Geologian tutkimuskeskus

2018

Vedenalaisten Natura-luontotyyppien mallinnus Suomen merialueella

Anu Kaskela & Henna Rinne

GTK:n tutkimustyöraportti 6/2018

GTK
gtk.fi

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

Tutkimustyöraportti 6/2018

Anu Kaskela & Henna Rinne

Vedenalaisten Natura-luontotyyppien mallinnus Suomen merialueella

Ne kuvat, joissa ei mainita tekijää, ovat julkaisun kirjoittajien tekemiä.

Kansikuva: Levävyöhykkeitä ulkosaariston luodolla. Kuva: Henna Rinne, Åbo Akademi.

Taitto: Elvi Turtiainen Oy

Espoo 2018

Kaskela, A. & Rinne, H. 2018. Vedenalaisten Natura-luontotyyppien mallinnus Suomen merialueella. *Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti 6/2018*, 36 sivua, 14 kuvaa, 12 taulukkoa ja 1 liite.

Keväällä 2015 mallinnettiin Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman (VELMU) puitteissa luontodirektiivin liitteen 1 vedenalaisia luontotyyppejä. Työtä tehtiin yhteistyössä Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Åbo Akademin välillä. Mallinnuksen tavoitteena oli tuottaa parhaaseen saatavilla olevaan tietoon perustuen kattavat kartat etenkin riuttojen (1170) ja hiekkasärkkien (1110) esiintymisalueista koko Suomen merialueella. Samalla mallinnettiin ulkosaariston luotojen ja saarten (1620) sekä harjusaarten (1610) vedenalaisia osia.

Keskeisimmät vedenalaisten meriluontotyyppien mallinnustyössä käytetyt aineistot olivat VELMUn puitteissa SYKEssä toteutettu syvyysmalli koko merialueelle sekä GTK:n 1:20 000-pohjanlaatuaineisto, joka kattoi vain osan merialueesta. Lisäksi apuna käytettiin GTK:n kartoittamilta alueilta olemassa olevaa 1:250 000-hiekkaresurssiaineistoa sekä karkeampaa 1:1 000 000 merigeologista aineistoa (Winterhalter et al. 1981). Mallinnuskriteerien määrityksessä käytettiin apuna myös eri pohjanlaatujen prosenttipeittävyysarvoja Metsähallituksen vuosina 2004–2012 keräämistä hilaotantaan perustuvista aineistoista. Luontotyyppianalyysit tehtiin merialuekohtaisesti, käyttäen HELCOMin 2013 merialuejakoa (Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Saaristomeri, Suomenlahti).

Riuttojen ja hiekkasärkkien määrittämisessä keskityttiin pohjasta kohoaviin alueisiin, joiden päämaalaji on GTK:n 1:20 000-pohjanlaatuaineiston perusteella hiekka ja sora (hiekkasärkkä) tai moreeni ja kallio (riutta). Analyysit toteutettiin ArcMap-ohjelmistossa hyödyntäen sen lisäosaa Benthic Terrain Modeleria (BTM). Pohjanmuotojen ja pohjanlaadun overlay-analyysia käytettiin kohoumien päämaalajin määrittämiseen. BTM-analyysit tehtiin käyttäen eri säteitä, jolloin pystyttiin tunnistamaan erilaajuisia kohoumia ja painaumia. Useimmilla merialueilla potentiaalisten kallioriuttojen tunnistamiseen parhaiten soveltuvaksi analyysisäteeksi valikoitui 300 m, ja laajempien riutta-alueiden tunnistamiseksi valikoitui 1 km:n analyysisäde. Potentiaaliset hiekkasärkkäalueet ovat laajempia kokonaisuuksia, ja niiden tunnistamiseksi käytettiin 5 km:n analyysisädettä.

Mallinnuksen tulokset osoittavat, että riutat ovat Suomen rannikolla hyvin yleinen luontotyyppi ja niitä esiintyy melko tasaisesti koko rannikkoalueella. Hiekkasärkkiä esiintyy laajalti Perämerellä, Salpausselkien jatkealueilla Saaristomerellä sekä läntisellä Suomenlahdella ja Itäisellä Suomenlahdella. Analyysin tarkkuuteen ja tulosten oikeellisuuteen vaikuttivat pitkälti käytettävissä olevien tausta-aineistojen laatu, etenkin syvyysmallin tarkkuus ja tarkan geologisen aineiston kattavuus. Käytettävissä oleva syvyysmalli perustuu julkisesti saatavilla oleviin aineistoihin, ja se on etenkin ulkomerellä hyvin epätarkka. Tarkan geologisen aineiston kattavuus vaihteli merialueittain, ja se oli alimmillaan Perämerellä ja Selkämerellä. Tämän vuoksi etenkin näillä alueilla mallinnustyön tulokset ovat laadultaan heikompia.

Vaikka mereisten luontotyyppien tunnistamiseksi on määritelty yleispiirteisiä kriteereitä, tätä mallinnustyötä tehtäessä luontotyyppien tarkemmat määrityskriteerit (esim. laajuus, kaltevuus, korkeusero) eivät olleet vielä tarkoin säädellyt. Näin ollen mallinnuksen puitteissa tehtiin myös pitkälti tutkijalähtöisiä arvioita ja päätöksiä. Joillakin toisilla numeerisilla kriteereillä (analyysisäde, syvyyden rajaus) tulos olisi erilainen. Eri luontotyypit menevät paikoitellen myös päällekkäin. Aineistosta on poistettu Puolustusvoimien suoja-alueiden alle osuva aineisto. Näiden puutteiden vuoksi luontotyyppiaineistoja voidaan pitää suuntaa-antavina eikä niitä tulisi käyttää päätöksenteossa ilman alueellista validointia. Aineistot soveltuvat hyvin esim. tarkempien kartoitusten pohjaksi ja niiden suunnitteluun. Aineistoja voi tarkastella sekä VELMUn karttapalvelussa että GTK:n Hakku-palvelussa.

Asiasanat: Luontotyyppi, riutta, riuttaympäristö, hiekkasärkkä, hiekkasärkkäympäristö

Anu Kaskela, Geologian tutkimuskeskus, PL 96, 02151 Espoo
Sähköposti: anu.kaskela@gtk.fi

Henna Rinne, Åbo Akademi, Miljö- och marinbiologi, Tykistökatu 6, 20520 Turku
Sähköposti: henna.rinne@abo.fi

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO 5

AINEISTOT JA MENETELMÄT 6

TULOKSET MERIALUEITTAIN 9
Saaristomeri 9
Saaristomeren geologinen tarkastelu 9
Analyysisäteen määrittäminen 9
Saaristomeren riutat 10
Saaristomeren hiekkasärkät 11
Luontotyyppien mallinnuskriteerit Saaristomerellä 13
Suomenlahti 14
Suomenlahden geologinen tarkastelu 14
Analyysisäteen määrittäminen 15
Suomenlahden riutat 16
Suomenlahden hiekkasärkät 16
Luontotyyppien mallinnuskriteerit Suomenlahdella 20
Selkämeri 22
Selkämeren geologinen tarkastelu 22
Analyysisäteen määrittäminen 22
Selkämeren riutat 23
Selkämeren hiekkasärkät 23
Luontotyyppien mallinnuskriteerit Selkämerellä 24
Merenkurkku 25
Merenkurkun geologinen tarkastelu 25
Analyysisäteen määrittäminen 25
Merenkurkun riutat 26
Merenkurkun hiekkasärkät 26
Luontotyyppien mallinnuskriteerit Merenkurkussa 27
Perämeri 28
Perämeren geologinen tarkastelu 28
Analyysisäteen määrittäminen 28
Perämeren riutat 29
Perämeren hiekkasärkät 30
Luontotyyppien mallinnuskriteerit Perämerellä 31

TULOSTEN TARKASTELU 32
Tausta-aineistot 33
Analyysimenetelmä 34
Luontotyyppien kriteerit mallinnuksessa 34
Aineistojen luotettavuus 35
Aineiston käytettävyys 35

LÄHDE- JA KIRJALLISUUSLUETTELO 36

LIITE 1. Luontotyyppien potentiaalinen riutta ja potentiaalinen hiekkasärkkä luotettavuusarviointi EMODnet Seabed Habitat -projektin mallin mukaan.

JOHDANTO

Euroopan unionin luontodirektiivi (direktiivi 92/43/EEC), yhdessä lintudirektiivin kanssa, on Euroopan unionin tärkein luonnonsuojelusäädös. Luontodirektiivin tavoitteena on ensisijaisesti suojella sen liitteissä lueteltuja, yhteisön tärkeinä pitämiä luontotyyppejä (direktiivin liite 1) ja lajeja (direktiivin liitteet 2 ja 4). Suomessa esiintyy 69 liitteen 1 luontotyyppiä. Näistä seitsemän on mereisiä, eli ne ovat joko kokonaan merenalaisia luontotyyppejä tai sisältävät merenalaisia osia. Näitä luontotyyppejä ovat

- hiekkasärkät (1110)
- jokisuistot (1130)
- rannikon laguunit (1150)
- laajat matalat lahdet (1160)
- riutat (1170)
- harjusaaret (1610), johon sisältyvät myös niiden vedenalaiset osat
- ulkosaariston luodot ja saaret (1620), johon sisältyvät myös niiden vedenalaiset osat.

Mahdollisesti myös kaasupurkaumien muodostamia rakenteita (1180) esiintyy Suomen merialueella, mutta niitä ei vielä olla kattavasti kartoitettu.

Jotta luontotyyppejä voitaisiin suojella tehokkaasti ja niiden tilaa arvioida, tarvitaan karttapohjaista tietoa luontotyyppien esiintymisestä ja levinneisyydestä. Luontotyyppien ja lajien suojelutasoa ja tilaa seurataan mm. kuuden vuoden välein tapahtuvan luontodirektiivin raportoinnin kautta. Tietoa luontotyyppien esiintymisestä tarvitaan myös monissa muissa ympäristönsuojeluun liittyvissä hallinnollisissa tehtävissä, mm. ympäristövaikutusten arviointimenettelyissä.

Koska vedenalaisen luonnon kartoitus on aikaavievää ja kallista, on luontotyyppien esiintymistä usein kartoitettu erilaisin mallinnus- ja paikkatietomenetelmin (Diesing et al. 2009, Rinne et al. 2014, Torn et al. 2017). Monet mereiset luontotyypit ovatkin rantaviivan mutkittelusta tai jokien mereen laskemisesta johtuvia muodostelmia (esim. laajat matalat lahdet, jokisuistot), joten niiden mahdolliset esiintymät voidaan melko luotettavasti, ainakin alustavasti, rajata rantaviiva-aineiston ja karttatyöskentelyn avulla. Sen sijaan hiekkasärkät ja riutat ovat sellaisia luontotyyppejä, jotka esiintyvät kokonaan veden alla. Näin ollen niitä ei voida paikantaa pelkästään rantaviivan avulla. Suomen merialueella näitä kokonaan vedenalaisten luontotyyppien esiintymistä on mallinnettu, mm. Life+-rahoitteisessa FINMARINET-hankkeessa vuosina 2009–2013 (Ronkainen & Downie 2013). FINMARINET-hankkeessa riutat ja hiekkasärkät määritettiin kuitenkin vain tietyille kohdealueille eikä koko Suomen merialueelle. Näin ollen koko Suomen merialueen kattavia aineistoja riutoista ja hiekkasärkistä ei ole ollut saatavilla.

Keväällä 2015 mallinnettiin Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman (VELMU) puitteissa luontodirektiivin liitteen 1 vedenalaisia luontotyyppejä. Työtä tekivät yhteistyössä Geologian tutkimuskeskus (GTK) ja Åbo Akademi (ÅA). Mallinnuksen tavoitteena oli tuottaa parhaaseen saatavilla olevaan tietoon perustuen kattavat kartat etenkin riuttojen (1170) ja hiekkasärkkien (1110) esiintymisalueista koko Suomen merialueella. Samalla mallinnettiin ulkosaariston luotojen ja harjusaarten vedenalaisia osia. Näiden luontotyyppien vedenalaiset osat vastaavat maalajiltaan ja muodoltaan pitkälti riuttoja ja hiekkasärkkiä, huolimatta siitä, että ne ovat yhteydessä saariin.

Luontotyyppien määritelmät on esitetty sekä EU:n yhteisessä englanninkielisessä dokumentissa (Euroopan komissio 2013) sekä Suomen oloihin sovellettuna (Airaksinen & Karttunen 2001). EU-määritelmän mukaan hiekkasärkät ovat

- ympäristöstään kohollaan olevia, pitkänmuotoisia, pyöreitä tai epäsäännöllisen muotoisia topografisia muodostelmia, jotka ovat koko ajan veden alla ja syvemmän veden ympäröimiä. Ne ovat maalajiltaan pääosin hiekkaa, mutta myös suurempia raekokoja, kuten kiviä ja lohkareita,

mutta myös pienempiä raekokoja, kuten mutaa, voi esiintyä. Veden syvyys on harvoin yli 20 m, mutta hiekkasärkät voivat yltää myös 20 m syvemmälle. Näin ollen myös syvempiä kuin 20 m:ssä olevia osia voidaan sisällyttää hiekkasärkkään, mikäli hiekkasärkälle tyypillisiä biologisia yhteisöjä esiintyy.

Riutat sen sijaan ovat
– joko biologista tai geologista alkuperää olevia konkretioita. Ne ovat kovaa materiaalia (esim. kalliota, lohkareita tai moreenia), joka kohoaa ympäröivästä kovasta tai pehmeästä merenpohjasta, litoraali- tai sublitoraalivyöhykkeessä. Riutat voivat ylläpitää vyöhykemäisiä pohjan eliöyhteisöjä (levä- tai pohjaeläinyhteisöjä), tai niillä voi esiintyä esim. koralleja.

Ennen mallinnustyön aloittamista käytiin myös keskustelua luontotyyppien mallintamiseen käytettävistä tarkemmista kriteereistä yhdessä eri luontotyypeistä vastaavien tahojen kanssa. Keskusteluun osallistuivat Ville Karvinen (hiekkasärkät), Anne Raunio (harjusaaret) ja Olli Ojala Suomen ympäristökeskuksesta (SYKE) sekä Maija Mussaari Metsähallituksesta (ulkosaariston luodot).

Kriteerien luomisen pohjana käytettiin myös SYKEn ja Metsähallituksen tuottamaa Natura-luontotyyppien inventointiohjetta, versiota 5.1 (Metsähallitus 2014), jossa määritetään Luontotyyppiopasta (Airaksinen & Karttunen 2001) tarkempia kriteereitä vedenalaisten luontotyyppien rajaukseen. Samalla tutkittiin myös ruotsalaisten käyttämiä kriteereitä vedenalaisten luontotyyppien rajaamisessa (Fyhr et al. 2013). Lisäksi mallinnustyössä hyödynnettiin FINMARINET-hankkeessa saatuja kokemuksia ja lopputuloksista saatua palautetta.

Eri kriteerien ja testianalyysien perusteella päädyttiin mallintamaan seuraavia kokonaisuuksia:
- **potentiaaliset riutat** – pieni-alaisia kohteita, joilla todennäköisesti esiintyy riuttoja
- **potentiaaliset riutta-alueet** – laajempia alueita, joiden sisällä todennäköisesti esiintyy riuttoja
- **potentiaaliset hiekkasärkkäalueet** – laajempia alueita, joilta voi todennäköisesti löytää hiekkasärkkiä
- Perämerellä mallinnettiin lisäksi hiekkasärkkäalueista pienialaisempia **potentiaalisia hiekkasärkkiä**
- **harjusaarten vedenalaiset osat** – kohoumat tai rinteet, jotka ovat yhteydessä harjusaariin
- **ulkosaariston luotojen vedenalaiset osat –** saariin tai luotoihin yhteydessä olevat potentiaaliset riutat, jotka sijaitsevat ulkosaaristossa (vesipuitedirektiivin mukainen jako ulko- ja sisäsaaristoon).

Kaikki em. luontotyypit tai luontotyyppien potentiaaliset esiintymisalueet voivat olla päällekkäisiä keskenään. Tarkemmat kriteerit eri luontotyyppien mallintamiseen vaihtelivat merialueittain ja löytyvät tulos-osiosta.

Mallinnuksen tuloksena syntyneitä luontotyyppiaineistoja voi tarkastella sekä VELMUn karttapalvelussa (https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmu/) että GTK:n Hakku-palvelussa (https://hakku.gtk.fi/).

AINEISTOT JA MENETELMÄT

Luontotyyppien mallinnustyössä käytettiin pääosin seuraavia aineistoja:
– VELMUn puitteissa SYKEssä tehty syvyysmalli koko merialueelle (20 m x 20 m pikselikoko, Virtanen et al., käsikirjoitus)
– GTK:n 1:20 000-pohjanlaatuaineistot, eli ns. peruskartoitusaineistot (kattavat vain osan merialueesta, kuva 1). Merigeologinen aineisto oli luokiteltu seuraaviin luokkiin (jota käytettiin myös FINMARINET-hankkeessa): kallio, moreeni, hiekka & sora, kovat savet, savi & siltti sekä lieju. Hiekka & sora -luokka sisältää sekundäärisen hiekan ohella GTK:n määrittämät glasifluviaaliset hiekka- ja soramuodostumat. Hiekka ja sora maalajit ovat siis jo tulkintavaiheessa yhdistetty. Kallion ohella moreeni tulkittiin riuttamaiseksi maalajiksi, koska varsinkin matalilla moreenialueilla tavataan lohkareita.
– GTK:n kartoittamilta alueilta (kuva 1) olemassa oleva 1:250 000-hiekkaresurssiaineisto, jota hyödynnettiin hiekkasärkkien määrityksessä. Aineistosta on poistettu Puolustusvoimien suoja-alueiden rajojen sisälle osuvat alueet. Aineisto on yleistetty 1:20 000-aineistosta ja muokattu EMODnet Geology -hankkeessa.

– 1:1 000 000 (1 M) -merigeologinen aineisto (Winterhalter et al. 1981).
– SYKEssä laskettu pohjan avoimuuden malli koko merialueelle (depth attenuated exposure, menetelmä Bekkby et al. 2008 mukaan).
– Metsähallituksen vuosina 2004–2012 keräämät hilaotantaan perustuvat aineistot (paljon keskimäärin 100 m:n päässä toisistaan olevia havaintopisteitä), joista tässä työssä käytettiin eri pohjanlaatujen prosenttipeittävyysarvoja.

Työssä käytettiin apuna myös SYKEn harjusaariaineistoa. Luontotyyppimallinnuksen kanssa yhtäaikaisesti oli VELMU-ohjelman puitteissa käynnissä kovien ja pehmeiden merenpohjien (1:250 000) mallinnus Suomen merialueille (Kaskela 2015). Kovien ja pehmeiden pohjien mallinnuksessa hyödynnettiin GTK:n merigeologisen aineiston ohella SYKEn ja Metsähallituksen pisteaineistoja. Kovat ja pehmeät pohjat -aineistoa hyödynnettiin erityisesti Selkämeren ja Perämeren kallioriutta- ja hiekkasärkkä-luontotyyppien tarkastelussa.

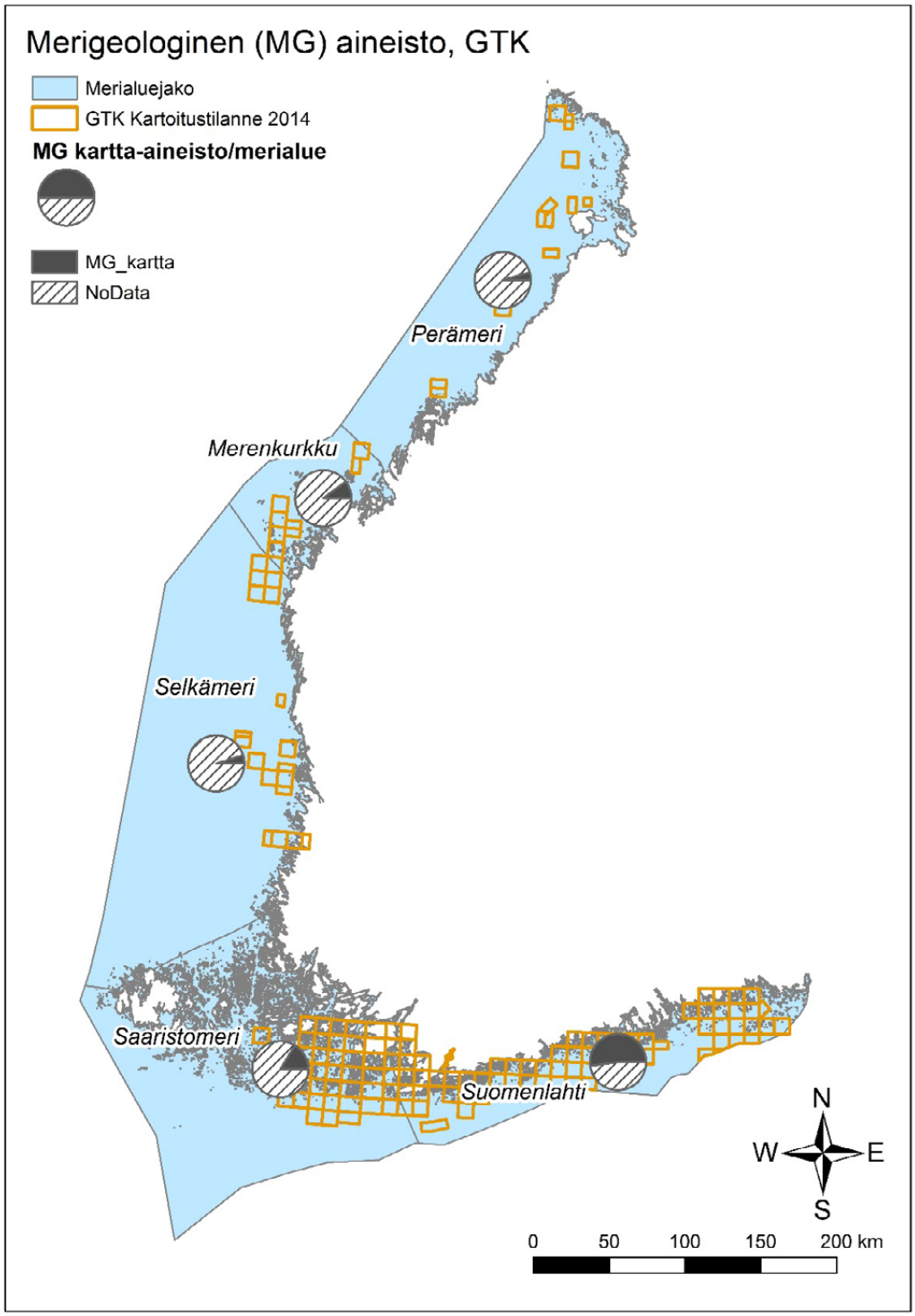
Suomen merialueiden geologisen erilaisuuden vuoksi (esim. Kaskela et al. 2012, Kaskela & Kotilainen 2017) luontotyyppianalyysit tehtiin merialuekohtaisesti käyttäen HELCOMin 2013 merialuejakoa (Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Saaristomeri, Suomenlahti (kuva 1). Suomenlahti jaettiin edelleen neljään osaan tausta-aineiston perusteella.

