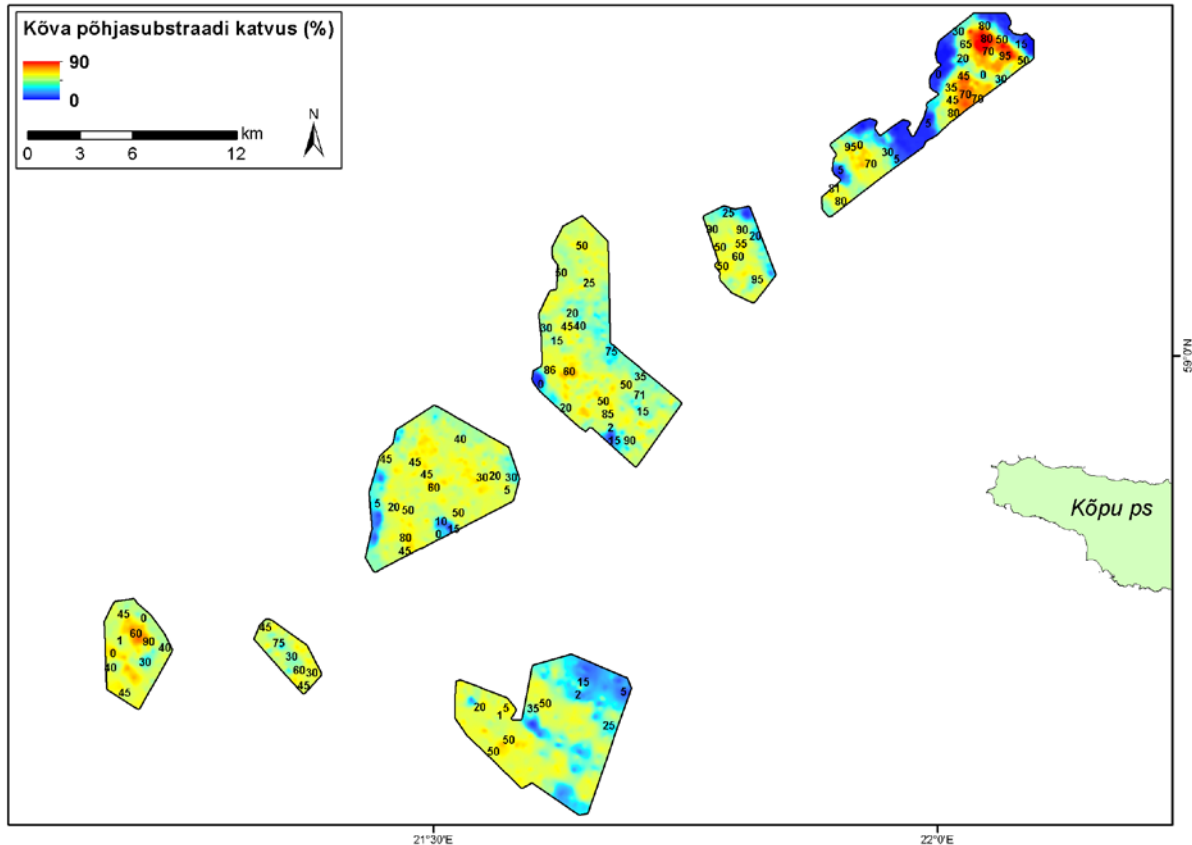
Sonaritööde käigus leiti üks seni avastamata laeva vrakk Saaremaa kaardistamispiirkonnast (joonis 3.1.3)



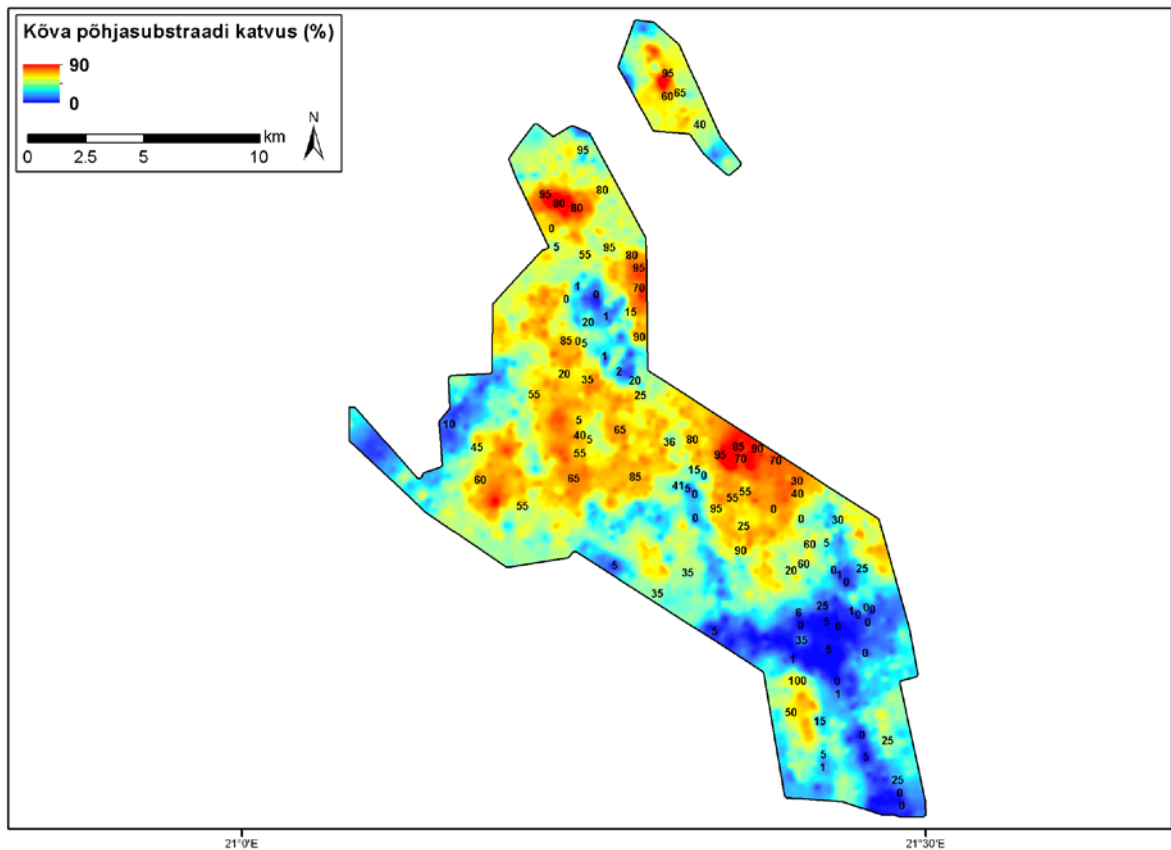
Joonis 3.1.3. Sonaripilt (kõrgusmudel) mõõdistustööde käigus tuvastatud laeva vrakist. Joonise autor: Sander Paekivi.

## 3.2. Merepõhja substraat

Merepõhja substraaditüüpide levik oli üldiselt seotud sügavusega – madalamad alad olid valdavalt kõvema põhjasubstraadiga kui sügavamad alad. Hiiumaa piirkonnas oli kõva põhjasubstraadi (kivid, kaljud, paeplaat) katvus kõrgeim piirkonna idaosas, mis oli ühtlasi kõige madalam ala (joonis 3.2.1). Ka Saaremaa piirkonna puhul olid kõrgemad kõva substraadi katvuse väärtused (joonis 3.2.2) seotud madalamate aladega.

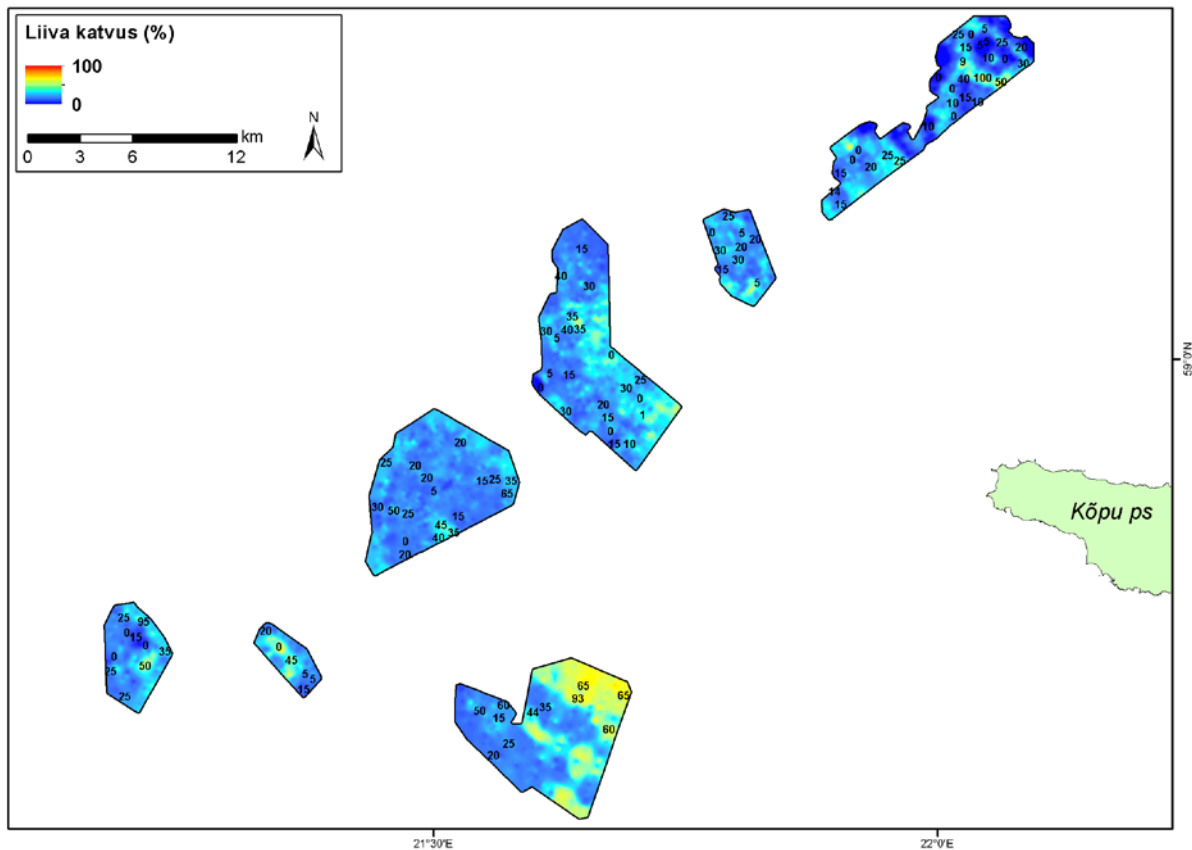


Joonis 3.2.1. Merepõhja kõva põhjasubstraadi katvus Hiiumaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud kõva substraadi katvuse andmed videovaaltuste põhjal; väga lähestikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.