Koska sekä riutat että hiekkasärkät edustavat sellaisia luontotyyppejä, jotka ovat määritelmän mukaisesti kohollaan ympäristöstään (Euroopan komissio 2013, Airaksinen & Karttunen 2001), käytettiin työssä ArcGISin lisäosaa Benthic Terrain Modeleria (BTM, Wright et al. 2005). BTM vertailee rasterisolun korkeutta ympäröivien solujen keskikorkeuteen ja laskee kullekin pikselille BPI (Benthic Position Index) -arvon. Näin ollen BTM:n avulla voidaan syvyysmalliin pohjautuen tunnistaa merenpohjan painaumia (depression), kohoumia (crest), tasaisia alueita (flat) ja rinteitä (slope). Lisäksi BTM:n avulla voidaan tuottaa merenpohjan morfologiaan perustuvia luokitteluja. Samaa menetelmää käytettiin riuttojen ja hiekkasärkkien tunnistamiseen mm. FINMARINET-hankkeen tutkimusalueilla vuosina 2009–2013 (Ronkainen & Downie 2013, Rinne et al. 2014). BTM:ää testattiin myös BALANCE-hankkeessa määritettäessä merenpohjan maisemia (Kaskela et al. 2012).

Vertailujen helpottamiseksi tässä työssä päädyttiin käyttämään FINMARINETissa käytettyä 12-luokkaista luokittelua yksinkertaisempaa merenpohjan muotojen luokittelua. Merenpohjan muodot luokiteltiin kolmeen luokkaan: kohoumat, BPI>100; tasaiset alueet, -100 <BPI< 100 ja painaumat, BPI< -100 (Lundblad et al. 2006). Lisäksi Saaristomerellä käytettiin luontotyyppien tunnistamisessa apuna myös syvyysmallista laskettua merenpohjan kaltevuutta (slope).

BTM-analyysit tehtiin käyttäen eri säteitä (200 m, 300 m, 500 m, 1000 m, 3 000 m, 5 000 m), jolloin pystyttiin tunnistamaan erilaajuisia kohoumia ja painaumia. Mitä suurempi analyysisäde on, sitä suurempia kohoumia (tai painaumia) analyysi tunnistaa. Eri säteillä saatuja BPI-arvoja vertailtiin ensin kaikilla alueilla Metsähallituksen tiheän hilanäytteenoton kovan pohjan (kallio, lohkareet, kivet), hiekan ja soran tai pehmeän pohjan määrään, jonka avulla pyrittiin tunnistamaan alueelle sopivin analyysisäde kovan pohjan kohoumien tai hiekkakohoumien laajuudelle. Tämän jälkeen Metsähallituksen aineiston tukemalla säteellä määritettyjä kohoumia vertailtiin olemassaolevaan 1:20 000 -merigeologiseen aineistoon. Tässä yhteydessä tarkasteltiin kohoumien päämaalajijakaumaa eri syvyysvyöhykkeissä ja kallion ja moreenin sekä hiekan ja soran esiintymistä kohoumissa. Päämaalajitarkastelu on tehty pääsääntöisesti pinta-alan perusteella. Joissain tapauksissa tarkastelu tehtiin koko ko. merialuetta pienemmillä osa-alueilla, esim. Saaristomerellä Salpausselkä-alueelle erikseen, tai Itäisellä Suomenlahdella koville ja pehmeille pohjille sekä avoimille ja suojaisille alueille erikseen.

Kohoumien päämaalajitarkastelun perusteella päätettiin kriteerit riuttojen ja hiekkasärkkien mallinnukselle. Jos esimerkiksi tietyllä, 1:20 000 -merigeologisen aineiston kattamalla alueella 300 m:n säteellä tunnistetuista kohoumista suurin osa (> 50 %) oli kalliota tai moreenia 30 m matalammilla syvyyksillä, tämä tieto yleistettiin koskemaan koko analysoitavaa merialuetta, myös tarkan geologisen aineiston ulkopuolisilla alueilla. Yllä mainitussa tapauksessa kaikki 300 m:n säteellä tunnistetut kohoumat ko. merialueella, alle 30 m:n syvyydessä, luokiteltaisiin riutoiksi.



Kuva 1. Tarkastelussa käytetty merialuejako ja merigeologisen peruskartoituksen tilanne vuonna 2014, jonka perusteella luontotyyppien mallinnustyö toteutettiin. Piirasdiagrammi kuvaa GTK:n 1:20 000 -merigeologisen aineiston kattavuutta (harmaa väri) kullakin merialueella.

TULOKSET MERIALUEITTAIN

Saaristomeri

Saaristomeren geologinen tarkastelu

Saaristomerellä GTK:n 1:20 000 -merigeologinen aineisto kattoi 17 % tutkittavan alueen pinta-alasta (kuva 1). Aineisto ulottui rannikolta ulkomerelle ja käsitti kaikki maalajit sekä syvyysvaihtelun 0–110 m. Tällä perusteella oletettiin, että aineisto kuvastaa suhteellisen hyvin maalajivaihtelua koko Saaristomeren alueella. GTK:n aineiston perusteella Saaristomeren pohjista n. 50 % on siltin, saven ja liejun peitossa. Loppu on eroosio- tai kuljetuspohjaa, jonka pinnassa on hiekkaa tai soraa, moreenia tai kalliota (kuva 2). Kova savi on glasiaalisavea, jonka pinnalla on sen paljastuneena ollessa tyypillisesti hiekkaa.

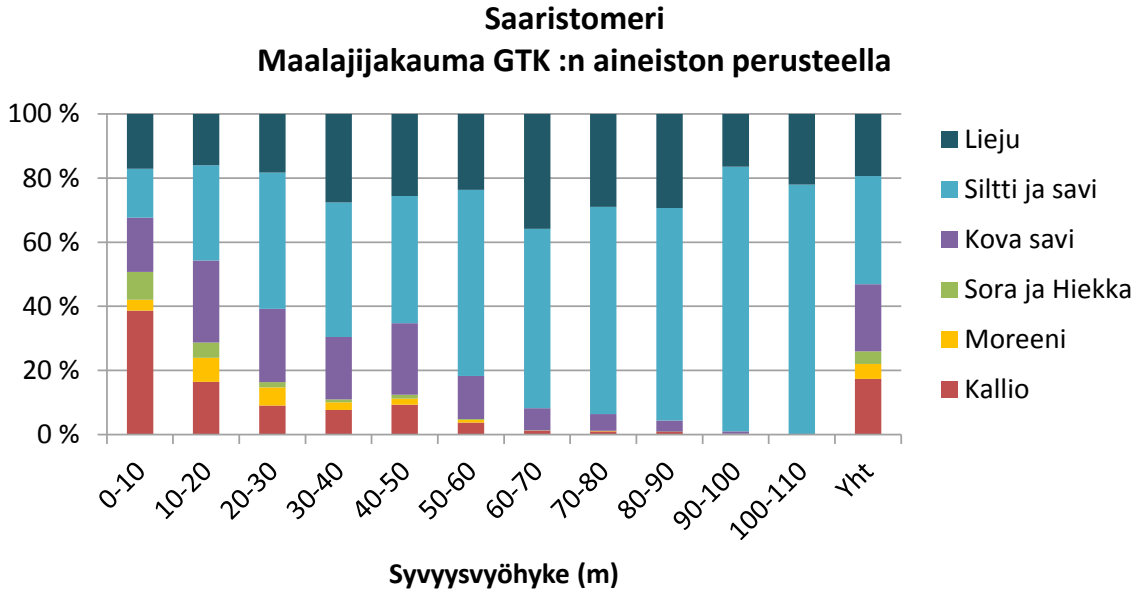
Maalajien esiintymistä tarkasteltiin eri syvyysvyöhykkeillä. Kalliota, moreenia sekä hiekkaa ja soraa esiintyy tai on paljastuneina pääasiassa 50 m matalammilla alueilla (kuva 2). Matalimmilla alueilla, alle 10 metrissä, ne käsittävät yli 50 % merenpohjasta.

Analyysisäteen määrittäminen

Saaristomeren riuttoja mallinnettiin myös FINMARINET-hankkeessa (Ronkainen & Downie 2013, Rinne et al. 2014), jolloin merenpohjan muotojen tunnistamiseen käytettiin 1 km:n ja 5 km:n analyysisäteitä. Näillä säteillä toteutetut merenpohjan muodot sopivat parhaiten yhteen hiekka- ja soramuodostumien kanssa, jolloin hiekka- tai sora- ja kalliokohoumat voitiin erottaa toisistaan. Tuolloin kuitenkin havaittiin, että verrattaessa kentältä kerättyyn tarkempaan aineistoon, monet mallinnetuista potentiaalisista kallioriuttaalueista olivat laajempia kuin todelliset riutat (Rinne et al. 2014). Tämän vuoksi päätettiin testata erityisesti pienempiä analyysisäteitä ja verrata niitä kentältä kerätyssä videoaineistossa esiintyvään pohjanlaatuun.

Saaristomerellä testattiin eri säteillä saatujen standardoitujen BPI-arvojen ja pohjanlaadun korrelaatiota kahdella eri alueella, joista oli kerätty biologista aineistoa (sisältäen pohjanlaadun) tiheällä hilaotannalla (Storskär ja Stora Hästö). Saaristomerellä paras korrelaatio BPI-arvon ja hilaotanta-alueiden kovan pohjan määrään saatiin 300 m:n säteellä (taulukko 1), ja sen perusteella valittiin 300 m parhaaksi säteeksi riuttojen löytämiselle.

Visuaalisen tarkastelun perusteella havaittiin myös, että ne alueet, joilla kaltevuus oli > 5 %,



Kuva 2. Maalajijakauma Saaristomeren merialueella GTK:n 1:20 000-aineiston perusteella. Kuvassa on esitetty maalajijakauma syvyysvyöhykkeittäin sekä yhteensä koko alueella. Merigeologinen aineisto kattaa 17 % Saaristomeren alueesta.

olivat useimmiten kovaa pohjaa. Myös osa saariryhmiä muodostavista saarista, joiden välillä oleva pohja oli määritetty kovaksi pohjaksi, jäi tunnistamatta kohoumaksi vielä 1 km:n analyysisäteellä. Saariryhmät tunnistettiin yhteiseksi kohoumaksi kuitenkin 5 km:n säteellä tehdyssä analyysissä. Näin ollen päätettiin, että potentiaaleiksi riuttaalueiksi tunnistettiin kaikki 5 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat.

Taulukko 1. BPI (Benthic Position Index) -arvon ja kovan pohjan prosenttiosuuden korrelaatio Stora Hästön ja Storskärin alueilla, joilla oli käytetty tiheää hilaotantaa (100 m:n etäisyys).

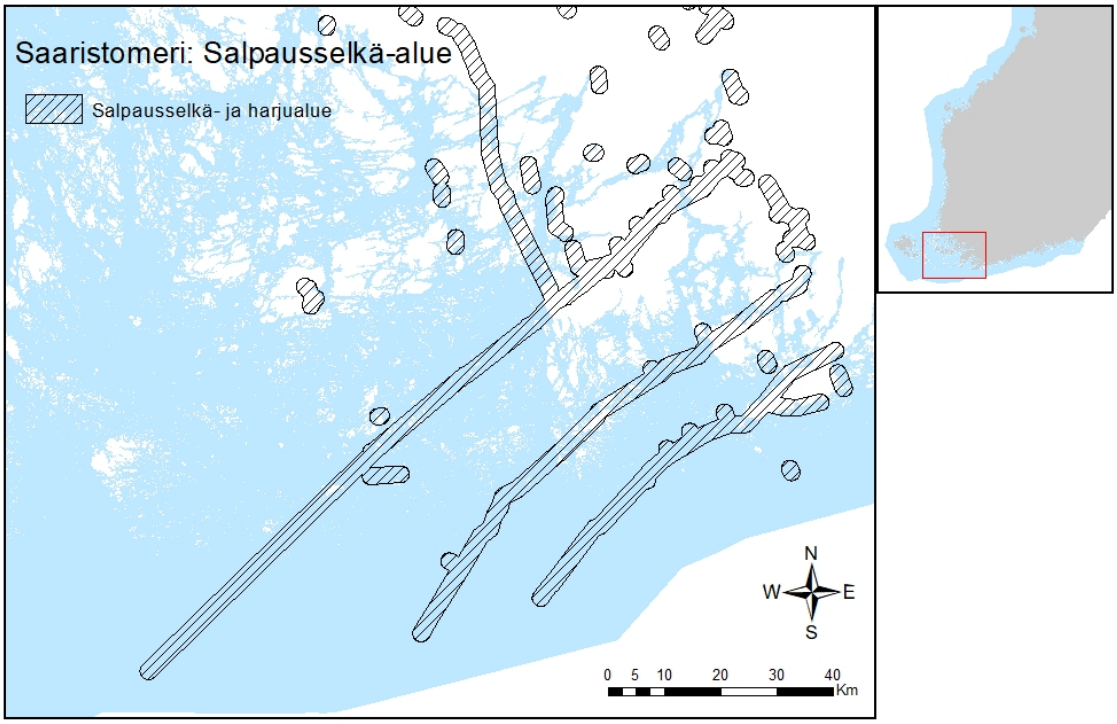
Säde	Korrelaatio kovaan pohjaan / Stora Hästö	Korrelaatio kovaan pohjaan / Storskär
200 m		0.44
300 m	0.35	0.46
500 m	0.30	0.44
1 000 m	0.25	0.39

Saaristomeren riutat

300 m:n analyysisäteellä tunnistettuja kohoumia vertailtiin GTK:n 1:20 000 -merigeologiseen aineistoon, tavoitteena tarkastella niiden maalajijakaumaa. Tarkastelu tehtiin syvyysvyöhykkeittäin ja lisäksi erikseen Salpausselkien ja tunnistettujen vedenalaisten harjujen perusteella rajatulla alueella (kuva 3, Rinne et al. 2014) ja niiden ulkopuolella. Tämä ns. Salpausselkä-alue erotettiin muusta aineistosta, koska alueella esiintyy merigeologisen aineiston perusteella muuta aluetta enemmän hiekkaa/soraa.

Tarkastelussa huomattiin, että lukumääräisesti suuri osa mallinnetuista kohoumista oli pieniä. Alle 4 pikselin kokoiset alueet (< 1 600 m^2) käsittivät noin 1 % kohoumien kokonaisalasta, mutta lukumääräisesti niitä oli 43 % kaikista kohoumista. Näiden kohoumien pienuuden vuoksi oli oletettavaa, että käytetyn merigeologisen aineiston tarkkuus ei riittänyt pienimpien kohoumien maalajien tarkasteluun. Näin ollen pienimmät kohoumat poistettiin lopullisesta aineistosta. Tämä toteutettiin kaikilla merialueilla.

Potentiaalisten riuttojen eli päämaajiltaan kalliota tai moreenia olevien kohoumien (BPI^{300m}>100), osuus oli suurin matalilla alueilla ja väheni syvemmälle mentäessä (taulukko 2). Merigeologisen aineiston kattamalla alueella 82 % kohoumien kokonaispinta-alasta sijaitsi alle 20 m:n syvyydessä ja 94 % alle 30 m:n syvyydessä (taulukko 2). Syvemmällä kuin 50 m esiintyi vain 1 % kohoumista. Kaikissa syvyysvyöhykkeissä 60 % kohoumista oli



Kuva 3. Salpausselkien ja tunnistettujen vedenalaisten harjujen perusteella rajattu ns. Salpausselkä-alue, jolla merigeologisen 1: 20 000-aineiston mukaan esiintyy muuta Saaristomerta enemmän hiekkaa/soraa. Aluetta tarkasteltiin erikseen määritettäessä päämaalajeja Saaristomeren kohoumille.

Taulukko 2. Potentiaalisten riuttojen (BPI^{300m}>100) jakautuminen syvyysvyöhykkeille sekä päämaalajiltaan kalliota ja moreenia (Ka+Mr) olevien kohoumien osuus syvyysvyöhykkeittäin. Laskelmat on tehty suhteessa pinta-alaan ja vain GTK:n 1:20 000 -merigeologisen aineiston kattamalle alueelle.

	Koko Saaristomeri		**Saaristomeri, ei Salpausselkä-alue (92 % kohoumista)**	**Saaristomeri, vain Salpausselkä-alue (8 % kohoumista)**
Syvyys (m)	%-osuus kaikista kohoumista	Ka+Mr %-osuus kohoumista	Ka+Mr %-osuus kohoumista	Ka+Mr %-osuus kohoumista
0–10	56	75	78	53
10–20	26	47	49	33
20–30	12	34	35	23
30–40	4	38	38	28
40–50	2	21	21	23
50–60	1	10	10	67
Yht.	100	60	64	45

GTK:n aineiston perusteella päämaalajiltaan kalliota tai moreenia (taulukko 2). Salpausselkä-alueella kallio/moreenikohoumien osuus on muuta aluetta pienempi 40 m matalammalla.

Saaristomeren hiekkasärkät

Aikaisemman alueella tehdyn mallinnustyön perusteella (Rinne et al. 2014) tiedettiin, että alueen merigeologiseen aineistoon pohjautuvat hiekka- ja sora-alueet sopivat yhteen parhaiten 5 km:n analyysisäteellä tunnistettujen kohoumien kanssa. Tämän vuoksi hiekkasärkkien tunnistamiseksi käytettiin 5 km:n säteellä tunnistettuja kohoumia.

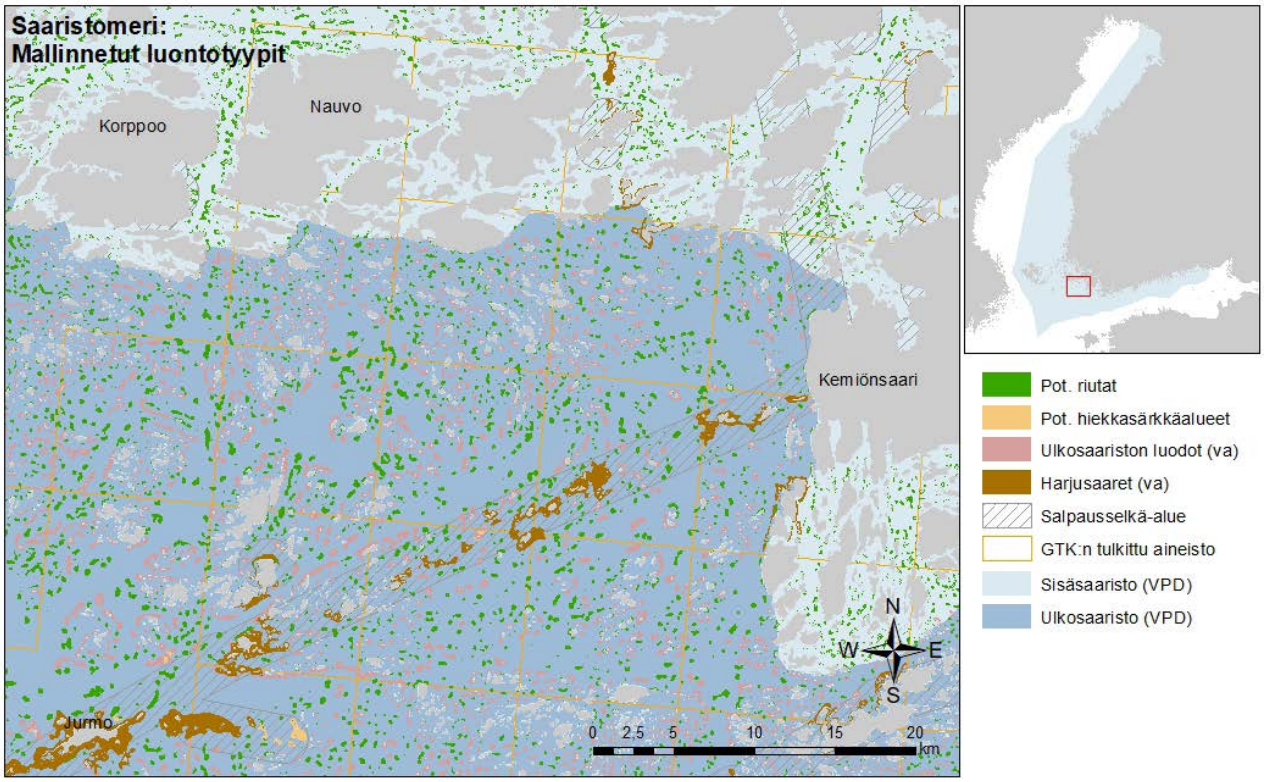
Salpausselkä-alueen ulkopuolella, merigeologisen aineiston kattamalla alueella, mallinnettujen kohoumien (BPI^{5km}>100) päämaalajina oli hiekka tai sora vain 1 %:ssa tapauksista (taulukko 3). Merigeologisen aineiston perusteella nämä laajemmatkin kohoumat olivat pääosin kalliota, sillä 76 % tarkasteltujen kohoumien pinta-alasta oli päämaalajiltaan kalliota.

Hiekka- ja soraesiintymien määrä oli suurin ns. Salpausselkä-alueella (kuva 4, taulukko 3), ja tällä alueella myös hiekka- ja sorakohoumat olivat huomattavasti tyypillisempiä. Päämaalajina hiekkaa ja soraa sisältävät kohoumat käsittivät kaikkien kohoumien pinta-alasta 46 %. Salpausselkä-alueella, alle 10 m:n syvyydellä, hiekkakohoumat olivat yleisimpiä, sillä niiden pinta-ala käsitti yli 50 % kohoumista (taulukko 3).

Analyysin perusteella voidaan todeta, että suurin osa Saaristomeren kohoumista on kallio-, louhikko- ja moreenipeitteisiä. Tulkitun merigeologisen aineiston perusteella hiekkaa ja soraa tavataan lähinnä rajatulla Salpausselkä-alueella.

Taulukko 3. Päämaalajiltaan kalliota ja moreenia (Ka+Mr) tai hiekkaa ja soraa (Hk+Sr) olevien laajojen kohoumien (BPI^{5km}>100) esiintyminen eri syvyyksillä Saaristomerellä. Prosenttiosuudet on laskettu pinta-alan mukaan. Tarkastelussa on mukana GTK:n 1:20 000 -merigeologisen aineiston kattama alue.