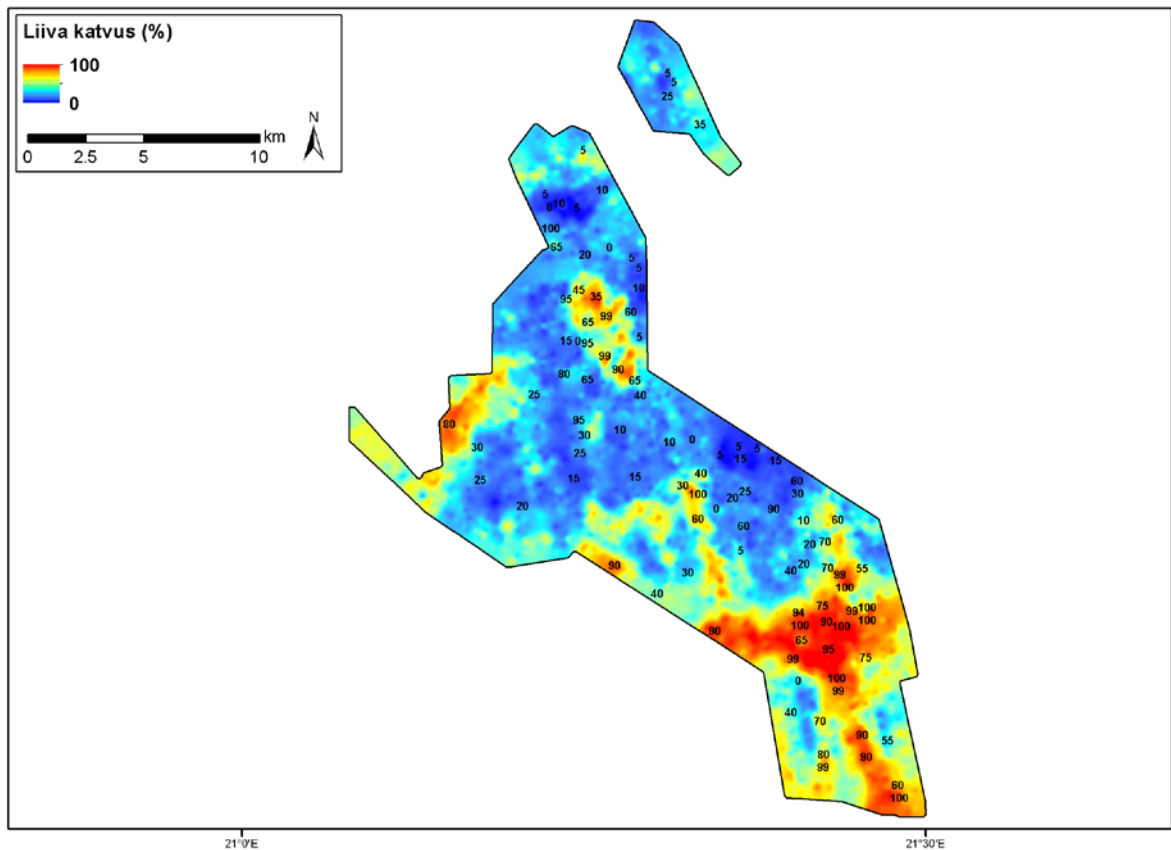


Joonis 3.2.2. Merepõhja kõva põhjasubstraadi katvus Saaremaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud kõva substraadi katvuse andmed videovaaltuste põhjal; väga lähedastikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.

Liiva katvuse levik oli üldjoontes pöördvõrdeline kõva substraadi levikuga nii Hiiumaa (joonis 3.2.3) kui Saaremaa piirkonnas (joonis 3.2.4).



Joonis 3.2.3. Merepõhja liiva katvus Hiiumaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud liiva katvuse andmed videovaaltuste põhjal; väga lähestikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.



Joonis 3.2.4. Merepõhja liiva katvus Saaremaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud liiva katvuse andmed videovaatluste põhjal; väga lähestikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.

Merepõhja videovaatluste abil leiti Hiiumaa piirkonnast umbes 60 m sügavuselt omapäraseid moodustised, mis meenutasid koralle (joonis 3.2.5). Selliste moodustiste olemasolust varem teadmised puudusid. Moodustised väärivad kindlasti edasist uurimist, et selgitada välja nende päritolu, koostis, tekkepõhjused ja ökoloogiline tähtsus. Esialgse hinnangu kohaselt võib tegemist olla fossiilsete korallmoodustistega.





Joonis 3.2.5. Hiiumaa piirkonnas tuvastatud varem kirjeldamata moodustised. Kaadrid allveerobotiga salvestatud videost, mille autor on Teemar Püss.

### 3.3. Merepõhja elustik

Võrreldes rannikumere elustikuga oli uurimispiirkond väga madala liigilise mitmekesisusega. Videoanalüüsidest tuvastati kokku vaid kolm taksonit, mis olid kõik põhjaloomastiku liigid: tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), hüdraloomad (*Hydrozoa*, videopildis võimatu liigini määrata) ja söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*). Leitud taksonitest olid hüdraloomad ja söödav rannakarp esindatud rohkem kui pooltes proovipunktides ja tõruvähk vähem kui 10% proovipunktides (tabel 3.3.1). Keskmise ja maksimaalse katvuse poolest olid kõrgeimad väärtused rannakarbil. Mõningates punktides esines väga suure asustustihedusega rannakarbi kolooniaid, kus katvus ulatus 90%.

Tabel 3.3.1. Põhjaelustiku taksonite esinemissagedus, keskmine ja maksimaalne katvus ning maksimaalne leviku sügavus merepõhja videoproovide põhjal. Katvuse väärtused on ainult nende proovide kohta, kus liiki esines.

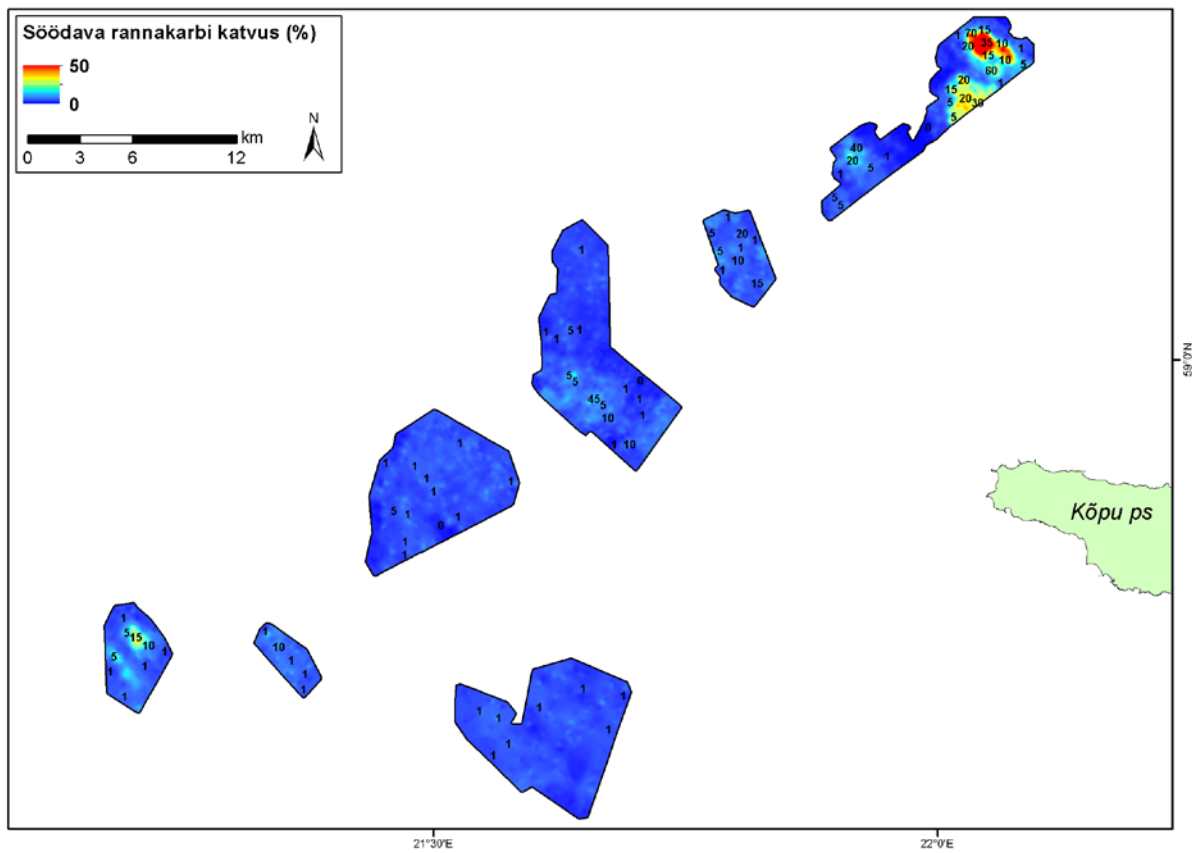
Takson	Esinemine (%)	Keskmine katvus (%)	Maksimaalne katvus (%)
<i>Amphibalanus improvisus</i>	8.6	4.3	10
<i>Hydrozoa</i>	55.4	11.6	50
<i>Mytilus trossulus</i>	58.6	16.1	90

Biomassiproovidest leiti kokku 14 taksonit, millest vaid üks oli taimeliik (tabel 3.3.2). Enamlevinud taksoniteks biomassiproovides olid balti lamekarp (*Macoma balthica*) ja tavaline harjaslabalane (*Monoporeia affinis*). Kõrgeima biomassiga liigid olid balti lamekarp ja söödav rannakarp. Ainus leitud taimeliik, punavetikas *Polysiphonia fucoides*, esines vaid kahes proovipunktis äärmiselt madala biomassiga ning arvestades ka taimestiku jaoks väga suurt sügavust võib tegemist olla madalamatelt aladelt hoovuste poolt kohale toodud lahtise fragmendiga. Väga madala esinemissagedusega tuvastati mõningaid põhjataimestikuvööndi herbivoore nagu perekond kirpvähk (*Gammarus*) noorjärke ja rohelist lehtsarve (*Idotea chelipes*). Samas ei tuvastatud videoanalüüsidest makrovetikaid ning ka biomassiproovides. Sellest võib oletada, et herbivoorid kas sõltuvad madalamatelt aladelt sisse kantavast materjalist, põhja vajuvast fütoplanktonist või põhjas kasvavatest mikrovetikatest.

Tabel 3.3.2. Põhjaelustiku taksonite esinemissagedus ning keskmine ja maksimaalne biomass biomassiproovide põhjal. Biomassi väärtused on ainult nende proovide kohta, kus liiki esines.