Syvyys (m)	**Koko Saaristomeri**		**Saaristomeri, ei Salpausselkä-alue**		**Saaristomeri, vain Salpausselkä-alue**	
Päämaalaji	Ka+Mr %-osuus kohoumista	Hk+Sr %-osuus kohoumista	Ka+Mr %-osuus kohoumista	Hk+Sr %-osuus kohoumista	Ka+Mr %-osuus kohoumista	Hk+Sr %-osuus kohoumista
0–10	81	10	89	1	39	54
10–20	49	8	56	1	18	37
20–30	37	3	30	0	68	13
30–40	74	0	74	0	100	0
Yht.	69	9	76	1	35	46



Kuva 4. Mallinnuksen tulokset eteläisellä Saaristomerellä. Kuvassa on esitetty myös vesipuitedirektiivin (VPD) mukainen jako sisä- ja ulkosaaristoon, jota käytettiin ulkosaariston luotojen vedenalaisten osien määrityksessä.

Alueen vedenalaiset hiekka- ja soramuodostumat ovat laajoja (kuva 4).

Luontotyyppien mallinnuskriteerit muodostettiin pääosin yllä esitettyjen analyysien mukaisesti. Oletuksena oli, että tarkan geologisen aineiston ulkopuolella kohoumien päämaalajijakauma on samankaltainen kuin geologisen aineiston kattamalla alueella.

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Saaristomerellä

- Alle 1 600 m^2:n kohoumat poistettiin

Riutat ja ulkosaariston luotojen vedenalaiset osat

- Kaikki 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat (BPI^{300m}>100) ovat potentiaalisia riuttoja (myös Salpausselkä-alueella).
- Lisäksi tunnistetaan laajempia kohoumia (BPI^{5km}>100), ns. potentiaalisia riutta-alueita 5 km:n analyysisäteellä.
- Myös kaltevat alueet (kaltevuus > 5 astetta) ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- Alle 30 m:n alueet jätetään luontotyypin rajauksen ulkopuolelle kallion ja moreenin vähyyden vuoksi tätä syvemmillä alueilla.
- Ulkosaaristossa sijaitsevat alle 5 ha:n kokoisiin saariin yhteydessä olevat potentiaaliset riutat määritetään ulkosaariston luotojen vedenalaisiksi osiksi.

Hiekkasärkät ja harjusaarten vedenalaiset osat

- Hiekkasärkkien sijainnin ennustaminen on puutteellisten aineistojen vuoksi hankalaa, mutta mallinnuksen avulla voidaan tunnistaa potentiaalisia hiekkasärkkäalueita, joilta varsinaisia hiekkasärkkiä kannattaa etsiä.
- Geologisen aineiston kattamalla Salpausselkä-alueella kaikki 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat (BPI5km >100), joissa päämaalaji on hiekka tai sora, ovat potentiaalisia hiekkasärkkäalueita.
- Geologisen aineiston ulkopuolelle jäävällä Salpausselkä-alueella kaikki 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia hiekkasärkkäalueita.
- Alle 20 m:n alueet jätetään luontotyypin rajauksen ulkopuolelle hiekan ja soran vähyyden vuoksi tätä syvemmillä alueilla.

- ***Harjusaarten vedenalaiseksi osiksi*** rajataan kaikki harjusaariin (SYKEn aineisto harjusaarista) välittömässä yhteydessä olevat laajat kohoumat (1 km:n ja 5 km:n skaala) sekä yli 5 asteen kaltevuuden omaavat rinteet.
- Alle 20 m:n alueet jätetään luontotyypin rajauksen ulkopuolelle hiekan, soran ja moreenin vähyyden vuoksi tätä syvemmällä alueella.

Suomenlahti

Suomenlahden geologinen tarkastelu

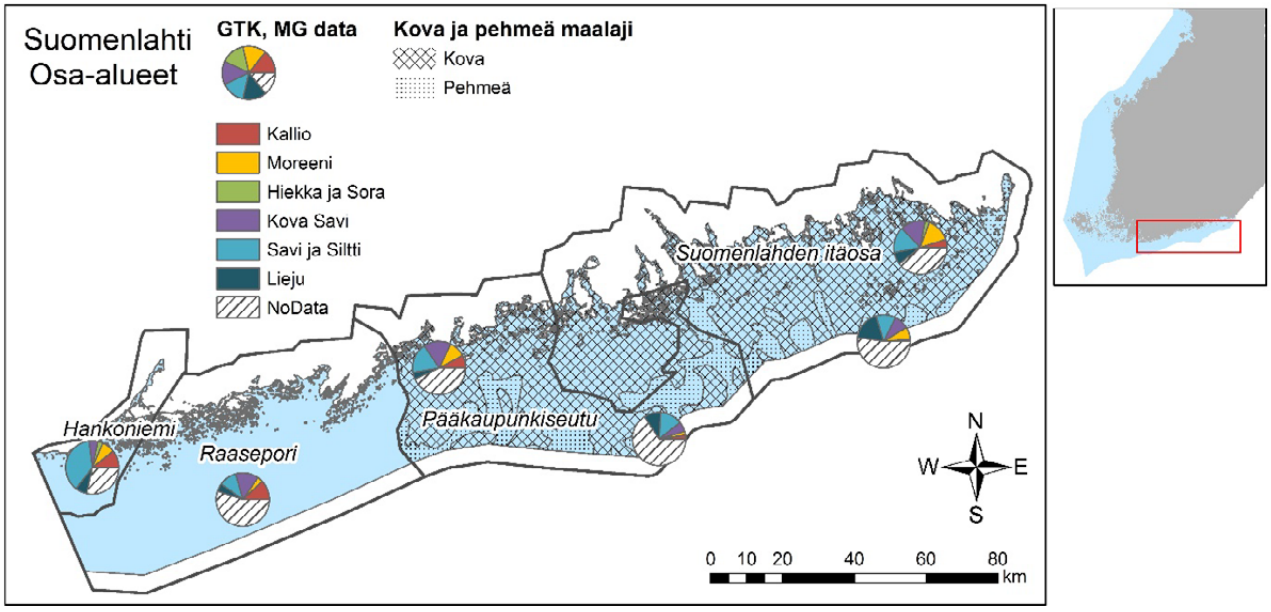
Suomenlahden alue on verrattain suuri, ja merigeologisen aineiston perusteella alueella on paljon sisäistä vaihtelua (Kaskela et al 2012, Kaskela & Kotilainen 2017). Tässä tarkastelussa alue jaettiin neljään osa-alueeseen syvyys-, kallioperä- ja maalajiaineiston perusteella (kuva 5):

- *Hankoniemen eteläosa*: alue on laajalti saven ja siltin peitossa. Alue on rajattu syvyysaineistossa erottuvien syvien uomien mukaan (mahd. ruhjeita), jotka ovat todennäköisesti (epäsuorasti) vaikuttaneet alueen sedimentaatio-/glasiaatiodynamiikkaan.
- *Raasepori-Kirkkonummi*: alueella on paljon pieniä kalliopaljastumia, ja se on pirstaleinen. Alue on rajattu syvyysaineistossa erottuvien syvien uomien mukaan (mahd. ruhjeita), jotka ovat todennäköisesti (epäsuorasti) vaikuttaneet sedimentaatio-/glasiaatiodynamiikkaan.
- *Pääkaupunkiseutu*: alue on rikkonainen, ja alueella on Raaseporin seutua laajempia liejualtaita ja kallio-/moreenipaljastumia.
- *Itäinen Suomenlahti*: laajoja moreeni- ja hiekka- ja soramuodostumia. Alue on rajattu rapakivialueen tai sen läheisyyden perusteella.

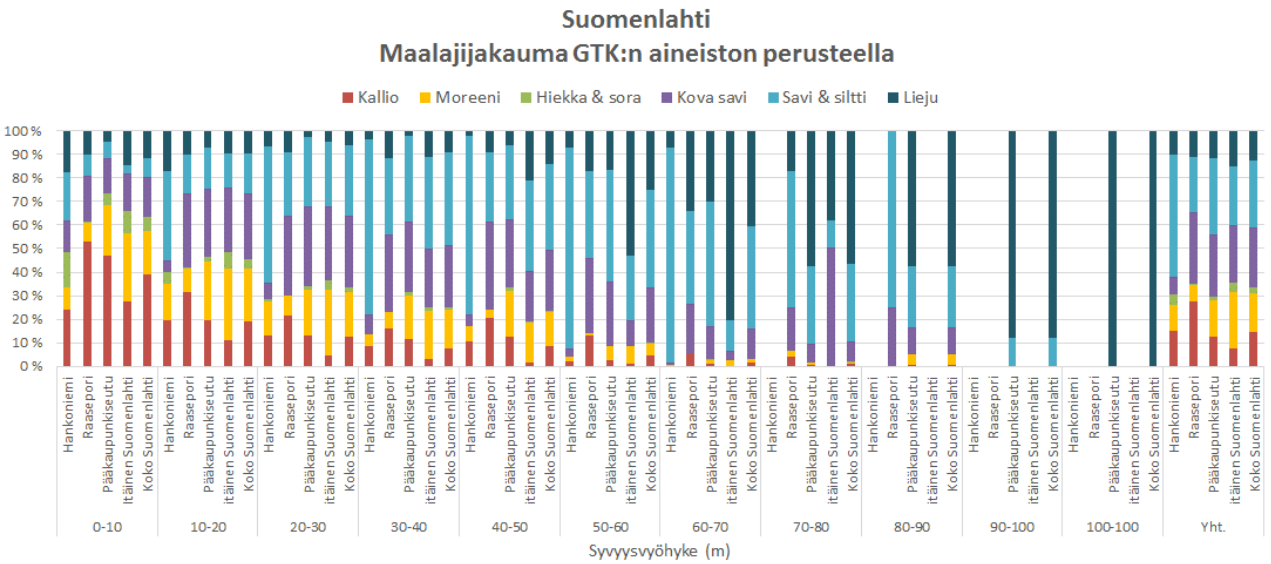
Suomenlahden mallinnustyössä hyödynnettiin lisäksi koko Suomenlahden kattavaa karkeaa merigeologista aineistoa (1: 1 000 000/1 M, Winterhalter et al. 1981). Tarkastelussa yhdistettiin 1 M aineiston maalajit ”Sand”, ”Soft” ja ”Soft & minor hard” pehmeän pohjien alueeksi ja luokat “Hard bottom”, “Hard bottom, minor sand”, “Hard & sand” ja “Soft & hard” kovan pohjan alueiksi. Näitä alueita tarkasteltiin erikseen pääkaupunkiseudulla ja Itäisellä Suomenlahdella. Hankoniemen alue on yleisesti ottaen pieni ja Raasepori-Kirkkonummen pehmeiden pohjien pinta-ala on pieni, joten näillä alueilla jako ei ollut mielekäs (kuva 5).

GTK:n merigeologinen peruskartoitusaineisto kattoi 52 % koko Suomenlahden pinta-alasta (kuva 1) ja kattavuus oli osa-alueittain 34–72 % (kuva 5). Samoin kuin Saaristomerellä merigeologinen aineisto ulottui Suomenlahden rannikolta ulkomerelle, käsitti kaikki maalajit ja syvyysvaihtelu oli 0–110 m. Tällä perusteella oletettiin, että GTK:n aineisto kuvastaa maalajivaihtelua koko Suomenlahden alueella.

Merigeologisen aineiston perusteella Suomenlahden pohjan maalajit vaihtelevat verrattain paljon (kuva 6). GTK:n Suomenlahden aineistossa siltti-, savi- ja liejupohjia on noin 40 %, kovaa savea 25 %,



Kuva 5. Suomenlahti jaettiin tässä tutkimuksessa neljään osa-alueeseen tausta-aineiston perusteella. Pääkaupunkiseudulla ja Itäisellä Suomenlahdella tarkasteltiin vielä erikseen kovia ja pehmeitä pohjia. Piirakkadiagrammi näyttää, kuinka suuren osan GTK:n 1:20 000-aineisto kattaa kustakin alueesta ja miten maalajit ovat aineiston mukaan jakautuneet kullekin alueelle. Piirakan viivoitettu alue kuvastaa kartoittamattoman alueen laajuutta.



Kuva 6. Maalajivaihtelu Suomenlahden neljän osa-alueen sisällä syvyysvyöhykkeittäin.

hiekkaa ja soraa alle 5 % ja kalliota sekä moreenia noin 30 % (kuva 6). Pehmeitä siltti- ja savipohjia on suhteellisesti eniten Hankoniemen alueella (> 50 %) (kuvat 5 ja 6). Kalliopohjia on enemmän Suomenlahden länsiosassa kuin itäosassa. Esimerkiksi Raaseporin alueella on kalliota 27 % ja moreenia 7 %, kun Itäisellä Suomenlahdella kovan pohjan alueella niitä on 8 % ja 25 %. Yhteenlaskettu kallion ja moreenin määrä on kuitenkin Hankoniemen eteläosassa, Raaseporissa, pääkaupunkiseudun ja Itäisen Suomenlahden kovilla pohjilla suhteellisen vakio, noin 30 %. Suomenlahdella sora- ja hiekkapohjia on yleisesti ottaen vähän (< 5 %) , eikä niitä ole kartoitettu lainkaan Raaseporin alueelle.

Kalliota, moreenia sekä hiekka- ja sorapohjia esiintyy tai on paljastuneina pääasiassa 60 m matalammilla alueilla (kuva 6).

Analyysisäteen määrittäminen

Suomenlahdella tarkasteltiin VELMU-syvyysmallista eri analyysisäteillä laskettuja BPI-arvoja suhteessa Metsähallituksen hilaotannalla kerättyyn pistemäiseen pohjanlaatuaineistoon kolmella eri tutkimusalueella: Itäisellä Suomenlahdella, Tammisaaren kansallispuiston alueella sekä Hankoniemen eteläpuolella (taulukko 4). Korrelaatiot eri pohjanlaatujen ja BPI-arvojen välillä vaihtelivat tutkimusalueittain. Yleisesti ottaen kovan pohjan ja BPI-arvojen väliset korrelaatioarvot olivat positiivisia (kovaa pohjaa esiintyy kohoumissa) ja korrelaatiot hiekkaan tai pehmeään pohjaan negatiivisia (ko. maalajeja esiintyy painaumissa). Vaikka korkeimmat korrelaatioarvot BPI-arvojen ja maalajien välisissä korrelaatioissa saatiin eri alueilla eri analyysisäteillä, erot olivat suhteellisen pieniä. Näin ollen tarkempaan

Taulukko 4. BPI-arvon korrelaatiot kovan pohjan ja hiekan prosenttiosuuteen Suomenlahden eri osissa.

	Itäinen Suomenlahti		**Tammisaaren kansallispuisto**		**Hankoniemen eteläosa**	
Säde	Korrelaatio kovaan pohjaan	Korrelaatio hiekkaan	Korrelaatio kovaan pohjaan	Korrelaatio pehmeään pohjaan	Korrelaatio kovaan pohjaan	Korrelaatio hiekkaan
200 m	0.34	-0.20	0.37	-0.31	0.46	-0.42
300 m	0.36	-0.22	0.39	-0.35	0.43	-0.41
500 m	0.40	-0.24	0.41	-0.39	0.41	-0.39
1 000 m	0.39	-0.20	0.41	-0.42	0.31	-0.30
3 000 m	0.36	-0.15	0.42	-0.40	0.04	-0.05

tarkasteluun valittiin Saaristomeren kanssa yhtenevät kohoumat, 300 m:n analyysisäteen avulla tunnistetut kohoumat. Laajemmaksi analyysisäteeksi potentiaalisten riutta-alueiden tunnistamiseksi valittiin visuaalisen tarkastelun perusteella 1 km.

Suomenlahden riutat

Kun tausta-aineiston käsittely ja jako osa-alueisiin oli tehty, tarkasteltiin sekä 300 m:n säteellä että 1 km:n säteelllä määritettyjä kohoumia (mukaan lukien 300 m:n kohoumat 1 km:n kohoumien sisällä) suhteessa 1:20 000 -merigeologiseen aineistoon (päämaalaji) eri syvyysvyöhykkeillä. Tarkastelu toteutettiin erikseen kaikille neljälle Suomenlahden osa-alueelle. Lisäksi hyödynnettiin SYKEn tuottamaa pohjan avoimuusmallia (Depth attenuated wave exposure, Bekkby & Isaeus 2008) sekä Itäisellä Suomenlahdella ja Pääkaupunkiseudulla tehtyä jakoa koviin ja pehmeisiin pohjiin. Myös pohjan avoimuusaineisto jaettiin kahteen luokkaan: suojaisiin (SWM <10 000) ja avoimiin pohjiin (SWM >10 000).

Alla on yhteenveto tarkastelusta osa-alueittain. Tulokset on esitetty myös taulukossa 5.

Hankoniemi
Hankoniemen alueella lähes kaikki kohoumat sijaitsevat alle 30 m:n syvyydessä (94 % kohoumien yhteisalasta) ja avoimilla alueilla (87 % kohoumien alasta). Näistä valtaosa (59 %) on päämaalajiltaan riuttamaisia. Suojaisilla alueilla (joilla tosin esiintyy vain 13 % koko alueen kohoumista) kallion ja moreenin osuus on vähäisempi; 41 % suojaisen alueen kohoumista on päämaalajiltaan kalliota tai moreenia.

Raasepori-Kirkkonummi alue
Raasepori-Kirkkonummi-alueella suurin osa kohoumista sijaitsee alle 30 m:n syvyydessä (92 % kaikista alueen kohoumista) ja riuttamaisten (kallio tai moreeni) kohoumien osuus on muihin alueisiin verrattuna suurin (yli 60 %). Myös tällä alueella suurin osa kohoumista sijaitsee avoimessa pohjaympäristössä (77 %).

Pääkaupunkiseutu
Pääkaupunkiseudun merialueella tarkasteltiin 1 M -merigeologisesta aineistosta johdettuja kovia ja pehmeitä pohjia erikseen. Pääkaupunkiseudun pehmeillä pohjilla suurin osa kohoumista esiintyy muita alueita syvemmillä pohjilla: 97 % kohoumista sijaitsee yli 20 m:n syvyydessä. Tähän osasyynä lienee se, että pehmeät pohjat ovat yleisesti ottaen syvemmällä kuin kovat. Kovilla pohjilla kohoumat esiintyvät pääosin 30 m matalammilla alueilla (76 %). Riuttamaisten kohoumien osuus on yli 50 % kovan pohjan alueilla. Pehmeillä pohjilla riuttamaisten kohoumien osuus on 74 % avoimilla pohjilla ja 33 % suojaisilla alueilla.

Itäinen Suomenlahti
Itäinen Suomenlahti muistuttaa kohoumien päämaalajin perusteella pääkaupunkiseutua. Päämaalajiltaan riuttamaisten kohoumien osuudet pääkaupunkiseudulla ja Itäisellä Suomenlahdella ovat lähes samat (65 %). Itäisellä Suomenlahdella on kuitenkin 1:20 000 -merigeologisen aineiston perusteella enemmän sekä hiekkaisia että moreenin peittämiä kohoumia kuin pääkaupunkiseudulla, jossa vallalla ovat kallioiset kohoumat. Samoin kuin pääkaupunkiseudulla pehmeillä pohjilla on kohoumia pääosin yli 20 m:n syvyydellä (81%). Pehmeillä suojaisilla pohjilla kohoumien päämaalaji on kuitenkin useimmiten jotain muuta kuin moreenia tai kalliota (39 %). Itäisen Suomenlahden kovan pohjan alueella, sekä avoimella että suojaisella pohjalla, suurin osa kohoumista on aineiston mukaan riuttamaisia (>50 %) (taulukko 5).

Suomenlahden hiekkasärkät

Olemassa olevaa merigeologista 1:20 000-aineistoa ja 300 m:n ja 1 km:n säteellä tunnistettuja kohoumia tarkasteltaessa todettiin, että hiekkaa ja soraa päämaalajinaan sisältäviä kohoumia on Suomenlahdella vähän, lukuun ottamatta Itäistä Suomenlahtea, jossa hiekkaisten kohoumien osuus on suurempi (taulukko 5). Samoin kun syvyysmallista laskettuja BPI-arvoja vertaillaan Metsähallituksen hilaotannalla kerättyihin pohjanlaatuaineistoihin, korrelaatiot hiekan ja BPI-arvojen välillä olivat pääosin negatiivisia, ja ne viittaavat hiekan esiintymiseen pääosin painaumissa, myös Itäisellä Suomenlahdella (taulukko 4). Merigeologisen aineiston ja erilaajuisten kohoumien visuaalisen tarkastelun perusteella päädyttiin myös Suomenlahdella käyttämään 5 km:n analyysisäteellä tunnistettuja kohoumia hiekkasärkkien määrittämiseksi (vrt. Saaristomeri).

Päämaalajiltaan hiekkaa ja soraa olevien laajojen kohoumien (BPI^{5km}>100) jakautumista eri syvyysvyöhykkeisiin tarkasteltiin koko Suomenlahden alueella ja erikseen Itäisen Suomenlahden alueella

Taulukko 5. Kohoumien jakautuminen suojaisille ja avoimille alueille sekä eri syvyysvyöhykkeille Suomenlahden eri osissa sekä moreenia tai kalliota (Mr+Ka) päämaalajiltaan olevien kohoumien osuus. Pääkaupunkiseutu ja Itäinen Suomenlahti on lisäksi jaettu alueisiin, joissa eri pohjatyypit dominoivat (pehmeät vs. kovat). Kohoumien kokonaisala ko. alueella ilmoitettu alueen nimen alla. Lukemisen helpottamiseksi taulukossa on yhteenlaskettu 300 m:n ja 1 km:n säteellä tunnistetut kohoumat (BPI^{300m} >100 ja/tai BPI^{1km} >100); prosenttiosuudet on laskettu kohoumien pinta-alan mukaan. Alimmaisena taulukossa on esitetty päämaalajiltaan hiekkaa ja soraa olevien kohoumien osuus. Tarkastelussa on mukana GTK:n 1:20 000 -merigeologisen aineiston kattama alue.