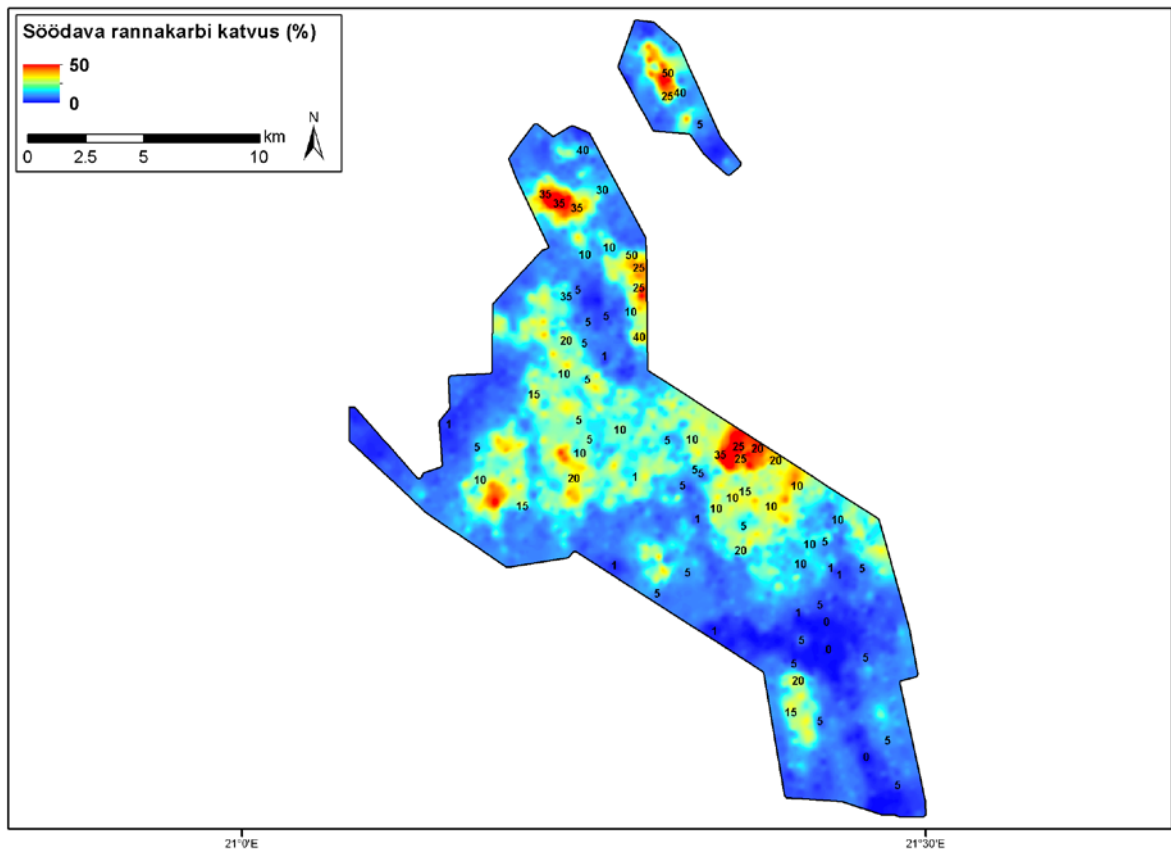
Takson	Esinemine (%)	Keskmine biomass (g m <sup>-2</sup> )	Maksimaalne biomass (g m <sup>-2</sup> )
<b>Taimed</b>			
<i>Polysiphonia fucoides</i>	8.7	0.0108	0.0172
<b>Loomad</b>			
<i>Corophium volutator</i>	4.3	0.0043	0.0043
<i>Cyanophthalma obscura</i>	4.3	0.0086	0.0086
<i>Gammarus juv</i>	4.3	0.0086	0.0086
<i>Halicryptus spinulosus</i>	13.0	0.1491	0.2666
<i>Hediste diversicolor</i>	8.7	0.0559	0.1032
<i>Idotea chelipes</i>	4.3	0.0645	0.0645
<i>Laomedea flexuosa</i>	8.7	0.1032	0.2021
<i>Macoma balthica</i>	78.3	37.1537	169.5963
<i>Marenzelleria neglecta</i>	21.7	0.0155	0.0473
<i>Monoporeia affinis</i>	56.5	0.3294	1.4964
<i>Mytilus trossulus</i>	26.1	23.6400	111.1120
<i>Oligochaeta</i>	26.1	0.0069	0.0215
<i>Saduria entomon</i>	21.7	2.9498	5.1342

Epifauna dominanttaksoniteks olid söödav rannakarp ja hüdraloomad. Söödava rannakarbi levik oli laiem Saaremaa piirkonnas (joonis 3.3.2) kui Hiiumaa piirkonnas (joonis 3.3.1). Äärmiselt sarnase levikumustriga oli ka hüdraloomade levik (joonised 3.3.3 ja 3.3.4)

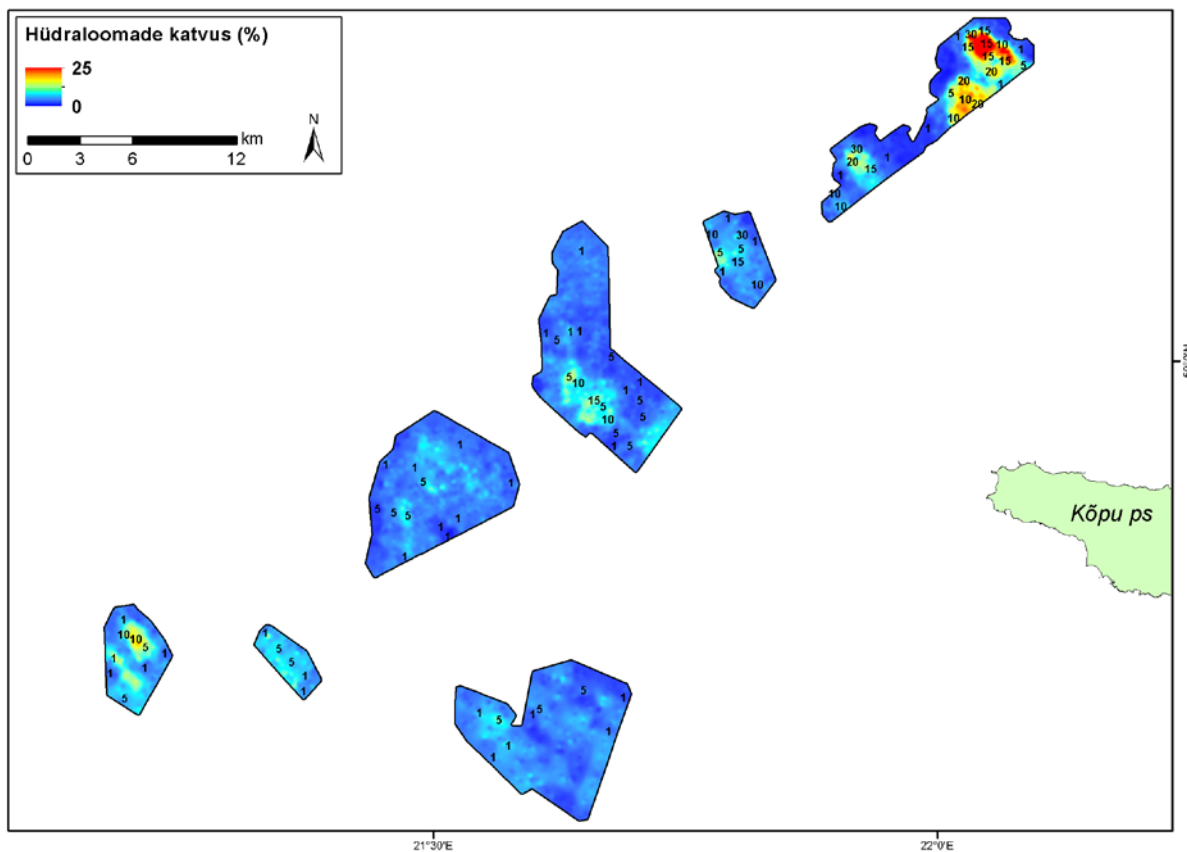


Joonis 3.3.1. Söödava rannakarbi (*Mytilus trossulus*) katvus Hiiumaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud söödava rannakarbi katvuse andmed videovaaltuste põhjal; väga lähestikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.