	Hankoniemi 61 km^2		**Raasepori** 198 km^2		**Pääkaupunkiseutu** 176 km^2				**Itäinen Suomenlahti** 281 km^2			
					Pehmeät		Kovat		Pehmeät		Kovat	
Syvyys (m)	%-osuus kohoumista	Päämaalaji Mr + Ka (%)	%-osuus kohoumista	Päämaalaji Mr + Ka (%)	%-osuus kohoumista	Päämaalaji Mr+ Ka (%)	%-osuus kohoumista	päämaalaji Mr+ Ka (%)	%-osuus kohoumista	päämaalaji Mr+ Ka (%)	%-osuus kohoumista	päämaalaji Mr+ Ka (%)
Avoin, yht.	87	59	77	82	30	74	68	76	33	47	64	73
0–10	18	83	30	97	0	100	19	94	1	16	24	82
10–20	30	65	27	79	3	90	22	78	17	46	31	71
20–30	33	40	19	61	24	71	25	60	12	53	9	54
30–40	5	49	1	68	3	78	2	64	3	29	0	48
40–50	1	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50–60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60–70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suojainen yht.	13	41	23	63	70	33	32	59	67	31	36	58
0–10	8	51	11	83	0	0	6	80	0	0	6	65
10–20	3	25	4	54	0	0	3	64	1	82	12	58
20–30	2	18	1	40	0	71	1	15	29	39	13	55
30–40	0	13	3	62	16	63	11	69	29	25	4	62
40–50	0	64	3	29	21	62	9	50	8	17	1	54
50–60	0	5	1	14	29	0	3	9	1	1	0	95
60–70	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0

Hiekka tai sora päämaalajina, % kohoumista (BPI^{300m} >100 ja/tai BPI^{1km} >100)

Hankoniemi	Raasepori	Pääkaupunkiseutu	Itäinen Suomenlahti
2	0	1	9

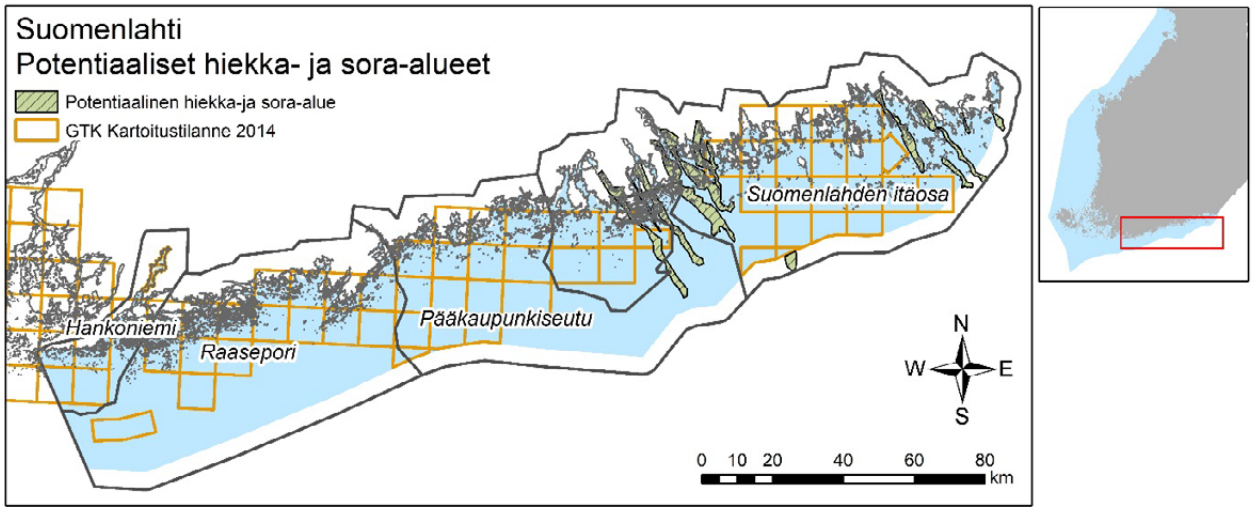
(taulukko 6). Samoin kuin Saaristomerellä suurin osa Suomenlahden laajoista kohoumista on kallio-, louhikko- ja moreenipeitteisiä. Itäisellä Suomenlahdella hiekka- ja sorakohoumien osuus on hieman muuta Suomenlahtea suurempi. Tässä on huomattava, että Hankoniemen läntinen alue, joka on tunnettu hiekka-alueistaan, menee HELCOMin aluejaossa osin Saaristomeren puolelle. Hankoniemen hiekkamuodostumia on siis määritetty Saaristomeren mallinnusten yhteydessä.

Taulukko 6. Päämaalajiltaan kalliota ja moreenia (Ka+Mr) tai hiekkaa ja soraa (Hk+Sr) olevien laajojen kohoumien (BPI^{5km}>100) esiintyminen eri syvyyksillä. Tarkastelussa on huomioitu laajat kohoumat koko Suomenlahden alueella sekä pelkästään Itäisen Suomenlahden alueella. Tarkastelussa on mukana GTK:n merigeologisen aineiston kattama alue. Prosenttiosuudet on laskettu kohoumien pinta-alan mukaan.

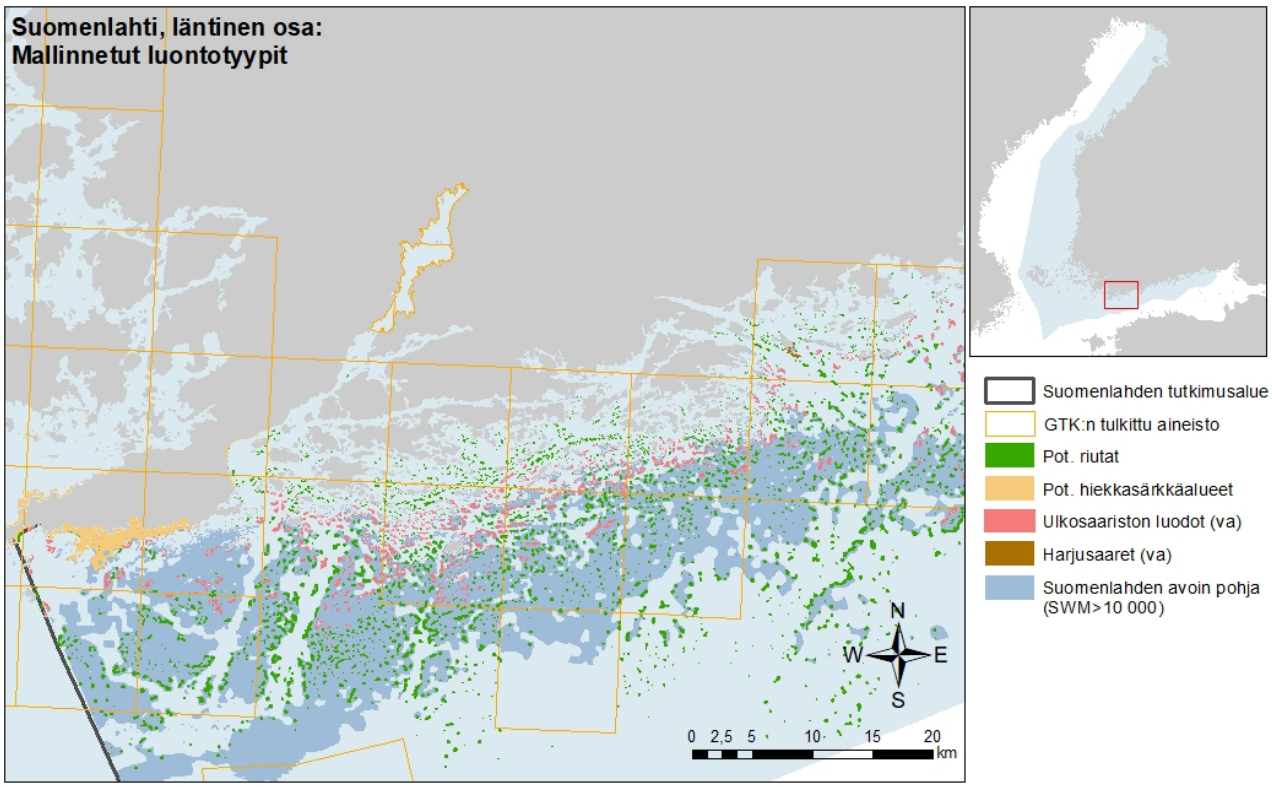
	Suomenlahti		**Itäinen Suomenlahti**	
Syvyys (m)	Ka+Mr %-osuus kohoumista	Hk+Sr %-osuus kohoumista	Ka+Mr %-osuus kohoumista	Hk+Sr %-osuus kohoumista
0–10	84	11	76	19
10–20	76	8	76	13
20–30	66	3	76	8
30–40	62	0	56	0
40–50	31	0	81	0
50–60	1	0	–	–
Yht.	72	7	75	13

GTK:n kartoittamattoman alueen ulkopuolelta, Suomenlahden itäosassa havaittiin kaksi aluetta, joissa ei ole vielä suoritettu kattavaa merigeologista kartoitusta (1:20 000) ja joissa maanpäällisten maaperäaineistojen perusteella voi olla hiekka-soramuodostumia (kuva 7). Näiden luoteis-kaakkoissuuntaisten muodostumien potentiaaliset mereiset jatkeet rajattiin kartalta manuaalisesti. Maanpäällisten hiekka- ja sorakerrostumien läheiseltä merialueelta tarkasteltiin niiden suuntaisia vedenalaisia ”kohoumajonoja” ja potentiaaliset hiekka- ja sora-alueet rajattiin tällaisen luoteis-kaakkoissuuntaisen kohoumajonon mukaan. Näiden rajattujen alueiden sisällä, kaikki 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat määritettiin potentiaalisiksi hiekkasärkkäalueiksi (1: 20 000 -merigeologisen aineiston ulkopuolella).

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Suomenlahdella muodostettiin pääosin yllä esitettyjen analyysien perusteella, erikseen eri Suomenlahden osa-alueille (4 osa-aluetta, suojaiset vs. avoimet alueet ja pehmeän pohjan vs. kovan pohjan alueet). Kriteereitä muodostettaessa katsottiin erikseen BPI^{300m} >100 ja $BPI^{1\ km}$ >100 kohoumia sekä BPI^{300m} >100 kohoumia $BPI^{1\ km}$ >100 kohoumien sisällä. Tämän vuoksi valitut kriteerit eivät täysin seuraa taulukkoa 5, jossa näitä kohoumatyyppejä on taulukon selkeyden vuoksi tarkasteltu yhdessä. Lähtökohtaisesti kriteerinä oli se, että tietyn syvyysvyöhykkeen kohoumien tuli olla päämaalajiltaan > 50 % kovaa pohjaa (kallio + moreeni) tarkan geologisen aineiston alueella, jotta vastaavan syvyysvyöhykkeen kohoumat määritettiin riutaksi myös tarkan geologisen aineiston ulkopuolella. Mallinnuksen tuloksena syntynyt luontotyyppikartta läntisellä Suomenlahdella on esitetty kuvassa 8.



Kuva 7. Potentiaaliset hiekka- ja sora-alueet rajattiin manuaalisesti GTK:n aineiston perusteella.



Kuva 8. Mallinnuksen tulokset Suomenlahden länsiosassa. Kuvassa on esitetty myös alueen mallinnuksessa käytetty jako avoimiin ja suojaisiin pohjiin.

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Suomenlahdella

- Alle 1 600 m²:n kohoumat poistettiin

Riutat ja ulkosaariston luotojen vedenalaiset osat

GTK:n kartoittamilla (1:20 000) alueilla, koko Suomenlahdella:

- Kaikki alle 30 m:n syvyydessä sijaitsevat päämaalajiltaan luokkiin moreeni ja kallio kuuluvat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- Kaikki alle 30 m:n syvyydessä sijaitsevat päämaalajiltaan luokkiin moreeni ja kallio kuuluvat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- Ulkosaaristossa sijaitsevat alle 5 hehtaarin saariin yhteydessä olevat potentiaaliset riutat määritetään ***ulkosaariston luotojen vedenalaisiksi osiksi***.

GTK:n kartoittamien alueiden ulkopuolella (tai suoja-alueilla), käytetyt kriteerit vaihtelevat alueittain:

Hankoniemi

- *Avoimilla* alueilla kaikki alle 20 m:n syvyydessä sijaitsevat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- Sekä *avoimilla* että *suojaisilla* alueilla alle 30 m:n syvyydessä kaikki 300 m:n kohoumat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetuissa kohoumissa ovat potentiaalisia riuttoja.
- Lisäksi *suojaisilla* alueilla kaikki alle 10 m:n syvyydessä sijaitsevat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- *Avoimilla* alueilla kaikki alle 20 m:n syvyydessä sijaitsevat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat pot. riutta-alueita.
- *Suojaisilla* alueilla kaikki alle 10 m:n syvyydessä sijaitsevat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat pot. riutta-alueita.

Raasepori-Kirkkonummi

- *Avoimilla* alueilla kaikki alle 40 m:n syvyydessä sijaitsevat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja. Lisäksi yli 40 m:n syvyydessä sijaitsevat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetuissa kohoumissa ovat potentiaalisia riuttoja.
- *Suojaisilla* alueilla kaikki alle 20 m:n syvyydessä sijaitsevat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja. Lisäksi kaikki 20–40 m:n syvyydessä sijaitsevat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetuissa kohoumissa ovat potentiaalisia riuttoja.
- *Avoimilla* alueilla kaikki 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- *Suojaisilla* alueilla kaikki alle 40 m:n syvyydessä sijaitsevat 1km analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.

Pääkaupunkiseutu

- Sekä pehmeillä että kovilla pohjilla, avoimilla alueilla, kaikki 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- Sekä pehmeillä että kovilla pohjilla, suojaisilla alueilla, kaikki alle 50 m:n syvyydessä sijaitsevat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- *Avoimilla alueilla* kaikki 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- *Suojaisilla alueilla* kaikki alle 40 m:n syvyydessä sijaitsevat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.

Itäinen Suomenlahti

Pehmeät pohjat

- Avoimilla alueilla alle 40 m:n syvyydessä esiintyvät 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat 1 km:n säteellä tunnistetuissa kohoumissa ovat potentiaalisia riuttoja.
- Suojaisilla alueilla 10–40 m:n syvyydessä esiintyvät analyysisäteellä tunnistetut kohoumat 1 km:n säteellä tunnistetuissa kohoumissa ovat potentiaalisia riuttoja.
- Avoimilla alueilla alle 10 m:n syvyydessä 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- Suojaisilla alueilla 10–20 m:n syvyydessä 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.

Kovat pohjat

- Kaikki 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- Kaikki 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.

Hiekkasärkät ja harjusaarten vedenalaiset osat

GTK:n kartoittamilla alueilla, koko Suomenlahdella:

- Kaikki 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat, joissa päämaalaji on hiekka tai sora, ovat potentiaalisia hiekkasärkkäalueita.

GTK:n kartoittamien alueiden ulkopuolella:

- Kaikki 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat, jotka osuvat manuaalisesti rajattujen hiekka- ja soraalueiden sisään, ovat potentiaalisia hiekkasärkkäalueita.

Harjusaarten vedenalaiset osat

- Harjusaarten vedenalaiseksi osiksi rajataan kaikki harjusaariin (SYKEn aineisto harjusaarista) välittömässä yhteydessä olevat laajat kohoumat (1 km:n skaala). Joillekin pienille harjusaarille va-osan rajaukseen käytettiin 300 m:n säteellä tunnistettuja kohoumia.
- Kaikki harjusaarten vedenalaisiksi osiksi määritetyt alueet sijaitsevat alle 30 m:n syvyydessä, jossa hiekka- ja soramuodostumat ovat yleisimpiä.

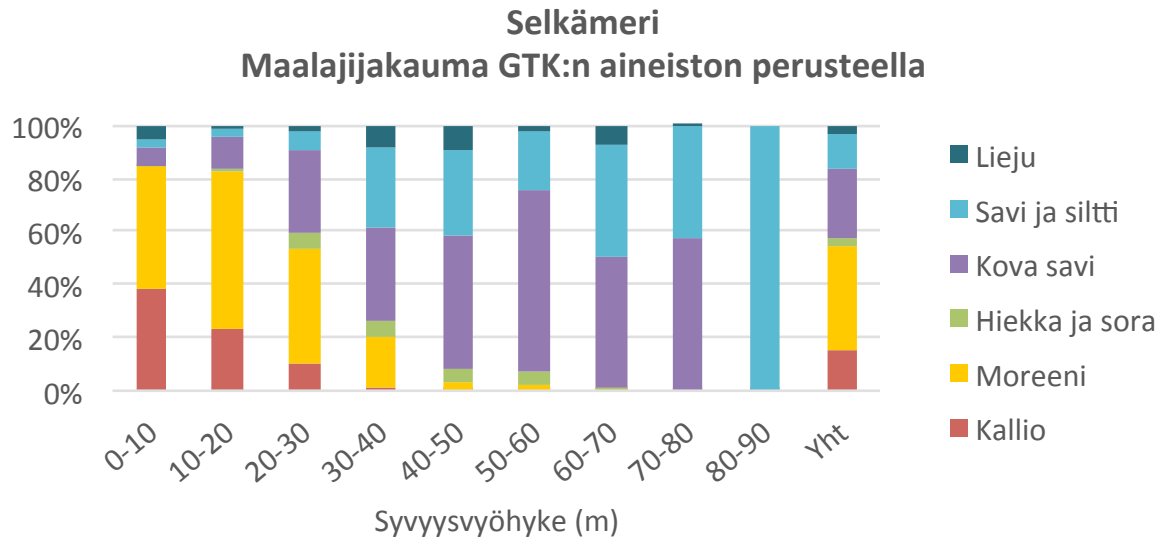
Selkämeri

Selkämeren geologinen tarkastelu

Selkämerellä GTK:n 1:20 000 -merigeologinen aineisto kattoi vain noin 5 % alueen pinta-alasta (kuva 1). Merigeologinen aineisto ei ole tasaisesti jakautunut alueelle, vaan sitä oli tarkasteluhetkellä alueen pohjoisosasta, läheltä Merenkurkkua, sekä Porin ja Rauman edustalta. Tällä merigeologisen aineiston kattamalla alueella päämaalajeina olivat moreeni (noin 40 %) ja kova savi (noin 30 %) (kuva 9). Aineistosta 16 % oli tulkittu kalliopohjaksi. Liejua, savea ja silttiä oli alle 20 % ja hiekka-sorapohjia alle 5 %. Kalliota ja moreenia esiintyi erityisesti 40 m matalammilla alueilla. Soraa ja hiekkaa esiintyi aineiston perusteella syvyysvyöhykkeellä 20–60 m. Selkämerellä ei ole saaristoa suojana, mikä näkyy moreeni- ja kalliopohjien yleisyydessä. Merigeologisen peruskartoitusaineiston kattavuus Selkämerellä oli niin paikallista, ettei sen voitu olettaa kuvaavan merenpohjan maalajijakaumaa koko alueella.

Analyysisäteen määrittäminen

Metsähallituksen tiheällä hilaotannalla kerättyjä pohjanlaatuaineistoja löytyi Selkämereltä vain yhdeltä alueelta Rauman edustalta. Näin ollen aineisto kuvaa vain erittäin pientä osaa Selkämerestä, eikä Selkämeren eri alueiden korrelaatioita BPI-arvojen ja pohjanlaadun kesken pystytty vertailemaan keskenään. Paras korrelaatio kovan pohjan osuuden ja BPI-arvon kanssa on 300 m:n ja 500 m:n analyysisäteillä (taulukko 7). Korrelaatiot olivat kuitenkin matalia ja eri analyysisäteellä laskettujen BPI-arvojen ja pohjan laadun välisten korrelaatioiden erot olivat pieniä.



Kuva 9. Maalajivaihtelu Selkämerellä, merigeologisen aineiston kattamalla alueella syvyysvyöhykkeittäin. Merigeologinen aineisto kattaa kuitenkin vain 5 % koko Selkämerestä.

Taulukko 7. BPI-arvon korrelaatiot eri pohjanlaatuihin Rauman edustalla.

Säde	Korrelaatio kovaan pohjaan	Korrelaatio hiekkaan	Korrelaatio hiekkaan + soraan
200 m	0.21	-0.24	-0.26
300 m	0.23	-0.28	-0.29
500 m	0.23	-0.30	-0.29
1 000 m	0.20	-0.32	-0.30
3 000 m	0.14	-0.31	-0.30

Tämän vuoksi analyyseissä käytettiin riuttojen ja hiekkasärkkien tunnistamiseksi samoja analyysisäteitä kuin Saaristomerellä (riutat $BPI^{300m} > 100$ ja hiekkasärkät $BPI^{5km} > 100$), lukuun ottamatta riutta-alueita, joiden tunnistamiseen käytettiin Saaristomeren analyysisädettä pienempää 1 km:n sädettä ($BPI^{1km} > 100$).

Selkämeren riutat

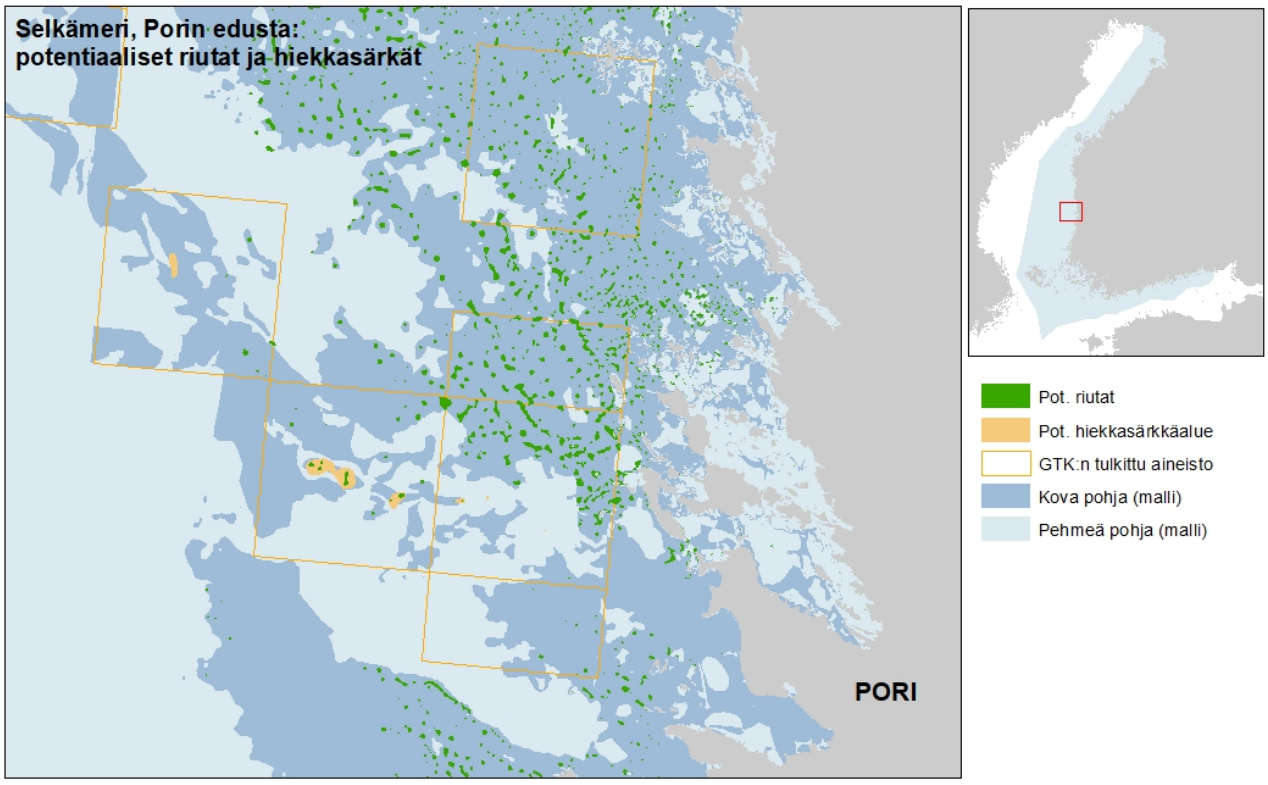
Tarkan merigeologisen aineiston heikon kattavuuden vuoksi Selkämeren luontotyyppien määrittämisessä hyödynnettiin myös VELMU-ohjelmassa tuotettua kovat ja pehmeät pohjat erottelevaa mallia (Kaskela 2015). Merigeologisen aineiston kattavuus Selkämerellä oli niin paikallista, ettei sen voitu olettaa kuvaavan merenpohjan maalajijakaumaa koko alueella, ja näin ollen esitetty kohoumien päämaalajitarkastelu on vain viitteellinen (taulukko 8). Kovilla pohjilla kohoumia esiintyi pääsääntöisesti alle 30 m syvillä alueilla, ja ne olivat useimmiten päämaalajiltaan kalliota tai moreenia. Sen sijaan pehmeiden pohjien alueella kohoumat olivat jakautuneet tasaisemmin koko syvyysvyöhykkeelle. Analyysin mukaan pehmeiden pohjien kohoumat olivat pääsääntöisesti hiekkaa tai soraa yli 10 m:n syvyydessä. Visuaalisen tarkastelun perusteella nämä alueet sijaitsevat Porin harjun vedenalaisella jatkeella, joka on otettu huomioon hiekkasärkkätarkastelussa (ks. seuraava kappale).