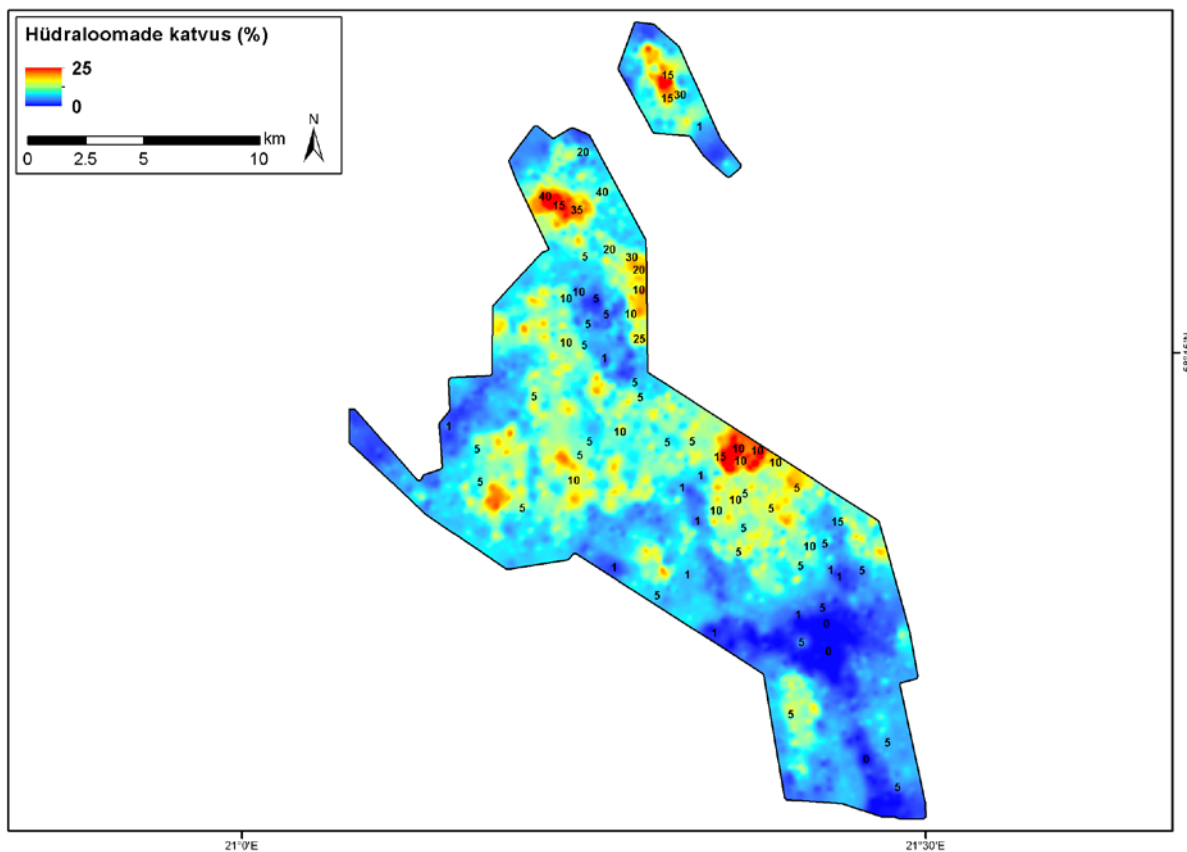




Joonis 3.3.2. Söödava rannakarbi (*Mytilus trossulus*) katvus Saaremaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud söödava rannakarbi katvuse andmed videovaaltuste põhjal; väga lähestikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.



Joonis 3.3.3. Hüdraloomade katvus Hiiumaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud hüdraloomade katvuse andmed videovaaltuste põhjal; väga lähestikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.



Joonis 3.3.4. Hüdraloomade katvus Saaremaa kaardistuspiirkonnas. Numbritega on näidatud hüdraloomade katvuse andmed videovaaltuste põhjal; väga lähestikku paiknevate proovipunktide korral on kuvatud ainult üks, et parandada kaardi loetavust.