Selkämeren hiekkasärkät

Selkämerellä tunnistettuja hiekka- ja soramuodostumia on vain vähän (kuva 10). Potentiaalisiksi hiekkäsärkkäalueiksi määriteltiin tässä 5 km:n analyysisäteellä havaitut kohoumat, jossa GTK:n merigeologisen aineiston perusteella on tunnistettu hiekka- tai soramuodostuma. Analyysin mukaan potentiaalisia alueita hiekkasärkkien esiintymi-

Taulukko 8. Eri analyysisäteillä tunnistettujen kohoumien jakautuminen eri syvyysvyöhykkeille Selkämerellä sekä riuttamaisten (kallio tai moreeni, Mr+Ka) ja hiekkaa tai soraa (Hk+Sr) sisältävien kohoumien osuus kaikista kohoumista tarkan geologisen aineiston kattamalla alueella.

		Kovat pohjat			Pehmeät pohjat		
	Syvyys (m)	%-osuus kohoumista	Päämaalaji Mr + Ka (%)	Päämaalaji Hk + Sr (%)	%-osuus kohoumista	Päämaalaji Mr + Ka (%)	Päämaalaji Hk + Sr (%)
BPI^{1km} >100 ja BPI^{300m} >100	0–10	20	86	0	9	55	0
	10–20	36	82	0	20	4	60
	20–30	31	60	8	25	7	60
	30–40	6	14	21	24	0	20
	40–50	4	0	26	0	0	100
	>50	4	0	23	21	0	22
	Yht.		66	6		7	37
BPI^{1km} >100	0–10	19	87	0	14	29	0
	10–20	36	84	0	21	3	75
	20–30	30	65	7	22	7	67
	30–40	6	16	22	23	0	28
	40–50	4	0	25	0	0	100
	>50	5	0	30	20	0	27
	Yht.		67	6		6	42
BPI^{300m} >100	0–10	21	85	0	18	29	0
	10–20	36	81	0	16	9	40
	20–30	30	55	5	21	5	39
	30–40	5	18	16	19	1	14
	40–50	4	0	17	1	0	26
	>50	4	0	16	25	0	8
	Yht.		64	4		8	19



Kuva 10. Luontotyyppimallinnuksen tulos Selkämerellä, Porin edustalla. Potentiaaliset riutat ja hiekkasärkkäalueet. Kuvassa näkyy myös mallinnustyön apuna käytetty jako koviin ja pehmeisiin pohjiin (Kaskela 2015).

selle on lähinnä Porin edustalla. Kyseessä on Porin harjun vedenalaiset jatkeet. Harju on tasoittunut ja kulunut aaltovoimien vaikutuksesta, ja vain osia harjumuodostumasta on tunnistettu kohoumaksi. Vedenalaisesta harjusta huuhtoutunutta hiekkaa esiintyy myös harjun ympärillä, ja tällä alueella voi olla pienempiä hiekkakohoumia, jotka eivät erotu aineistosta.

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Selkämerellä muodostettiin pitkälti visuaalisen tarkastelun perusteella ja seuraten Saaristomeren kriteereitä, koska tarkka geologinen aineisto kattaa alueen huonosti.

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Selkämerellä

- Alle 1 600 m^2:n kohoumat poistettiin

Riutat ja ulkosaariston luotojen vedenalaiset osat

- Kaikki kovan pohjan alueelle osuvat 300 m:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- Kaikki kovan pohjan alueelle osuvat 1 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- Kaikki ulkosaaristossa sijaitsevat, 300 m:n säteellä tunnistetut kohoumat, jotka ovat yhteydessä alle 5 ha:n saareen, määritettiin *ulkosaariston luotojen vedenalaisksi osiksi.*

Hiekkasärkät

- Kaikki 5 km:n analyysisäteellä tunnistetut kohoumat, joissa GTK:n merigeologisen aineiston perusteella on hiekka- tai soramuodostuma, ovat potentiaalisia hiekkasärkkien esiintymisalueita.

Merenkurkku

Merenkurkun geologinen tarkastelu

GTK:n 1:20 000 -merigeologinen aineisto kattoi noin 10 % Merenkurkun pinta-alasta (kuva 1). Alueella on toteutettu kaksi suurempaa merigeologista kartoituskokonaisuutta, toinen alueen pohjoisosassa ja toinen eteläosassa. Merigeologinen aineisto käsittää kaikki maalajiluokat, ja aineisto on keskittynyt alle 60 m syville pohjille. Aineisto ei siis edusta syviä pohjia, mutta toisaalta syvemmillä alueilla ei todennäköisesti ole myöskään tarkasteltavia luontotyyppejä tai niihin liittyviä lajeja. Tämän perusteelta merigeologinen aineisto kuvastaa maalajivaihtelua Merenkurkun alueella riittävän tai kohtuullisen hyvin luontotyyppimallinnusta ajatellen.

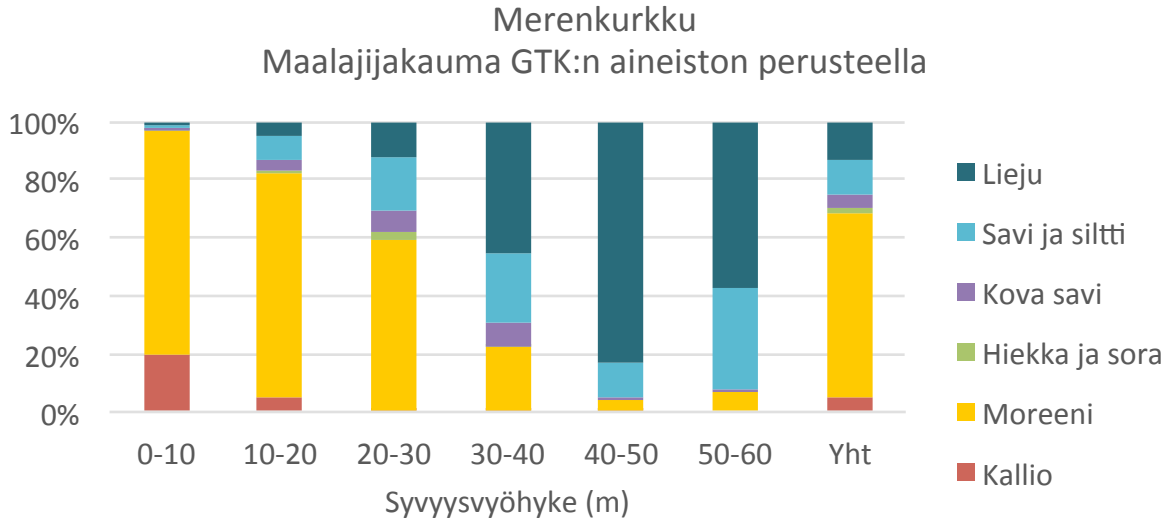
GTK:n aineiston perusteella Merenkurkun pohja on pääosin moreenin peitossa, erityisesti alle 30 m syvillä alueilla (kuva 11). Moreenipohjat kattavat yli 60 % kartoitetusta alueesta. Kalliopohjia on tulkittu olevan lähinnä matalimmilla, alle 10 m:n alueilla. Pehmeät savi- ja liejupohjat kattavat kumpikin yli 10 % kartoitetusta alueesta, ja niiden osuus kasvaa syvempiä alueita kohti.

Analyysisäteen määrittäminen

Merenkurkussa, joka on muihin merialueisiin verrattuna suhteellisen pieni alue, oli kaksi suurempaa ja monta pienialaisempaa Metsähallituksen hilaotannan aluetta. Koska näiden alueiden oletettiin olevan keskenään suhteellisen samankaltaisia (matalaa, kallioista), tehtiin korrelaatioanalyysit käyttäen kaikkia hilaotannan alueita yhdessä.

Merenkurkussa ongelmalliseksi osoittautui se, että alueen mataluuden ja loivapiirteisyyden vuoksi analyysi ei tunnistanut monien saarten rantoja, vaikka todennäköisesti ne ovatkin riuttamaisia. Tämän vuoksi Merenkurkussa testattiin myös pienempää BPI-arvoa kohouman rajaamiseen (BPI > 50), jotta myös vähemmän ympäristöstään kohoavat kohoumat olisi tunnistettu kohoumiksi. Tämä auttoi joidenkin saarten osalta mutta ei kaikkien. Lisäksi monet kohoumat kasvoivat matalamman BPI-raja-arvon vuoksi liian suuriksi. Tämän perusteella lopullisessa analyysissä päädyttiin käyttämään kohoumille vastaavaa raja-arvoa kuin muillakin alueilla (BPI > 100).

Korkeimmat korrelaatiot kovaan pohjaan löytyivät 3 km:n ja 5 km:n analyysisäteillä (taulukko 9). Olemassa olevaan geologiseen aineistoon vertailtaessa näillä säteillä tunnistettujen kohoumien todettiin kutenkin olevan liian suuria kuvaamaan Merenkurkun melko pienipiirteisiä riuttoja. Korkeat korrelaatiot suurimmilla analyysisäteillä johtuivat todennäköisesti alueen yleisestä loivapiirteisyydestä ja kallioisuudesta. Koska analyysi ei antanut luotettavia tuloksia sopivasta analyysisäteestä, päädyttiin visuaalisen tarkastelun perusteella riuttojen osalta samoihin analyysisäteisiin kuin muilla merialueilla (300 m ja 1 km). Korrelaatiot hiekkaan ja pehmeään pohjaan olivat negatiivisia ja viittasivat näiden pohjanlaatujen esiintymiseen painaumissa.



Kuva 11. Maalajivaihtelu Merenkurkussa GTK:n merigeologisen aineiston kattamalla alueella syvyysvyöhykkeittäin.

Taulukko 9. Eri säteillä analysoitujen BPI-arvojen korrelaatiot kovaan pohjaan, hiekkaan ja pehmeään pohjaan Merenkurkussa.

Säde	Korrelaatio kovaan pohjaan	Korrelaatio hiekkaan	Korrelaatio pehmeään pohjaan
200 m	0.26	-0.10	-0.17
300 m	0.30	-0.11	-0.20
500 m	0.35	-0.12	-0.26
1 000 m	0.39	-0.13	-0.32
3 000 m	0.41	-0.11	-0.33
5 000 m	0.41	-0.06	-0.37

Merenkurkun riutat

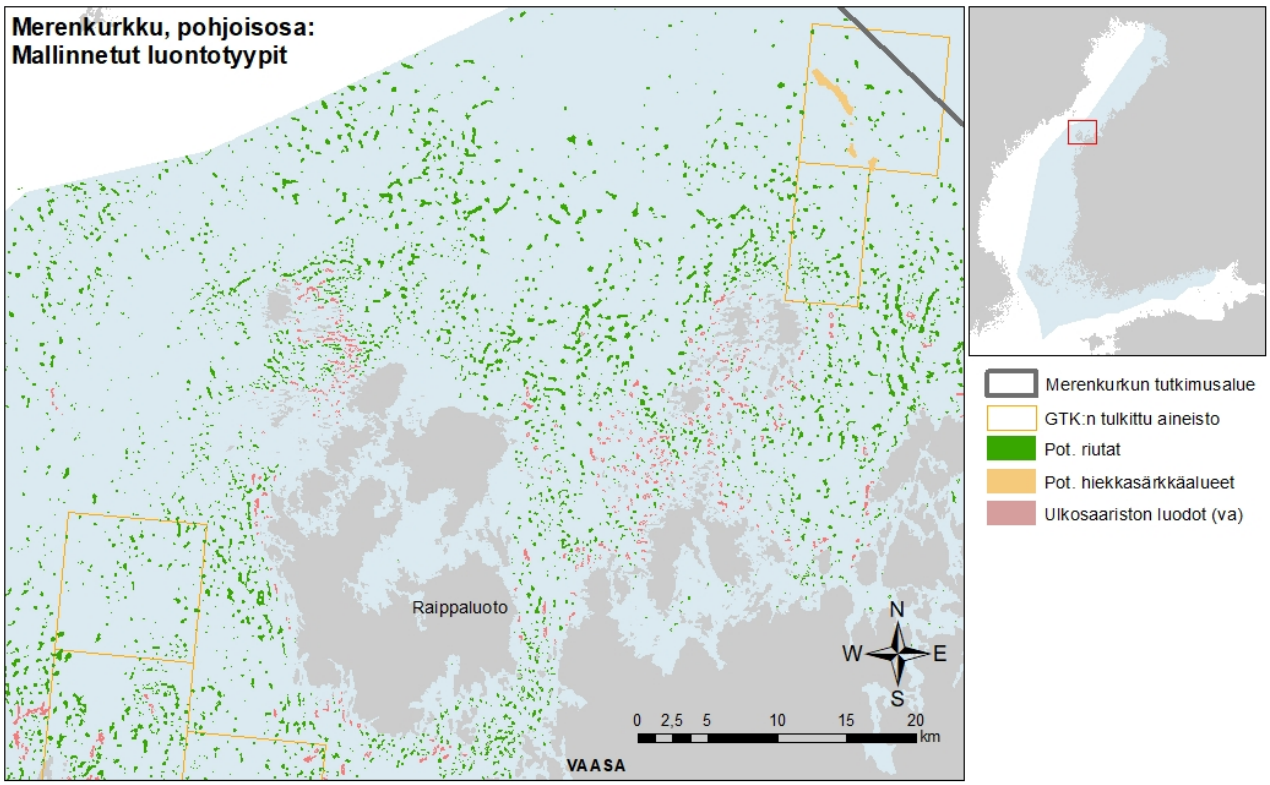
300 m:n ja 1 km:n analyysisäteellä tunnistettuja kohoumia vertailtiin GTK:n 1:20 000 merigeologiseen aineistoon. Tarkastelu tehtiin syvyysvyöhykkeittäin (taulukko 11). Pienialaisten kohoumien (BPI^{300m}>100) osuus oli suurin matalilla alueilla ja väheni syvemmälle mentäessä. Merigeologisen aineiston kattamalla alueella 82 % näiden kohoumien kokonaispinta-alasta sijaitsi alle 20 m:n syvyydessä ja 94 % alle 30 m:n syvyydessä (taulukko 2). Syvemmällä kuin 40 m:ssä esiintyi vain 1 % kohoumista. Pienialaisten kohoumien päämaalajina oli GTK:n aineiston perusteella kallio tai moreeni suurimmassa osassa tapauksista (taulukko 10). Kuten muillakin alueilla, kallion ja moreenin osuus vähenee syvemmälle mentäessä.

Merenkurkun hiekkasärkät

Hiekka- ja sora-alueita esiintyi Merenkurkussa vain vähän (taulukko 10). Visuaalisen tarkastelun pohjalta potentiaalisten hiekkasärkkien esiintymisalueiden osalta päädyttiin käyttämään

Taulukko 10. Eri analyysisäteillä tunnistettujen kohoumien jakautuminen eri syvyysvyöhykkeille Merenkurkussa sekä riuttamaisten (kallio tai moreeni) ja hiekkaa/soraa sisältävien kohoumien osuus kaikista kohoumista.

	Syvyys (m)	%-osuus kohoumista	Päämaalaji Mr + Ka (%)	Päämaalaji Hk + Sr (%)
BPI^{1km}>100 ja BPI^{300m}>100	0–10	49	99	1
	10–20	38	96	3
	20–30	10	94	0
	30–40	2	68	0
	40–50	0	23	0
	Yht.		96	2
BPI^{1km}>100	0–10	37	99	0
	10–20	43	97	3
	20–30	16	95	0
	30–40	2	59	0
	40–50	1	14	0
	Yht.		96	1
BPI^{300m}>100	0-10	47	99	1
	10–20	40	96	2
	20–30	11	90	1
	30–40	2	68	0
	40–50	1	21	0
	Yht.		96	1



Kuva 12. Mallinnustulos Merenkurkun pohjoisosassa. Kuvassa näkyvät myös ainoat Merenkurkun tutkimusalueelta tunnistetut potentiaaliset hiekkasärkkäalueet.

1 km:n analyysisäteellä tunnistettuja kohoumia. Potentiaalisiksi hiekkäsärkkäalueiksi määritettiin kohoumat, joissa GTK:n merigeologisen aineiston perusteella on tunnistettu hiekka- tai soramuodostuma. Merenkurkussa potentiaalisia hiekkasärkkäalueita esiintyi vain tutkimusalueen pohjoisosassa ulkomerellä (kuva 12).

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Merenkurkussa muodostettiin pääosin yllä esitettyjen analyysien mukaisesti. Oletuksena oli, että tarkan geologisen aineiston ulkopuolella kohoumien päämaalajijakauma on samankaltainen kuin geologisen aineiston kattamalla alueella.

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Merenkurkussa

- Alle 1 600 m^2:n kohoumat poistettiin

Riutat ja ulkosaariston luotojen vedenalaiset osat

- Kaikki 300 m:n säteellä tunnistetut kohoumat alle 50 m:n syvyydessä ovat potentiaalisia riuttoja.
- Kaikki 1 km:n säteellä tunnistetut kohoumat alle 50 m:n syvyydessä ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- Ulkosaaristossa sijaitsevat 300 m:n säteellä tunnistetut kohoumat, jotka ovat yhteydessä alle 5 ha:n saareen, määritettiin ***ulkosaariston luotojen va-osiksi.***

Hiekkasärkät

- 1 km:n säteellä tunnistetut kohoumat, joissa GTK:n merigeologisen aineiston perusteella on tunnistettu hiekka-/soramuodostuma, ovat potentiaalisia hiekkasärkkien esiintymisalueita.
- Merenkurkussa ei ollut SYKEn harjusaariaineiston mukaan yhtään harjusaarta.

Perämeri

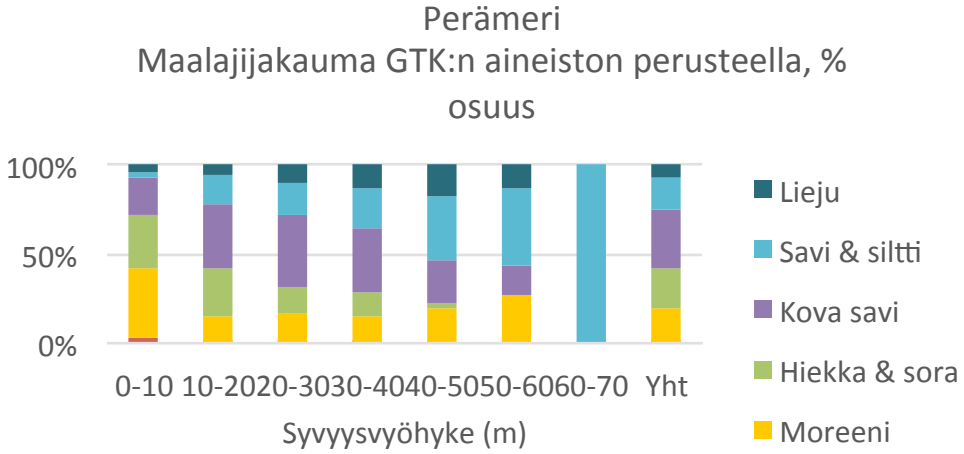
Perämeren geologinen tarkastelu

Perämerellä GTK:n merigeologinen aineisto kattoi alle 5 % koko alueen pinta-alasta (kuva 1), eikä merigeologinen aineisto kuvaa merenpohjan maalajijakaumaa koko Perämerellä. Merigeologista aineistoa oli sieltä täältä Perämerta, eivätkä yksittäiset kartoitusalueet muodostaneet isompia kokonaisuuksia tai ryppäitä. Aineisto oli kuitenkin pohjois-eteläsuunnassa kohtuullisen tasaisesti jakautunut, vaikka yksittäisten kartoitusalueiden välille jäikin isoja aukkoja. Suurin osa GTK:n kartoittamasta alueesta oli alle 50 m:n syvyydestä, ja puolet aineistosta on syvyysvyöhykkeestä 10–20 m. GTK:n merigeologisen aineiston kattamalla alueella päämaalajeina olivat kova savi (noin 30 %), hiekka & sora (noin 20 %) sekä moreeni (20 %) (kuva 13). Aineiston perusteella hiekka- ja sorapohjat ovat Perämerellä yleisempiä kuin muilla tarkastelluilla merialueilla.

Tarkan merigeologisen aineiston huonon kattavuuden vuoksi luontotyyppien määrittelyssä Perämerellä hyödynnettiin myös VELMU-maalajimallin jakoa koviin ja pehmeisiin pohjiin (Kaskela 2015) sekä vanhemman 1:1 000 000 (Winterhalter et al. 1981) -merigeologisen aineiston tunnistettuja hiekka-alueita (kuva 14). Tarkan geologisen aineiston heikko kattavuus on syytä huomioida Perämeren mallinnettuja riuttoja ja hiekkasärkkiä tarkasteltaessa.

Analyysisäteen määrittäminen

Perämerellä oli kaksi suurempaa Metsähallituksen hilaotannan aluetta (Krunnit ja Perämeren kansallispuisto), joissa BPI-arvojen ja pohjanlaadun korrelaatioita analysoitiin yhdessä (taulukko 11). Perämerelle ominaista oli se, että korkeimmat korrelaatiot hiekkaan olivat positiivisia, eli hiekkaa esiintyy pitkälti kohoumissa, toisin kuin muilla



Kuva 13. Maalajivaihtelu Perämerellä GTK:n merigeologisen aineiston kattamalla alueella syvyysvyöhykkeittäin.

Taulukko 11. Eri säteillä analysoitujen BPI-arvojen korrelaatiot kovaan pohjaan, hiekkaan ja pehmeään pohjaan Perämerellä.

Analyysisäde	Korrelaatio kovaan pohjaan	Korrelaatio hiekkaan	Korrelaatio pehmeään pohjaan
200 m	0.20	-0.042	-0.12
300 m	0.26	0.030	-0.16
500 m	0.31	0.001	-0.23
1 000 m	0.32	0.058	-0.32
3 000 m	0.24	0.21	-0.39
5 000 m	0.23	0.22	-0.36

merialueilla. Korkein positiivinen korrelaatio hiekkaan saatiin 5 km:n säteellä. Korkeimmat korrelaatiot kovan pohjan määrän ja BPI-arvon välillä saatiin 500 m–1 km:n säteellä. Näiden analyysien perusteella päädyttiin tarkastelemaan erityisesti 500 m:n ja 5 km:n analyysisäteellä tunnistettuja kohoumia.

Perämeren riutat

Perämerellä GTK:n aineisto painottui matalille alueille. Lisäksi Perämerellä yli 70 % havaituista kohoumista sijaitsi syvyysvyöhykkeellä 0–20 m. Alle 20 m:n syvyydessä Perämerellä ei juurikaan esiinny kasvillisuutta tai pohjaeläimistöä (esim. sinisimpukkaa), joita pidetään edellytyksenä etenkin riuttojen määritykselle Natura-luontotyypiksi (Airaksinen & Karttunen 2001). Näin ollen yli 20 m syvät alueet rajattiin tässä kohoumien maalajitarkastelun ulkopuolelle. Luontotyyppien fysikaaliset kriteerit toteuttavia muodostumia saattaa olla 20 m syvemmilläkin alueilla, mutta käytettävissä ollut aineisto koettiin liian vähäiseksi niiden mallintamiseksi.

Potentiaalisia riuttoja ja riuttaympäristöjä oli aineiston perusteella erityisesti hiekka-alueen ulkopuolella kovilla pohjilla (> 90 %, taulukko 12). Perämerellä on verrattain vähän kalliopaljastumia (kuva 13), ja suurin osa riuttamaisista kohoumista on moreenia. Hiekka-alueen ulkopuolisilla pehmän pohjan alueilla riuttamaisten kohoumien osuus oli huomattavasti pienempi (< 30 %) ja hiekkaa tai soraa oli päämaalajina pinta-alatarkastelun perusteella moreenia tai kalliota enemmän. Tarkemmassa tarkastelussa kuitenkin huomattiin, että lukumäräisesti hiekkaisia kohoumia oli selvästi vähemmän (17 %) kuin kallio- tai moreenikohoumia (63 %). Merigeologisen aineiston visuaalinen tarkastelu osoitti, että alueella on joitakin yksittäisiä laajoja hiekka-soramuodostumiksi tulkittuja kohteita, jotka vaikuttavat pinta-alalliseen tarkasteluun. Tämän vuoksi hiekka-alueen ulkopuolisilla pehmeän pohjan alueilla kohoumat määritettiin riutoiksi, huolimatta hiekan tai soran dominoinnista pinta-alatarkastelussa.

Merigeologisen aineiston perusteella hiekka-alueiden kovilla pohjilla riuttamaiset kohoumat dominoivat (> 50 % kohoumista kalliota tai moreenia), etenkin alle 20 m:n syvyydessä.

Taulukko 12. Eri analyysisäteillä tunnistettujen kohoumien jakautuminen Perämerellä alle 20 m:n syvyydessä sekä riuttamaisten (kallio tai moreeni) ja hiekkaa tai soraa sisältävien kohoumien osuus kaikista kohoumista. Kohoumia tarkasteltiin erikseen hiekka-alueilla ja niiden ulkopuolella (Winterhalter et al. 1981), ja ne jaettiin edelleen kovan pohjan ja pehmeän pohjan alueiksi (Kaskela 2015). Analyysissä tarkasteltiin 500 m:n ja 5 km:n säteellä tunnistettuja kohoumia.

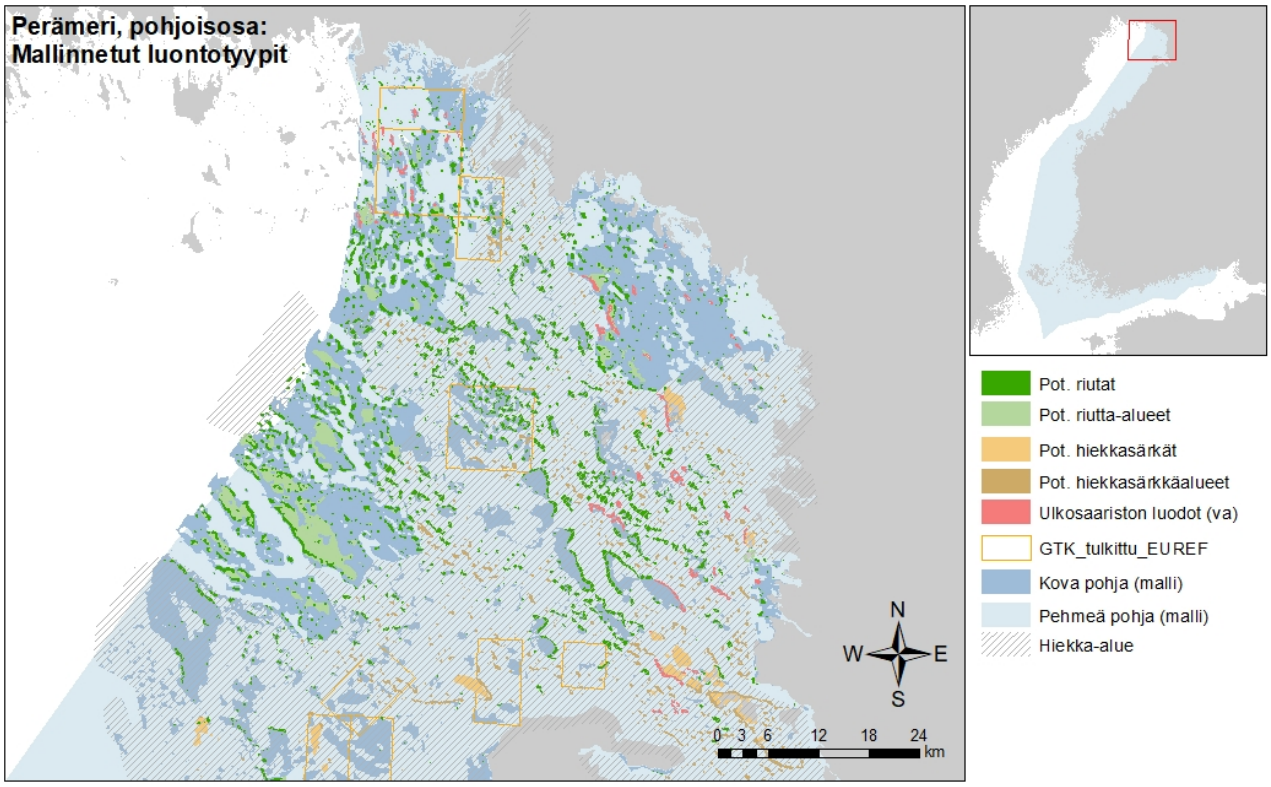
	Pehmeät pohjat		**Kovat pohjat**	
	Päämaalaji Mr + Ka (%)	Päämaalaji Hk + Sr (%)	Päämaalaji Mr + Ka (%)	Päämaalaji Hk + Sr (%)
Hiekka-alueen ulkopuolella	2	14	82	3
BPI^{5km} >100	29	45	97	0
BPI^{5km} >100 ja BPI^{500m}>100	27	47	96	0
-100> BPI^{5km} >100 ja BPI^{500m}>100	9	71	94	2
Hiekka-alueella	1	51	35	4
BPI^{5km} >100	6	85	70	12
BPI^{5km} >100 ja BPI^{500m}>100	22	54	74	9
-100> BPI^{5km} >100	1	52	30	3
-100> BPI^{5km} >100 ja BPI^{500m}>100	9	50	59	4
BPI^{5km} < -100 ja BPI^{500m}>100	0	72	14	8

Perämeren hiekkasärkät

Perämerellä hiekkaa ja soraa esiintyy yleisemmin kuin muilla merialueilla. Alle 20 m:n syvyydessä tehty kohoumien maalajitarkastelu osoitti, että hiekka-alueen pehmeillä pohjilla laajat 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat olivat useimmiten päämaalajiltaan hiekkaa tai soraa (85 %). Myös pienemmät 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat olivat hiekka-alueella usein hiekkaa tai soraa, etenkin silloin, jos ne sijaitsivat laajemmassa painaumassa (72 %) (taulukko 12).

Sen sijaan hiekka-alueiden ulkopuolella, kovan pohjan alueilla hiekkaa tai soraa sisältäviä kohoumia ei juurikaan esiintynyt. Pehmeän pohjan alueella niitä oli, mutta lukumääräisesti kohoumat olivat kuitenkin useammin riuttamaisia kuin hiekkaa tai soraa.

Analayysien perusteella potentiaalisten hiekkasärkkäalueiden (BPI^{5km}>100) lisäksi Perämerellä määritettiin myös pienempialaisia potentiaalisia hiekkasärkkiä: kaikki 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat, jotka osuvat GTK:n 1:20 000-aineistossa hiekka- ja soramuodostumien kohdalle, ovat potentiaalisia hiekkasärkkiä.



Kuva 14. Luontotyyppimallinnuksen tulokset Perämeren pohjoisosassa. Kuvassa näkyy myös mallinnuksessa apuna käytetty jako pehmeisiin ja koviin pohjiin sekä hiekka-alue. Kuvassa on esitetty sekä laajemmat potentiaaliset riutta- ja hiekkasärkkäalueet (5 km:n analyysisäde) että potentiaaliset riutat ja hiekkasärkät (500 m:n analyysisäde).

Luontotyyppien mallinnuskriteerit Perämerellä

- Alle 1 600 m^2:n kohoumat poistettiin
- Alle 20 m syvät alueet poistettiin (vain vähän geologista aineistoa ja biologisia yhteisöjä 20 m syvemmällä)

Riutat ja ulkosaariston luotojen vedenalaiset osat

Hiekka-alueen ulkopuolella

Pehmeät pohjat

- 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita, ja niiden alueella olevat 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.

Kovat pohjat

- 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riutta-alueita.
- 5 km:n säteellä tunnistetuilla tasaisilla alueilla (-100 < BPI < 100) tai potentiaalisilla riutta-alueilla BPI^{5km} > 100 sijaitsevat 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.
- Ulkosaaristossa sijaitseviin 5 ha pienempiin saariin yhteydessä olevat 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat määritettiin ulkosaariston luotojen va-osiksi.

Hiekka-alueella

Kovat pohjat

- 5 km:n säteellä tunnistetuilla tasaisilla tai kohouma-alueilla 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia riuttoja.

Hiekkasärkät ja harjusaarten vedenalaiset osat

Pehmeät pohjat

- 5 km:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia hiekkasärkkäalueita.
- 5 km:n säteellä tunnistetuilla tasaisilla tai painauma-alueilla 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia hiekkasärkkiä.
- Myös potentiaalisilla hiekkasärkkäalueilla sijaitsevat 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat ovat potentiaalisia hiekkasärkkiä.

Lisäksi koko alueella 500 m:n säteellä tunnistetut kohoumat, jotka osuvat GTK:n 1:20 000-aineiston mukaan hiekka- ja soramuodostumien kohdalle, ovat potentiaalisia hiekkasärkkiä.

Perämeren harjusaaret ovat suuria (esim. Hailuoto), ja käytetyt analyysisäteet eivät tunnistaneet niihin varsinaisia vedenalaisia osia.

TULOSTEN TARKASTELU

Tulosten perusteella riutat ovat Suomen rannikolla hyvin yleinen luontotyyppi, ja niitä esiintyy melko tasaisesti koko rannikkoalueella. Hiekkasärkkiä ja niiden esiintymiselle potentiaalisia alueita on laajalti Perämerellä, Salpausselkien jatkealueilla Saaristomerellä sekä läntisellä Suomenlahdella ja lisäksi Itäisellä Suomenlahdella. Potentiaaliset hiekkasärkkäalueet vastaavat usein vedenalaisia harjujen jatkeita.

Saaristomeri ja Suomenlahti ovat geologisesti Itämeren monimuotoisimpia alueita (Kaskela et al. 2012, Kaskela & Kotilainen 2017). Alueille tyypillinen kiteinen kallioperä ja siihen miljoonien vuosien aikana vaikuttaneet tektoniset prosessit ovat yhdessä nykyisten ja jääkauden kerrostumis- ja eroosioprosessien kanssa jättäneet jälkeensä pirstaleisen merenpohjan maiseman.

Saaristomeri on tunnettu erityisesti kallioisesta saaristostaan. Kaikki alueen kalliokohoumat eivät kuitenkaan nouse vesirajan yläpuolelle vaan ovat vedenalaisia kohoumia. Näin on erityisesti ulkomerellä. Kestävä (usein graniittinen) kallioaines on jäänyt koholle, kun sitä ympäröivä heikompi aines on kulunut pois jääkausien aikana. Lisäksi nykyiset eroosioprosessit ovat estäneet aineksen kerrostumisen kalliokohoumien päälle. Saaristomerelle onkin tässä ja aiemmassa tarkastelussa (Rinne et al. 2014) mallinnettu paljon riuttoja. Alueella on vedenalaisten kalliokohoumien ohella mm. moreenimuodostumia, reunamuodostumia eli ns. Salpausselkä-muodostumia, harjuja, jääkauden jälkeisiä savikerrostumia ja nykyisin kerrostuvaa sedimenttiä (Kaskela et al. 2012 ja siinä olevat viittaukset). Vedenalaiset harjut ja Salpausselät on tässä tarkastelussa määritetty potentiaalisiksi hiekkasärkkäalueiksi.

Saaristo ja runsaat vedenalaiset kalliokohoumat ovat tyypillisiä myös Suomenlahdella, mikä näkyy potentiaalisten riuttojen suurena määränä. Moreeni on tässä tarkastelussa määritetty riuttamaiseksi maalajiksi, ja näin ollen myös alueen moreenimuodostumat ovat potentiaalisia riuttoja. Tässä tarkastelussa Suomenlahti jaettiin neljään osa-alueeseen tausta-aineiston perusteella. Osa-alueiden välillä havaittiin joitakin eroja: mm. kallion määrä väheni ja moreenin määrä nousi itäänpäin mentäessä. Hankoniemellä pehmeitä pohjia oli muita osa-alueita enemmän. Itäinen Suomenlahti sijaitsee rapakivialueella, jossa on havaittu olevan isoja lohkareita, myös vedenpohjassa. Suomenlahdella on havaittu myös jonkin verran vedenalaisia harjuja, jotka on tässä määritetty potentiaalisiksi hiekkasärkkäalueiksi. Tosin Suomenlahden harjualueilla (kuten myös Saaristomerellä ja Selkämerellä Porin edustan merialueella), harjun pinnalla oleva hiekka on usein matalilla alueilla kulunut pois ja levittäytynyt kohouman ympärille, jolloin laelle on jäänyt hiekan alla oleva kovempi aines.

Selkämeri sijaitsee pääosin sedimenttikivialueella, eikä siellä ole Suomen eteläisille merialueille tyypillistä saaristoa suojaamassa. Merigeologista peruskartoitusaineistoa oli alueelta saatavilla hyvin vähän, ja tulokset ovat näin ollen vain suuntaa antavia. Matalien alueiden pohja on aineiston perusteella pitkälti moreenin peittämä. Hiekkaa ja soraa on aineiston perusteella paikallisesti lähinnä Porin harjun vedenalaisen jatkeen alueella.

Merenkurkku on matala kiteisen kallioperän alueella sijaitseva merialue. Alueelle ovat tyypillisiä erilaiset moreenimuodostumat ja erityisesti yhdensuuntaiset De Geer -moreenikentät. Pitkittäiset De Geer -moreenit ovat kerrostuneet jäätikön reunalle sen perääntyessä. Alueella on paljon potentiaalisia riuttoja, mikä johtuu moreenimuodostumien yleisyydestä. Hiekkapohjia alueella ei juurikaan ole. Merenkurkku on myös maankohoamisaluetta, minkä vaikutuksesta uusia merenpohjan alueita nousee jatkuvasti eroosiovyöhykkeeseen ja lopulta maalle.

Perämeri sijaitsee suurelta osin sedimenttikivialueella, jonka kuluminen on tuottanut hiekkaa alueelle (Tulkki 1977). Lisäksi maan kohoaminen on alueella Itämeren nopeinta, ja se on osaltaan vaikuttanut maa-aineksen eroosioon ja uudelleen kerrostumiseen. Maan kohoamisen vaikutus näkyy Tulkin (1977) mukaan esimerkiksi harjumuodostumien tasoittumisena rantavoimien vaikutuksesta. Näissä tapauksissa hiekkaa ja soraa on levinnyt laajalle alueelle alkuperäisen harjumuodostuman lähelle. Yleisesti Perämerellä veden sekoittuminen on voimakasta ja sedimentaatio on vähäistä, mikä näkyy nykyisin kerrostuvan saven vähäisessä määrässä. Tulkin (1977) mukaan hiekka- ja moreenipohjia on erityisesti sellaisilla alueilla, joissa veden sekoittuminen on voimakkainta, ja silloin, jos läheisillä maa-alueilla tavataan vastaavia.

Perämereltä oli kuitenkin saatavilla hyvin vähän tarkkaa merigeologista peruskartoitusaineistoa, ja tässä esitellyt tulokset luontotyyppien esiintymisestä ovat vain suuntaa antavia. Tarkastelun

perusteella hiekka- ja sorapohjat ovat yleisempiä Perämerellä kuin muilla Suomen merialueilla. Alueella on niin laajoja hiekkakenttiä kuin harjumuodostumiakin. Alueella on myös jonkin verran moreenipeitteisiä pohjia mutta ei juuri lainkaan vedenalaisia kalliopaljastumia.

Tausta-aineistot

Tulosten laatuun ja tarkkuuteen vaikuttavat pitkälti analyyseihin käytetyt tausta-aineistot. Näistä keskeisimmät olivat VELMUn puitteissa tuotettu syvyysmalli, sekä 1:20 000 -merigeologinen aineisto. Lisäksi apuna käytettiin mallinnuksen kautta tehtyjä tulkintoja kovien ja pehmeiden pohjien jakautumisesta sekä joillain merialueilla myös erikseen määriteltyjä alueita, joissa hiekan esiintymisen todennäköisyys on suurempi (Saaristomeri, Itäinen Suomenlahti, Perämeri).

Tarkkaan syvyysaineistoon asetettujen, aluevalvontalakiin liittyvien rajoitusten vuoksi käytetty syvyysmalli perustuu julkisiin tietoihin, mm. merikortin syvyyspisteisiin ja syvyyskäyriin. Ulkomerialueilla syvyysmallissa on käytetty koko Itämeren kattavaa syvyysmallia (Seifert et al. 2001), joka on melko epätarkka. Näin ollen syvyysmallin tarkkuus vähenee huomattavasti rannikkovesistä ja saaristoalueilta ulkomerelle siirryttäessä. Tämä vaikuttaa selvästi myös luontotyyppimallien tarkkuuteen: kohoumia ei voida tunnistaa yleispiirteisen syvyysaineiston avulla. Esimerkiksi Saaristomeren tutkimusalueella ulkomerellä, jossa syvyysmalli on karkeampi, analyysin avulla löydettiin erittäin vähän pohjan muotoja 1 km:n analyysisäteellä. 5 km:n analyysisäteellä löytyi joitakin kohoumia mutta silloinkin vähän. Ulkomeren syvyysmallin epätarkkuuden vuoksi ulkomerellä esiintyviä riuttoja ja hiekkasärkkiä ei voida tämän analyysin avulla luotettavasti tunnistaa.

Toinen luontotyyppimallinnuksen tarkkuuteen vaikuttava oleellinen tekijä oli 1:20 000 merigeologisen aineiston kattavuus. Geologisen aineiston kattavuus oli 5–52 % eri merialueilla. Tällä perusteella Suomenlahdella (geologisen aineiston kattavuus 52 %) tehtyjä analyysejä voidaan pitää luotettavampina Selkämerellä ja Perämerellä tehtyihin analyyseihin verrattuna (geologisen aineiston kattavuus noin 5 %). Erikokoisten ja eri syvyysvyöhykkeillä sijaitsevien kohoumien tarkastelu tehtiin ainoastaan tarkan merigeologisen aineiston kattamalla alueella, jonka jälkeen saatu tieto yleistettiin koko tutkitulle alueelle. Tämä tuo mallinnettuihin luontotyyppikarttoihin huomattavan virhelähteen, etenkin sellaisilla alueilla, joilla geologsen aineistojen kattavuus oli pieni. Kattavuusongelmaa pyrittiin kuitenkin vähentämään etenkin siten, että tutkittavaa merialuetta jaettiin pienempiin osiin käyttäen mallinnuksen avulla tuotettua jakoa pehmeisiin ja koviin pohjiin (Kaskela 2015) tai manuaalisesti rajattuja tai karkeamman mutta kattavamman geologisen aineiston avulla rajattuja hiekka-alueita (Saaristomeri, Itäinen Suomenlahti, Perämeri). Tämän lisäksi Suomenlahdella käytettiin jakoa suojaisiin ja avoimiin pohjiin. Etenkin Perämerellä ja Selkämerellä, jossa geologinen aineisto kattoi vain pienen osan merialueesta, näitä karkeampia pohjanlaatuaineistoja käyttämällä pystyttiin ainakin jossain määrin lisäämään analyysin luotettavuutta.