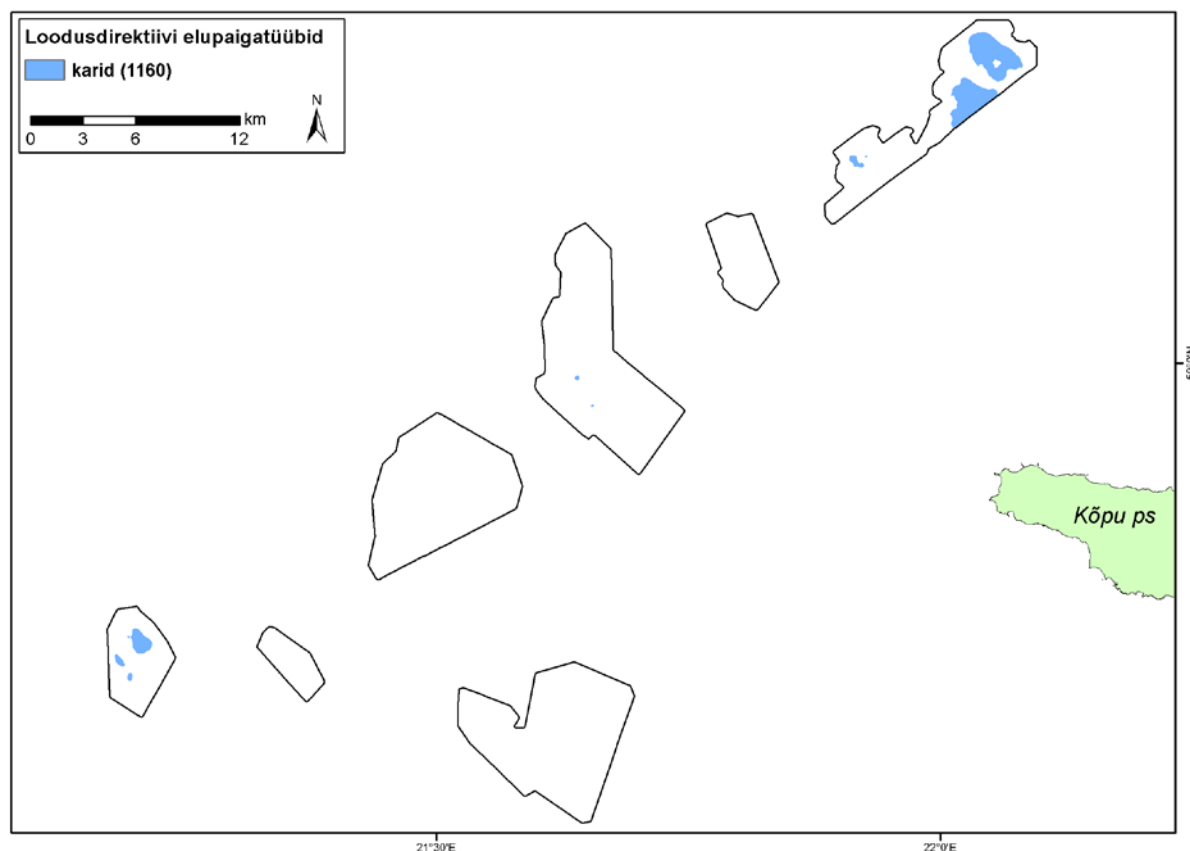
### 3.4. Loodusdirektiivi elupaigatüübid

Kuna kogu uuringuala on suhteliselt sügav ja makrovetikaid videovaatlustes ei tuvastatud, siis loeti uuringuala loodusdirektiivi elupaikade definitsioonide (vt peatükk 2.4) mõistes afootiliseks. Ka NEMA projekti majandusvööndi loodusväärtuste modelleerimise käigus loodud footilise põhja leviku mudeli kohaselt võib footilist põhja esineda ainult väga väikestel kõige madalamatel uuringupiirkonna merealadel. Kuna need kõige madalamad alad on kivised, siis on välistatud liivamadalate esinemine kogu uuringualal. Sellest lähtuvalt võib uuringupiirkonnas esineda ainult karide elupaigatüüpi.

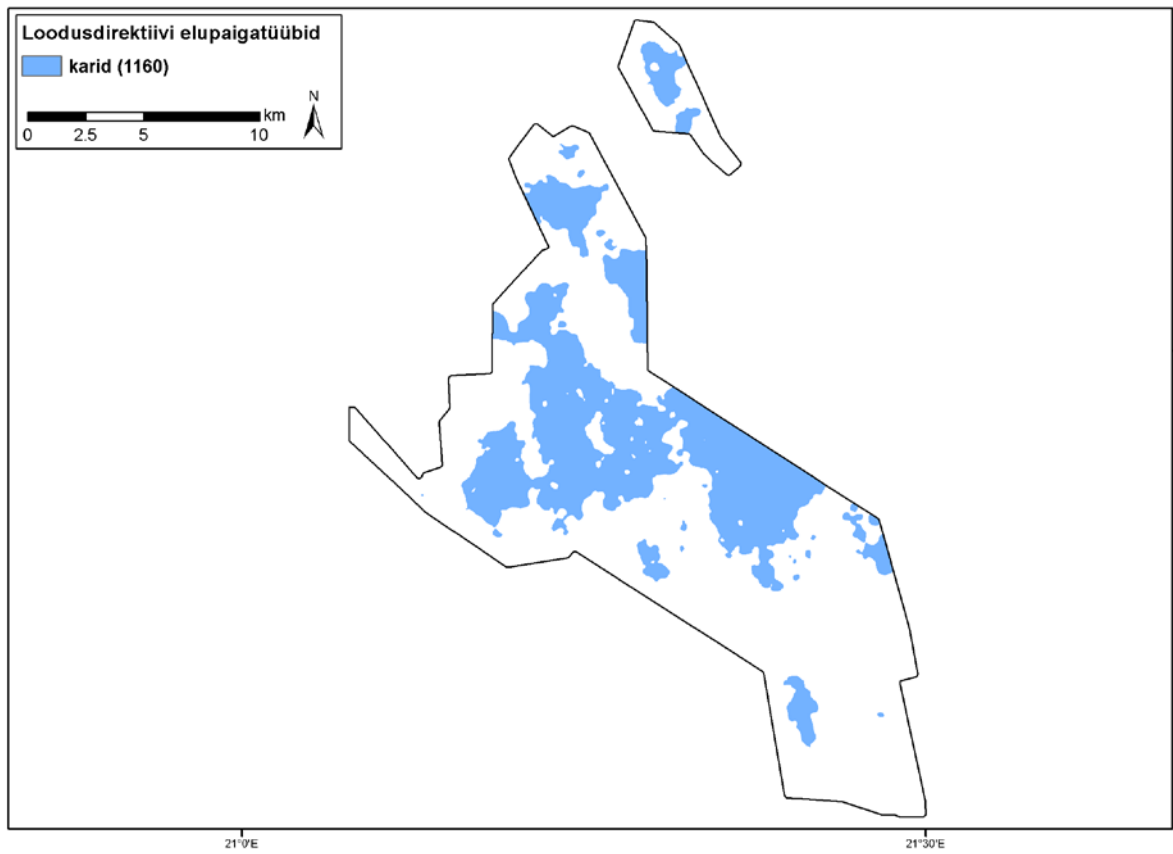
Karide elupaigatüübi tunnusliikideks uuringualal olid tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*) ja söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*). Nende liikide katvuse ja kõva põhjasubstraadi kaudu saadud karide elupaigatüübi levikukaart näitas, et karid levisid eelkõige uurimispiirkonna madalamates osades. Karide elupaigatüübi levik oli ulatuslikum Saaremaa piirkonnas (joonised 3.4.1, 3.4.2), sest see oli madalam ja kõva põhjasubstraati rohkem kui Hiiumaa piirkonnas. Karide elupaigatüübi pindalad on toodud tabelis 3.4.1.