Merigeologisen aineiston suhteen on myös huomioitava, että se on tuotettu yleensä ensisijaisesti geologisia päämääriä varten. Aineisto ei välttämättä sovellu parhaalla mahdollisella tavalla muihin tarkoituksiin. Esimerkiksi merigeologisen aineiston syvyysresoluutio on 0,5–1,0 m, kun habitaattitutkimuksessa ollaan kiinnostuneita maalajikerroksen ylimmistä senttimetreistä. Lisäksi GTK:n 1:20 000-aineiston tuottamiseen käytetyn luotausaineiston peittävyys on noin 60 %, sillä viistokaikuluotausten väliin jää yleensä noin 200 m:n aukko.

Mallinnettuja kohoumia tarkasteltaessa huomattiin, että lukumääräisesti suuri osa mallinnetuista kohoumista oli pieniä. Esimerkiksi Saaristomerellä alle 4 pikselin kokoiset alueet (< 1 600 m^2) käsittivät noin 1 %:n kohoumien kokonaisalasta mutta lukumääräisesti 43 % kaikista kohoumista. Nämä pienet kohoumat poistettiin analyysistä, koska oli oletettavaa, että käytetyn geologisen aineiston tarkkuus ei riittänyt pienimpien kohoumien maalajien tarkasteluun. Näin ollen pienimmät kohteet eivät ole mukana tuloksissa. Tämä lienee osaltaan vaikuttanut tässä tarkastelussa määriteltyjen kohteiden kokoon ja varsinkin hiekkasärkkäympäristöjen laajuuteen. Pienimmät hiekkakohoumat eivät ole erottuneet luotettavasti käytettävästä aineistosta. Toisaalta Perämerellä, huolimatta suuresta analyysisäteestä, erittäin laajat hiekka-kohoumat jäivät tunnistamatta.

Saaristomeren ja Suomenlahden alueella rajattiin manuaalisesti sellaisia ympäristöjä, joissa voisi mahdollisesti esiintyä hiekkaisia kohoumia. On huomioitava, että GTK on pyrkinyt kartoittamaan suurimman osan vedenalaisista merihiekka- ja soravaroista kartoitusohjelmansa puitteissa. Uusien

hiekka- ja soramuodostumien löytyminen on epätodennäistä, ja mikäli uusi muodostumia löytyy, ne lienevät pinta-alaltaan melko pieniä.

Analyysimenetelmä

Käytetty analyysityökalu, Benthic Terrain Modeler (BTM) on hyödyllinen työkalu pinnanmuotojen tunnistamiseen silloin, kun käytettävissä on riittävän tarkka syvyys- tai korkeusmalli. Keskeisintä BTM:n käytössä on löytää oikea analyysisäde kyseistä tehtävää varten. Tässä työssä oikeaa analyysisädettä etsittiin sekä maastokartoituksissa kerätyn pohjanlaatutiedon ja BTM:n tuottaman BPI-arvon korrelaatioiden avulla että vertailemalla visuaalisesti eri analyysisäteellä saatuja kohoumia tarkkaan geologiseen aineistoon.

Merialuekohtaisilla kriteereillä ja analyysisäteillä oli tarkoitus ottaa huomioon kunkin merialueen erityispiirteet ja mahdolliset erot alueelle tyypillisten kohoumien koossa. Pohjanlaadun ja BPI-arvon korrelaatiot vaihtelivat kuitenkin suhteellisen vähän eri analyysisäteillä (jotka vaihtelivat pääsääntöisesti 300 m:n ja 5 km:n välillä), eikä niissä havaittu suuria eroja eri merialueiden välillä. Suurimmat eroavaisuudet muista merialueista havaittiin Merenkurkussa, jossa alueen yleinen loivapiirteisyys loi haasteen analyysille, eikä analyysi välttämättä havainnut kaikkia todellisia kohoumia. Lisäksi Perämerellä hiekkaa esiintyi muista merialueista poiketen kohoumissa, kun taas muilla merialueilla hiekkaa oli enemmän tasaisilla alueilla ja painaumissa.

Yhtenä BTM:n heikkouksista voidaan pitää sitä, että tietyn analyysisäteen käyttäminen ko. tutkimusalueella aiheuttaa tunnistettujen kohoumien samankaltaisuuden kooltaan. Tämä ei kuitenkaan välttämättä kuvaa totuutta, vaan useimmiten kohoumat ovat kooltaan hyvinkin vaihtelevia, toiset laajempia ja loivempia ja toiset pienempiä ja jyrkempiä. Tätä puutetta koitettiin tässä työssä paikata tunnistamalla sekä potentiaalisia riuttoja (pieni analyysisäde) että laajempia alueita, potentiaalisia riutta-alueita, jotka nousevat pohjasta laajempaa aluetta tarkasteltaessa. Potentiaalisten hiekkasärkkäalueiden määrittämiseen käytettiin kaikilla merialueilla 5 km:n sädettä, tosin Perämerellä, jossa hiekka- ja sora-alueet olivat muita alueita yleisempiä, tunnistettiin analyysin perusteella myös pienempiä hiekkakohoumia, potentiaalisia hiekkasärkkiä.

Pienet erot pohjanlaadun ja BPI-arvojen korrelaatioissa alueiden välillä olisivat pitkälti mahdollistaneet yhtenäisten kriteerien käytön koko merialueelle. Riuttojen tunnistamiseksi käytettiin useimmiten 300 m:n analyysisädettä ja hiekkasärkkäalueiden tunnistamiseksi 5 km:n sädettä. Kriteerien erilaisuuteen vaikutti myös se, että joitakin merialueita jaettiin tausta-aineiston perusteella pienempiin osa-alueisiin alueellisten piirteiden huomioimiseksi ja mallien parantamiseksi. Esimerkiksi Suomenlahti jaettiin osa-alueisiin geologisten piirteiden ja pohjan avoimuuden perusteella. Suomenlahden osa-alueilla maalajien ja luontotyyppien esiintymisessä havaittiin eroja, joten jako oli siltä osin perusteltu. Toisaalta alueen pirstaloituminen pienempiin osiin vaikeutti jonkin verran aineiston tulkintaa ja hallintaa. Erityisesti Suomenlahdelta merigeologista aineistoa oli verrattain paljon, ja on mahdollista, että erot olisivat tulleet esiin, jos analyysit olisi tehty kerralla koko alueelle hyödyntäen tausta-aineistoja (esim. geologisia prosesseja ja pohjaolosuhteita kuvaavia aineistoja).

Kohoumien päämaalajin tarkastelu toteutettiin asettamalla kohoumien ja geologiset paikkatietoaineistot paikkatieto-ohjelmistossa päällekkäin (ns. overlay-analyysi). Myös overlay-analyysin käytön vuoksi käytettyjen aineiston virheet tai erilaiset tulkinnat näkyvät myös lopputuloksessa. Virheiden mahdollisuus korostuu etenkin aineistojen rajakohtien tuntumassa.

Luontotyyppien kriteerit mallinnuksessa

Huolimatta olemassa olevista yleispiirteisistä luontotyyppien kuvauksista (Euroopan komissio 2013) sekä niitä tarkentavista, lähinnä kentällä tapahtuvan kartoituksen avuksi tehdyistä dokumenteista (Metsähallitus 2014) on osa luontotyyppien määrityskriteereistä vielä niin avoimia, että niitä on vaikea käyttää apuna paikkatietoanalyyseihin perustuvassa mallinnuksessa. Näin ollen määritykset on tässä työssä tehty pitkälti sekä olemassa olevan aineiston että tutkijalähtöisen arvion perusteella, toki nojautuen yleispiirteisiin luontotyyppien kuvauksiin. On kuitenkin huomioitava, että joillain toisilla numeerisilla kriteereillä tulos voisi olla erilainen. Pohjanmuotojen määrityksessä käytetyt analyysisäteet vaikuttavat lopputulokseen, ja tässä käytetyt analyysisäteet eivät mahdollista kaikkien kohoumien määritystä. Mukana voi olla

joitain mahdollisesti virheellisiä luontotyyppejä, esim. syvien uomien ylärinteet ovat paikoin luokittuneet potentiaalisiksi riutoiksi (erityisesti Saaristomerellä). Lisäksi luontotyypit menevät paikoittain päällekkäin.

Erityisen ongelmallisina on eri tahojen kanssa käytyjen keskustelujen perusteella koettu mm. seuraavat asiat, etenkin hiekkasärkkien määritelmässä, mutta suurin osa ongelmista liittyy myös riuttoihin:

- Onko luontotyypeille olemassa mitään ohjeellisia kokomääritelmiä, esim. suurin tai pienin koko? Voidaanko esim. useiden kilometrien matkalla loivasti pintaa kohti nouseva hiekkapohja tulkita hiekkasärkäksi? Tämä kysymys on keskeinen etenkin Perämerellä.
- Kuinka paljon kohteen tarvitsee nousta pohjasta (suhteessa sen pinta-alaan)? Vai onko hiekkasärkälle riittävä kriteeri se, että kyseessä on hiekkapohja?
- Onko hiekkarannan vedenalainen suora jatkumo hiekkasärkkää, etenkin jos sillä esiintyy hiekkasärkkien määrityskriteereissä mainittua kasvillisuutta (esim. meriajokasniitty)? Entä ovatko mantereiset kalliorannat riuttoja?
- Onko luontotyypeille olemassa syvyysrajausta?
- Riittääkö luontotyypin määrittämiseen pelkkä pohjasta nouseva kohde, vai vaatiiko luontotyyppi myös tietyn lajiston?

Näiden kriteerien selventäminen olisi avuksi myös mallinnustyössä, jolloin paikkatietotyökalujen (ja mahd. kasvillisuusaineistojen) avulla voitaisiin tehdä luontotyypeille tarkempia analyysejä ja rajauksia.

Aineistojen luotettavuus

Aineistojen validointi kentällä

Potentiaalisia luontotyyppejä ei ole mallinnuksen yhteydessä pääsääntöisesti validoitu kenttätöin, lukuunottamatta Saaristomeren FINMARINET-hankkeen puitteissa mallinnettua aineistoa (Rinne et al. 2014), jota käytettiin pohjana tässä mallinnustyössä. Aineistoja on kuitenkin kerätty validointia varten. GTK on tehnyt joitakin täyspeittoluotauksia riutta-alueilla Saaristomerellä.Yleisesti ottaen näiden (8 kpl) potentiaalisten riuttaympäristöjen sisällä sijaitsi kallio- ja louhikkokohoumia eli riuttoja, mutta alueiden laajuus saattoi hieman poiketa oletetusta. Metsähallitus on validoinut potentiaalisia hiekkasärkkäalueita ja riuttoja ainakin vuonna 2015 ja etenkin hiekkasärkkiä vuonna 2017. Validointiaineistojen tarkempaan analyysiin ei kuitenkaan ollut tämän raportin kirjoittamisen yhteydessä resursseja.

Jatkossa riutta- ja hiekkasärkkämalleja pitäisi validoida ja edelleen päivittää validointitulosten mukaisesti. Alueelliset ominaispiirteet olisi hyvä ottaa jatkossa vielä paremmin huomioon, esim. Perämeren hiekka-alueiden osalta. Olisi suositeltavaa, että mallien validointi ja päivitys tehtäisiin ennen seuraavaa luontodirektiiviraportointia v. 2019. Riuttojen ja hiekkasärkkien määritystä voisi yrittää parantaa myös ottamalla käyttöön uusia menetelmiä ja aineistoja, kuten ilmakuvia.

Aineistojen luotettavuus EMODnet-kriteerein

Potentiaalisten luontotyyppien luotettavuutta on arvioitu EMODnet Seabed Habitat -projektin mallin mukaan (muokattu MESH projektista 2008, Populus et al. 2017). Luotettavuus on määritelty osin subjektiiviseksi näkemykseksi mallin onnistumisesta (MESH projekti 2008) ja analyysissä on arvioitu mallin tuottamiseen käytettyjä kartoitusmenetelmiä, näytteenottoa ja aineiston tulkintaa kysymysten avulla. Luotettavuusarviointi ei sisällä tuotetun mallin validointia eli näytehavainnoin tehtyä tarkastelua siitä, miten mallinnetut luontotyypit vastaavat todellisuutta. Luotettavuusanalyysin maksimipistemäärä oli 100. Arvion perusteella potentiaalisten hiekkasärkkien luotettavuudet vaihtelivat välillä 37 ja 45 ja potentiaalisten riuttojen välillä 43 ja 55. Luotettavuusanalyysi on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Aineiston käytettävyys

Tässä raportissa esitetyt aineistot mereisistä Natura-luontotyypeistä antavat yleiskuvan kyseessä olevien luontotyyppien potentiaalisesta esiintymisestä Suomen merialueella. Aineisto on tuotettu ekosysteemilähtöistä alueiden hallintaa (Ecosystem Based Management) varten. Mallinnuksen tavoitteena oli tuottaa parhaaseen saatavilla olevaan tietoon perustuen kattavat kartat riuttojen ja vedenalaisten hiekkasärkkien esiintymisalueista koko Suomen merialueella.

Kuten edellä on esitetty, luontotyypit on määritetty olemassa olevista malleista ja aineistosta, joiden tarkkuus ja kattavuus vaihtelevat sekä merialueittain että sisämereltä ulkomerelle, mikä vaikuttaa tulosten oikeellisuuteen. Esimerkiksi tarkkaa geologista aineistoa oli saatavilla vain rajatuilta alueilta, ja kohoumien päämaalaji on määritelty

vain tämän olemassa olevan aineiston perusteella. Tulokset on sen jälkeen yleistetty koskemaan koko ko. merialuetta. Luontotyyppien määrityskriteerit (esim. laajuus, kaltevuus, korkeusero, mataluus) eivät ole määrityshetkellä vielä tarkoin säädellyt, ja määritys on tehty sekä olemassa olevan aineiston että tutkijalähtöisen arvion perusteella. Joillain toisilla numeerisilla kriteereillä tulos voisi olla erilainen.

Käytettyjen tausta-aineistojen epätarkkuuden (syvyysmalli) ja puutteellisen alueellisen kattavuuden (geologinen peruskartoitusaineisto) vuoksi luontotyyppikartat ovat vain suuntaa-antavia. Aineistot soveltuvat hyvin esim. tarkempien kartoitusten pohjaksi ja niiden suunnitteluun. Aineistoa ei tule käyttää päätöksenteossa tai paikallisen tason tarkasteluissa ilman alueellista validointia. Aineiston tuottajat (Åbo Akademi, GTK ja VELMU) eivät anna takuita aineiston laadusta, tarkkuudesta ja täydellisyydestä tai sen soveltuvuudesta tiettyyn käyttöön.

Puolustusvoimien suoja-alueiden alle osuva aineisto on poistettu.

Mallinnuksen tuloksena syntyneitä luontotyyppiaineistoja voi tarkastella sekä VELMUn karttapalvelussa (https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmu/) että GTK:n Hakku-palvelussa (https://hakku.gtk.fi/).

LÄHDE- JA KIRJALLISUUSLUETTELO

Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas. Ympäristöopas 46. Suomen ympäristökeskus. 2. painos.

Bekkby, T., Isachsen, P. E., Isæus, M. & Bakkestuen, V. 2008. GIS modeling of wave-exposure at seabed. A depth attenuated exposure model. Marine Geodesy 31(2), 117–127.

Diesing, M., Coggan, R. & Vanstaen, K. 2009. Widespread rocky reef occurrence in the central English Channel and the implications for predictive habitat mapping. Estuarine, Coastal and Shelf Science 83, 647–658.

Fyhr, F., Enhus, C. & Näslund, M. 2013. GIS-utsökning av Natura 2000 -naturtyper – 1610 rullstensåsöar i Östersjön, 1620 skär i Östersjön, samt potentiella 1110 sandbankar och 1170 rev, Västernorrland, Stockholm, Södermanland, Östergötland, Blekinge, Skåne, Gullmarsfjorden och Skagerrak. AquaBiota Report 2013:03. 45 s.

Elwood, H. 2010. MESH Confidence Assessment.

Euroopan komissio 2013. Interpretation Manual of European Union Habitats. EUR 28. Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/Int_Manual_EU28.pdf

Kaskela, A. 2015. VELMU-mallinnus. Kovat ja pehmeät pohjat Suomen merialueille. Julkaisematon projektiraportti. 8 s.

Kaskela, A. M. & Kotilainen, A. T. 2017. Seabed geodiversity in a glaciated shelf area, the Baltic Sea. Geomorphology 295, 419–435.

Kaskela, A., Kotilainen, A. T., Al-Hamdani, Z., Leth, J. O. & Reker, J. 2012. Seabed geomorphic features in a glaciated shelf of the Baltic Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Sceince 100, 150–161.

Lundblad, E., Wright, D. J., Miller, J., Larkin, E. M., Rinehart, R., Battista, T., Anderson, S. M., Naar, D. F. & Donahue, B. T. 2006. A benthic terrain classification scheme for American Samoa. Marine Geodesy 29(2), 89–111.

MESH projekti 2008. "MESH Confidence Assessment". Saatavissa: http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/default.aspx?page=1635

Metsähallitus 2014. Natura 2000 -luontotyyppien inventointiohje, versio 5.1.

Populus, J., Vasquez, M., Albrecht, J., Manca, E., Agnesi, S., Al Hamdani, Z., Andersen, J., Annunziatellis, A., Bekkby, T., Bruschi, A., Doncheva, V., Drakopoulou, V., Duncan, G., Inghilesi, R., Kyriakidou, C., Lalli, F., Lillis, H., Mo, G., Muresan, M., Salomidi, M., Sakellariou, D., Simboura, M., Teaca, A., Tezcan, D., Todorova, V. & Tunesi, L. 2017. EUSeaMap, a European broad-scale seabed habitat map. 174 s.

Rinne, H., Kaskela, A., Downie, A.-L., Tolvanen, H., von Numers, M. & Mattila. J. 2014. Predicting the occurrence of reefs in a heterogenous archipelago area with limited data. Estuarien, Coastal and Shelf Science 138, 90–100.

Ronkainen, M. & Downie, A.-L. 2013. FIMARINET final report on modeling & map production A4 nd A5. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/VELMU/VELMUtutkimus/FINMARINET/Tavoitteet_ja_tulokset

Seifert, T., Tauber, F. & Kayser, B. 2001. A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea – 2nd edition, Baltic Sea Science Congress, Stockholm 25-29. November 2001, Poster #147, www.io-warnemuende.de/iowtopo. Saatavissa: https://www.io-warnemuende.de/topography-of-the-baltic-sea.html

Tolvanen, H. 2010. FINMARINET modelling of environmental parametres. Osa raporttia Ronkainen & Downie 2013. FIMARINET final report on modeling & map production A4 nd A5. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/VELMU/VELMUtutkimus/FINMARINET/Tavoitteet_ja_tulokset

Torn, K., Herkül, K., Martin, G. & Oganjan, K. **2017.** Assessment of quality of three marine benthic habitat types in northern Baltic Sea. Ecological indicators 73, 772–783.

Tulkki, P. 1977. The bottom of the Bothnian Bay, geomorphology and sediments. Merentutkimuslaitoksen Julkaisu 241, 1–89.

Virtanen, E., Norkko, A. & Viitasalo, M. Novel method to predict hypoxia in topographically complex coastal areas. (käsikirjoitus)

Winterhalter, B., Flodén, T., Ignatius, H., Axberg, S. & Niemistö, L. 1981. Geology of the Baltic Sea. Julkaisussa: Voipio, A. (toim.) The Baltic Sea, Elsevier Oceanography Seiers, vol. 30. Amsterdam. 418 s.

Wright, D. J., Lundblad, E. R., Larkin, E. M., Rinehart, R. W., Murphy, J., Cary-Kothera, L. & Draganov, K. 2005. ArcGIS Bathic Terrain Modeler. Corvallis, Oregon: Oregon State University, Davey Jones Locker Seafloor Mapping/Marine GIS Laboratory and NOAA Coastal Services Center. Saatavissa: https://coast.noaa.gov/digitalcoast/tools/btm.html

Liite 1. Luontotyyppien potentiaalinen riutta ja potentiaalinen hiekkasärkkä luotettavuusarviointi EMODnet Seabed Habitat -projektin mallin mukaan.

Potentiaalisten riutta ja hiekkasärkkä -luontotyyppien luotettavuutta on arvioitu EMODnet Seabed Habitat projektin mallin mukaan (muokattu MESH-projektista 2008, Populus et al. 2017). Luotettavuus on määritelty osin subjektiiviseksi näkemykseksi mallin onnistumisesta (MESH-projekti 2008). Analyysissä on arvioitu mallin tuottamiseen käytettyjä kartoitusmenetelmiä, näytteenottoa ja aineiston tulkintaa kysymysten avulla. Luotettavuusarviointi ei sisällä tuotetun mallin validointia eli näytehavainnoin tehtyä tarkastelua siitä, miten mallinnetut luontotyypit vastaavat todellisuutta. Potentiaalisia luontotyyppejä ei ole mallinnuksen yhteydessä validoitu kenttätöin, paitsi Saaristomeren artikkelissa julkaistussa aineistossa (Rinne et al. 2014).

Määritetyt luontotyypit perustuvat geologisen ja syvyysaineiston perusteella tehtyyn tilastolliseen tarkasteluun/mallinnukseen, joka on tehty merialueittain. Biologista aineistoa tai avainlajeja ei ole toistaiseksi huomioitu paitsi Saaristomeren julkaistussa tarkastelussa (Rinne et al. 2014). Luotettavuusarvioinnissa on huomioitu seuraavat pääaineistot ja asiat:

– VELMU-syvyysmalli yhtenä kokonaisuutena
– merigeologinen 1:20 000-aineisto. Merigeologinen aineisto on tuotettu pitkän ajan kuluessa ja kartoitusmenetelmät ovat kehittyneet vuosien saatossa. Tämän takia merigeologista peruskartoitusaineistoa on tarkasteltu seuraavina kokonaisuuksina:
  • Saaristomeri, ”julkaistu” kartta-aineisto
  • Kotka, ”julkaistu” kartta-aineisto
  • Helsinki, ”julkaistu” kartta-aineisto
  • SAMAGOL-hanke itäisellä Suomenlahdella
  • muu merigeologinen peruskartoitusaineisto
– määritysmetodi, joka on esitelty tässä raportissa
– biologista aineistoa ei ole pääosin huomioitu, vaan näytteenotossa on huomioitu geologisen näytteet ja syvyyshavainnot. Saaristomeren alueella biologinen validointi on huomioitu Rinne et al. (2014) julkaisun mukaisesti.

Luotettavuusarvioinnin kysymykset arviointikriteereineen ja arvioineen esitetään taulukoissa 1.A–C. Luotettavuusanalyysin maksimipistemäärä oli 100. Arvion perusteella potentiaalisten riuttojen luotettavuudet olivat 43–55 (kuva 1) ja potentiaalisten hiekkasärkkien 37–45 (kuva 2).

Taulukko 1.A. Luotettavuusanalyysin kaukokartoitus (Remote Techniques) otsikon alla olevat kysymykset. Kysymykset on esitetty alkuperäiskielellä englanniksi. Arvioinnin tulos on esitetty suomeksi. Kaukokartoitukseen liittyvissä kysymyksissä huomioitiin mallinnusmetodi, merigeologinen aineisto sekä syvyysmalli. Aineistot on arvioitu huonoimman luotettavuuden mukaan, jolloin kaikki alueet saivat samat arvot.

Confidence field	***Confidence group***	***Confidence question***	***Scoring guidelines***	**Arvio**
Remote-Technique	How good is the remote sensing?	Were the techniques used appropriate for the ground type?	An assessment of whether the remote technique(s) used to produce this map were appropriate to the environment they were used to survey. If necessary, adjust your assessment to account for technique(s) which, although appropriate, were used in deep water and consequently have a significantly reduced resolution (i.e size of footprint): 3 = technique(s) highly appropriate 2 = technique(s) moderately appropriate 1 = technique(s) inappropriate	*Tässä on huomioitu vain mallinnusmenetelmä.* ***Riutat: Arvioi luotettavuudeksi 2*** *sillä perusteella, että varsinainen mallinnusmenetelmä on julkaistu tieteellisessä artikkelissa (Rinne et al. 2014). Lisäksi tarkastelu on tehty merialueittain, jolloin alueellisia piirteitä on pyritty huomioimaan.* ***Särkät: Luotettavuusarvio 2*** *sillä perusteella, että mallinnusmenetelmä julkaistaan tässä raportissa. Lisäksi tarkastelu on tehty merialueittain, jolloin alueellisia piirteitä on pyritty huomioimaan.* *(Tämä voisi olla myös 1, sillä tekniikan toimivuudesta ei ole toistaiseksi tietoa, koska vars. validointeja ei ole hiekkasärkistä tehty. Metsähallitus on vuonna 2017 inventoinut hiekkasärkkiä, mutta tuloksia ei ole vielä saatu eikä huomioitu tässä.)*
Remote-Coverage	How good is the remote sensing?	Was the ground covered appropriately?	An assessment of the coverage of the remote sensing data including consideration of heterogeneity of the seabed: (See Coverage x Heterogeneity matrix to the right) **Coverage scores – use these to determine coverage then combine with heterogeneity assessment to derive final scores** 3 = good coverage; 100% (or greater) coverage or AGDS track spacing <50m 2 = moderate coverage; swath approx 50% coverage or AGDS track spacing <100m 1 = poor coverage; large gaps between swaths or AGDS track spacing >100m **Final scores** 3 = good coverage OR moderate coverage + low heterogeneity 2 = moderate coverage + moderate heterogeneity OR poor coverage + low heterogeneity 1 = moderate coverage + high heterogeneity OR poor coverage + moderate or high heterogeneity	*Arvio on tehty huonoimman aineiston ja alueen monimuotoisuuden perusteella.* *Tässä on huomioitu syvyysmalli ja merigeologinen aineisto.* *Merigeologisen aineiston laatu vaihtelee käytetyn tekniikan mukaan, mutta yleisesti ottaen se on luokassa 2.* *Hiekka-alueiden mallinnuksessa on kuitenkin huomioitava, että GTK:n aineistossa hiekka & sora kuuluvat usein samaan maalajiluokkaan.* *Syvyysmallin laatu on arvioitu luokkaan 1.* *Lisäksi Suomen merialue on yleisesti ottaen hyvin rikkonainen ja monimuotoinen eli luokassa "high heterogeneity".* ***Riutat ja särkät: Yllä mainituilla. perusteilla luotettavuudeksi on arvioitu 1.***

Taulukko 1.A. Jatkuu.

Confidence field	***Confidence group***	***Confidence question***	***Scoring guidelines***	**Arvio**
Remote-Positioning	How good is the remote sensing?	How were the positions determined for the remote data?	An indication of the positioning method used for the remote data: 3 = differential GPS 2 = GPS (not differential) or other non-satellite 'electronic' navigation system 1 = chart based navigation, or dead-reckoning	*Arvio on tehty huonoimman aineiston perusteella. Tässä on huomioitu syvyysmalli ja merigeologinen aineisto.* *Merigeologisen aineiston paikannustarkkuus vaihtelee (2–3). Syvyysmalliin käytetyn pisteaineiston paikannusmetodi ei ole tiedossa. Kyseessä on todennäköisesti osin vanhaa aineistoa.* ***Riutat ja särkät: Aineisto on arvioitu luokkaan 1.***
Remote-StdsApplied	How good is the remote sensing?	Were standards applied to the collection of the remote data?	An assessment of whether standards have been applied to the collection of the remote data. This field gives an indication of whether some data quality control has been carried out: 3 = remote data collected to approved standards 2 = remote data collected to 'internal' standards 1 = no standards applied to the collection of the remote data	*Tässä on huomioitu mallinnusmenetelmä, merigeologinen aineisto ja syvyyspisteet.* *Merigeologinen aineisto on tuotettu GTK:n standardien mukaan. Oletettavasti näin on myös syvyyspisteiden osalta. Merigeologinen aineisto on tuotettu geologisin lähtökohdin. Esim. aineistossa hiekka & sora kuuluvat usein samaan maalajiluokkaan mikä ei palvele täysin esim. hiekkapenkkojen määrittämistä. Lisäksi aineisto suosi laajojen muodostumien määrittämistä.* *Mallinnus on tehty julkaistun menetelmän mukaan (Rinne et al. 2014).* ***Riutat: Luotettavuus 2.*** ***Särkät: Luotettavuus 1.***
Remote-Vintage	How good is the remote sensing?	How recent are the remote sensing data?	An indication of the age of the remote data: 3 = < 5yrs old. 2 = 5 to 10 yrs old. 1 = > 10 years old	*Merigeologisen aineiston ikä vaihtelee alueen mukaan.* *Oletettavasti syvyysmallissa on myös yli 10 v pisteitä.* ***Riutat ja särkät: Luotettavuus 1.***

Taulukko 1.B. Luotettavuusanalyysin näytehavaintoihin (Ground Truthing) liittyvät kysymykset. Kysymykset on esitetty alkuperäiskielellä englanniksi. Arvioinnin tulos on esitetty suomeksi. Kysymyksissä on huomioitu merigeologinen aineisto ja soveltuvin osin biologinen aineisto.

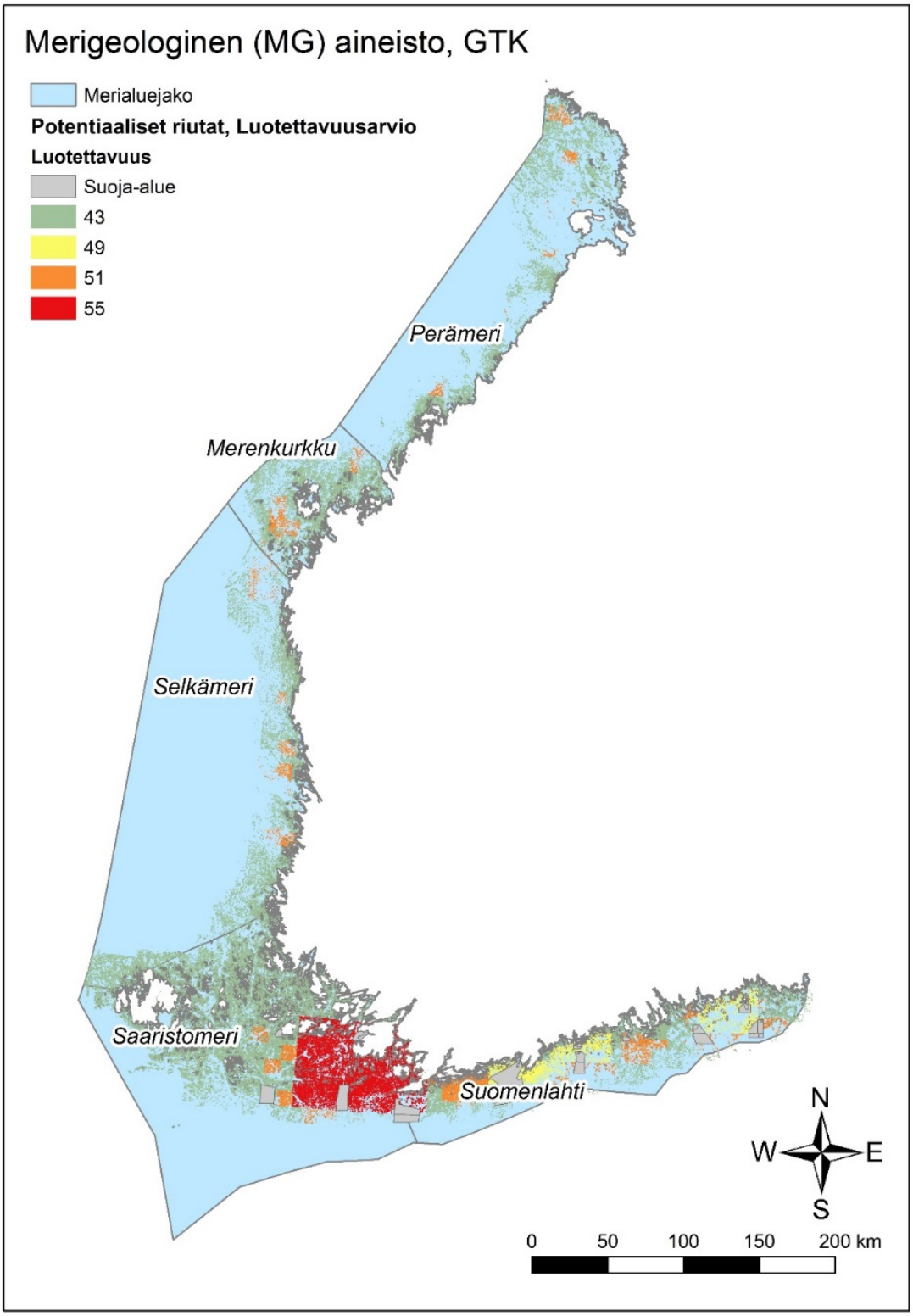
Confidence field	Confidence group	Confidence question	Scoring guidelines	Arvio
BGT-Technique	How good is the ground-truthing?	How appropriate were the sampling techniques to determining the biological nature of the seabed?	An assessment of whether the ground-truthing techniques used to produce this map were appropriate to the environment they were used to survey. Use scores for soft or hard substrata as appropriate to the area surveyed. **Soft substrata predominate (i.e. those having infauna and epifauna)** 3 = infauna AND epifauna sampled AND observed (video/stills, direct human observation) 2= infauna AND epifauna sampled, but NOT observed (video/stills, direct human observation) 1 = infauna OR epifauna sampled, but not both. No observation. **Hard substrata predominate (i.e. those with no infauna)** 3 = sampling included direct human observation (shore survey or diver survey) 2 = sampling included video or stills but NO direct human observation 1 = benthic sampling only (e.g. grabs, trawls)	*Biologista aineistoa ei ole käytetty.* ***Riutat ja särkät: Luotettavuus 1.***
PGTTechnique	How good is the ground-truthing?	How appropriate were the sampling techniques to determining the geophysical nature of the seabed?	An assessment of whether the combination of geophysical sampling techniques was appropriate to the environment they were used to survey. Use scores for soft or hard substrata as appropriate to the area surveyed. **Soft substrata predominate (gravel, sand, mud)** 3 = full geophysical analysis: granulometry and/or geophysical testing (e.g. penetrometry, shear strength) 2 = sediments described following visual inspection of grab or core samples (e.g. slightly shelly, muddy sand) 1 = sediments described on the basis of remote observation (by camera). **Hard substrata predominate (rock outcrops, boulders, cobbles)** 3 = sampling included in-situ, direct human observation (shore survey or diver survey) 2 = sampling included video or photographic observation, but NO in-situ, direct human observation 1 = samples obtained only by rock dredge (or similar)	*GTK:n merigeologisen aineiston kattamalla alueella on tehty vähintään visuaalinen tarkastelu joko pohjanäytteestä (pehmeä pohja) tai videokuvasta/kaiusta (kova pohja).* ***Riutat ja särkät: GTK:n aineiston kattamalla alueella luotettavuus luokassa 2, muualla 1.***

Taulukko 1.B. Jatkuu.

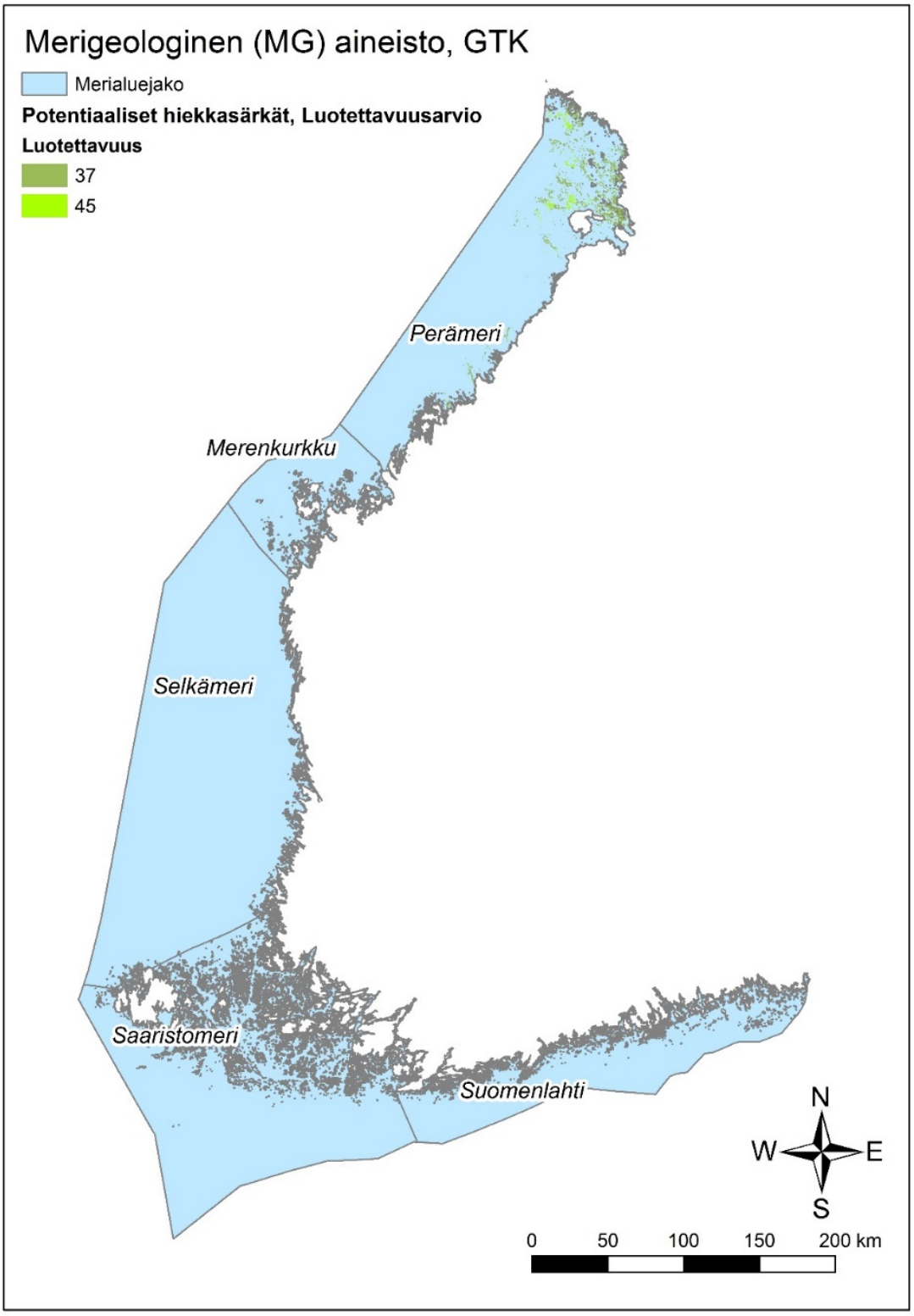
Confidence field	Confidence group	Confidence question	Scoring guidelines	Arvio
GTPositioning	How good is the ground-truthing?	How were the positions determined for the ground-truth data?	An indication of the positioning method used for the ground-truth data: 3 = differential GPS 2 = GPS (not differential) or other non-satellite 'electronic' navigation system 1 = chart based navigation, or dead-reckoning	*Merigeologisen aineiston paikannustarkkuus vaihtelee alueittain (milloin valmistunut), mikä on huomioitu arviossa.* ***Riutat ja särkät: Saaristomeri, Kotka, Helsinki (käytössä GPS paikannus) luokka 2, SAMAGOL + peruskartoitusaineisto (DGPS) luokka 3.*** ***Muut alue (ei MG-dataa) on arvioitu luokkaan 1.***
GTDensity	How good is the ground-truthing?	Was the density of sampling adequate?	An assessment of what proportion of the polygons or classes (groups of polygons with the same 'habitat' attribute) actually contain ground-truth data: 3 = Every class in the map classification was sampled at least 3 times 2 = Every class in the map classification was sampled 1 = Not all classes in the map classification were sampled (some classes have no ground-truth data)	*Yleisesti ottaen merigeologisen aineiston maalajiluokista on otettu näyte. MG-aineiston perusteella on määritetty päämaalaji kohoumatarkastelussa.* ***Riutat ja särkät: Luotettavuudeksi on arvioitu 2 merigeologisen aineiston kattamalle alueella ja muulle alueelle 1.***
GTStds-Applied	How good is the ground-truthing?	Were standards applied to the collection of the ground-truth data?	An assessment of whether standards have been applied to the collection of the ground-truth data. This field gives an indication of whether some data quality control has been carried out: 3 = ground-truth samples collected to approved standards 2 = ground-truth samples collected to 'internal' standards 1 = no standards applied to the collection of ground-truth samples	*Merigeologiset näytteet on kerätty GTK:n standardien mukaan.* ***Riutat ja särkät: Luotettavuudeksi on arvioitu 2 merigeologisen aineiston kattamalle alueella ja muulle alueelle 1.***
GTVintage	How good is the ground-truthing?	How recent are the ground-truth data?	An indication of the age of the ground-truth data: 3 = < 5yrs old 2 = 5 to 10 yrs old 1 = > 10 years old	*Merigeologisen aineiston ikä vaihtelee. Uusimpia aineistoja ei ole erotettu, vaan ne ovat peruskartoituskokonaisuudessa.* ***Riutat ja särkät: Luotettavuustaso 1.***

Taulukko 1.C. Luotettavuusanalyysin tulkintametodiin (Interpretation) liittyvät kysymykset. Kysymykset on esitetty alkuperäiskielellä englanniksi. Arvioinnin tulos on esitetty suomeksi. Kysymyksissä on huomioitu mallinnusmenetelmä, käytetty aineisto ja mahd. biologinen validointi. Luotettavuusarvio on sama kaikilla alueilla, paitsi MG-aineiston kattamalla alueella Saaristomerellä, josta on tehty tieteellinen julkaisu sekä validointi.

Confidence field	Confidence group	Confidence question	Scoring guidelines	
GTInterpretation	How good is the interpretation?	How were the ground-truthing data interpreted?	An indication of the confidence in the interpretation of the ground-truthing data. Score a maximum of 1 if physical ground-truth data but no biological ground-truth data were collected: 3 = Evidence of expert interpretation; full descriptions and taxon list provided for each habitat class 2 = Evidence of expert interpretation, but no detailed description or taxon list supplied for each habitat class 1 = No evidence of expert interpretation; limited descriptions available	***Riutat: Saaristomeren merigeologisen aineiston kattamalla alueella riuttojen luotettavuudeksi on arvioitu 2,*** *koska alueelta julkaistussa artikkelissa (Rinne et al. 2014) on tehty validointia lajien avulla.* ***Muilla alueilla luotettavuus 1,*** *koska lajitarkastelua ei ole tehty.* ***Särkät: Tämä on arvioitu luokkaan 1,*** *koska lajitarkastelua ei ole tehty.*
RemoteInterpretation	How good is the interpretation?	Were the remote data appropriately interpreted?	An indication of the confidence in the interpretation of the remotely sensed data: 3 = Appropriate technique used and documentation provided 2 = Appropriate technique used but no documentation provided 1 = Inappropriate technique used Note that interpretation techniques can range from 'by eye' digitising of side scan by experts to statistical classification techniques.	***Riutat: Luotettavuus 3,*** *sillä riuttojen mallinnusmenetelmä on julkaistu vertaisarvioidussa tieteellisessä lehdessä (Rinne et al. 2014), ja sen on ajateltu olevan "appropriate".* ***Särkät: Luotettavuus 1.5****. Menetelmä julkaistaan raportissa. Menetelmän "sopivuudesta" ei ole vielä virallista tietoa, koska validointia ei ole tehty. Eli documentation provided but no validation*.
DetailLevel	How good is the interpretation?	What level of information is contained?	The level of detail to which the 'habitat' classes in the map have been classified: 3 = Classes defined on the basis of detailed biological analysis 2 = Classes defined on the basis of major characterising species or lifeforms 1 = Classes defined on the basis of physical information, or broad biological zones	*Luontotyypit on määritetty geologisen aineiston ja syvyysmallin avulla, mutta lajihavaintoja ei ole huomioitu.* ***Riutat ja särkät: Luotettavuus 1.***
MapAccuracy	How good is the interpretation?	How accurate is the map at representing reality?	A test of the accuracy of the map: 3 = high accuracy, proven by external accuracy assessment 2 = high accuracy, proven by internal accuracy assessment 1 = low accuracy, proved by either external or internal assessment OR no accuracy assessment made	***Riutat: Saaristomeren MG-alue luotettavuus 2. Muut alueet luokassa 1.*** ***Särkät: Luotettavuus 1.***



Kuva 1. Potentiaalisten riuttojen luotettavuudet vaihtelevat välillä 43 ja 55. Luontotyyppien luotettavuutta on arvioitu mallin tuottamiseen käytettyjen (kartoitus)menetelmien, näytteenoton ja aineiston tulkinnan perusteella EMODnet Seabed Habitat -projektin mallin mukaisesti (muokattu MESH-projektista 2008, Populus et al. 2017).



Kuva 2. Potentiaalisten hiekkasärkkien luotettavuudet vaihtelevat välillä 43 ja 55. Potentiaalisia hiekkasärkkiä määritettiin vain Perämerelle. Luontotyyppien luotettavuutta on arvioitu mallin tuottamiseen käytettyjen (kartoitus)menetelmien, näytteenoton ja aineiston tulkinnan perusteella EMODnet Seabed Habitat -projektin mallin mukaisesti (muokattu MESH-projektista 2008, Populus et al. 2017).

Kaikki GTK:n julkaisut verkossa hakku.gtk.fi