Tabel 3.4.1. Loodusdirektiivi karide elupaigatüübi pindala uuringualadel.

Ala	Uuringuala pindala (km <sup>2</sup> )	Karide elupaigatüübi pindala (km <sup>2</sup> )	Karide elupaigatüübi osakaal uuringualast (%)
Hiiumaa	242.55	10.76	4.44
Saaremaa	274.91	88.87	32.33
KOKKU	517.46	99.63	19.25



Joonis 3.4.1. Karide elupaigatüübi levik Hiiumaa kaardistuspiirkonnas.



Joonis 3.4.2. Karide elupaigatüübi levik Saaremaa kaardistuspiirkonnas.

## 4. KOKKUVÕTE

Eesti majandusvööndi merepõhja substraati, elustikku ja elupaikasad kaardistati üle 500 km<sup>2</sup> kahes uurimispiirkonnas Hiiumaast ja Saaremaast läänes kasutades mitmekiirelist sonarit, allveevideot ja põhjaammutajat. Uuringu eesmärgiks oli kaardistada Euroopa Liidu loodusdirektiivi lisa 1 mereliste elupaikade levik. Tegemist on teise majandusvööndi põhja kaardistamise projektiga Eesti mereuurimise ajaloos. Esimene uuring viidi läbi 2011. aastal Saaremaast läänes asuval ligikaudu 100 km<sup>2</sup> alal.

Merepõhja kõva substraat (kivid, kalju) levis eelkõige uuringualade madalamates osades ning liiva osakaal oli kõrgem mõnevõrra sügavamas. Merepõhja videovaatluste abil leiti Hiiumaa piirkonnast 60 m sügavuselt omapäraseid moodustised, mis esialgse hinnangu kohaselt võivad olla fossiilsed korallmoodustised. Teadaolevalt on tegemist selliste moodustiste esmaleiuga.

Suure sügavuse (keskmine sügavus 45 m) tõttu oli merepõhja elustik piirkonnas liigivaene ja domineerisid kaks epifauna taksonit – söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*) ja hüdraloomad (Hydrozoa). Söödav rannakarp moodustas kohati kõrge asustustihedusega kolooniaid, kus liigi katvus ulatus 90%. Makroskoopilisi põhjataimi videovaatlustes ei tuvastatud.

Kivise ja kaljuse põhjasubstraadiga madalamad piirkonnad, mida asustasid söödav rannakarp ja tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), olid klassifitseeritavad loodusdirektiivi karide elupaigatüübina. Karid levisid ligi viiendikul kogu uuringualast.

## SUMMARY

Substrate, biota, and habitats of seabed were mapped in two areas (near islands Hiiumaa and Saaremaa) of Estonian exclusive economic zone (EEZ) using multibeam sonar, underwater video, and bottom grab sampler. The total area of mapping was over 500 km<sup>2</sup>. The aim of the study was to map the distribution of marine habitat types of the EU habitat directive. Following the first study in 2011, the current work was the second study of the seabed of EEZ in the history of Estonian marine research.

Hard substrate types (stones, rock) were related to the shallowest regions of the study area while sandy substrates dominated in more deeper regions. Peculiar seabed formations resembling corals were found using underwater video equipment in Hiiumaa study area in a depth of 60 m. Presumably, the formations are of fossil coral origin. This was the first known record of the formations.

Benthic species diversity was low in the area due to deep water (average depth 45 m). Two epibenthic taxons dominated – blue mussel (*Mytilus trossulus*) and hydrozoa. The blue mussel formed dense beds in some regions with coverage of up to 90%. No macrophytes were found in underwater video analyzes.

Shallow areas with hard substrate inhabited by the bay barnacle (*Amphibalanus improvisus*) and blue mussel were categorized as reef habitat type. Reefs were found on about one fifth of the total study area.

## KIRJANDUS

- Breiman L, Cutler A, Liaw A, Wiener M (2015) randomForest: Breiman and Cutler's random forests for classification and regression. R package version 4.6-12. <http://cran.r-project.org/web/packages/randomForest/>
- European Commission (2013) Interpretation manual of European Union habitats. Interpretation Manual - EUR 28. European Commission, DG Environment.
- HELCOM. 2015. Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM. <http://www.helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/manuals-and-guidelines/combine-manual>
- Liaw A, Wiener M (2002) Classification and Regression by randomForest. R News 2(3):18–22.
- Paal J (2007) Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamat. Teine, parandatud ja täiendatud trükk. Auratrükk, Tallinn.
- Ridgeway G (2015) gbm: Generalized Boosted Regression Models. R package version 2.1.1. <http://cran.r-project.org/web/packages/gbm>
- Riigiteataja (1993) Merealapiiride seadus. RT 1993, 14, 217
- The R Foundation for Statistical Computing (2015) R version 3.2.2. <http://www.r-project.org/>
- TÜ Eesti Mereinstituut (2014a) Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt rahastatud projekti nr 3125 „Sonarisüsteemi rakendamise meetodika loomine merepõhja elupaikade ja füüsikaliste omaduste kaardistamiseks“ aruanne/juhendmaterjal.
- TÜ Eesti Mereinstituut (2014b) Merepõhja elupaikade definitsioonide tõlgendamise juhend. Teostatud Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt rahastatud projekti „Eesti merealade planeerimiseks looduskaitse teabe koondamine, sh. territoriaalmere mereelupaikade modelleerimine“ raames.
- Wood S (2015) mgcv: Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML smoothness estimation. R package version 1.8-9. <http://cran.r-project.org/web/packages/mgcv>