

EMODnet-Geology kokoaa tiedon Euroopan merialueiden geologiasta

AARNO T. KOTILAINEN, ANU M. KASKELA, ULLA ALANEN JA ALAN STEVENSON

”Maapallon pinta-alasta noin 70 prosenttia on merien peitossa. Tietämys merien pohjista on vielä suhteellisen vähäistä, vaikka tietoa on kerätty vuosikymmeniä. Sanotaankin, että Marsin ja kuun pintarakenteet tunnetaan paremmin kuin maailman merten pohjien. Tämä tiedon puute on noussut otsikoihin viime aikoina esimerkiksi Malaysian Airlines lennon MH370 etsintöjen yhteydessä Intian Valtamerellä”.

Meret ja niiden tarjoamat resurssit ovat tärkeitä meille jokaiselle. Meri- ja rannikkoalueiden käyttöpaineet ovat lisääntyneet voimakkaasti ja ihmistoiminnan vaikutukset näkyvät jo lähes kaikilla maailman merialueilla (Jackson *et al.* 2001, Pandolfi *et al.* 2003, Halpern *et al.* 2008, 2012). Merialueiden kestävä käytön ja merten hyvän tilan takaamiseksi tarvitaan tehokkaita toimenpiteitä.

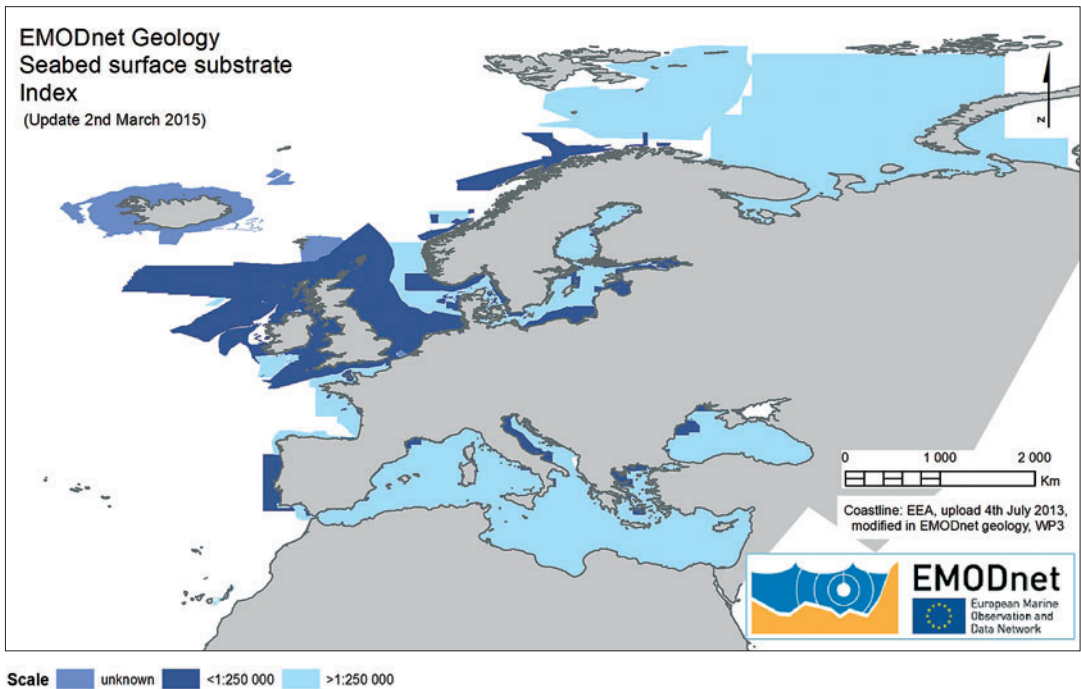
Euroopan Unionin (EU) meristrategiapuitedirektiivi (Euroopan komissio 2008) tähtää hyvän tilan saavuttamiseen EU:n merialueilla vuoteen 2020 mennessä. Merten alue-suunnittelulla on tärkeä rooli Euroopan yhdennetyn meripolitiikan kehittämisessä ja meristrategiadirektiivin tavoitteisiin pääsemi-

sessä. Ekosysteemilähtöisellä merialueiden käytön suunnittelulla, jossa sovitetaan yhteen ihmistoiminta ja luontoarvot, voidaan vastata kestävä kehityksen haasteisiin. Taustatiedoksi tarvitaan kattavaa tietämystä meriympäristöstä: niin ihmistoiminnasta, hydrografiasta, biologiasta kuin merenpohjan geologiastakin. Hajanainen ja hankalasti saatavilla oleva tieto meriympäristöstä on este suunnittelulle, päätöksenteolle, tieteelliselle tutkimukselle ja kestäväälle talouskasvulle.

Tiedon puutteeseen on herätty myös Euroopan komissiossa, joka käynnisti EMODnet (*European Marine Observation Data Network*) -ohjelman vuonna 2009. Ohjelman tarkoituksena on koota ja harmonisoida olemassa oleva ja hajanainen meriä koskeva tieto julkisesti saataville. EMODnet-ohjelman toisessa vaiheessa, joka käynnistyi vuonna 2013, tiedon kokoaminen ja harmonisointi jatkuu entistä tarkemmassa mittakaavassa ja laajemmilla merialueilla. EMODnet-ohjelmassa on mukana useita merentutkimuksen teemoja kuten geologia, fysiikka, kemia, biologia, merenpohjan elinympäristöt ja ihmistoiminta.

Geologian tutkimuskeskus mukana EMODnet-Geology-hankkeessa

EMODnet-Geology on yksi EMODnet-ohjelman toisen vaiheen projekteista, jonka ra-



Kuva 1. EMODnet-Geology -hankkeen käytössä oleva merenpohjan maalajitiedon kattavuus Euroopan merialueilla; 1 : 250 000 (tumman sininen) ja 1 : 1 000 000 (vaalean sininen).

Figure 1. The seabed surface substrate data available for EMODnet-Geology project; 1:250,000 (dark blue) and 1:1,000,000 (light blue).

hoittajana on Euroopan komissio. Hankkeeseen osallistuu 36 partneria 31 Euroopan maasta. Hankkeen osallistujat ovat EuroGeo Surveys (EGS) -partnereita, merigeologeja kansallisista geologian tutkimuskeskuksista. Suomen (Geologian tutkimuskeskus, GTK) lisäksi mukana ovat Iso-Britannia, Ruotsi, Norja, Tanska, Viro, Liettua, Puola, Hollanti, Belgia, Ranska, Irlanti, Espanja, Italia, Slovenia, Kroatia, Albania, Romania, Kypros, Malta, Ukraina, Saksa ja Venäjä (A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, VSEGEI) sekä partnereita Islannista, Färsaarilta, Latviasta, Portugalista, Montenegrosta, Kreikasta, Bulgariasta ja Turkista. Kolmivuotisen hankkeen (2013–2016) koordinaattorina on British Geological Survey (BGS). GTK:n vastuulla projektissa on ”WP 3: Seabed substrate”

-työkokonaisuus. Hankkeen budjetti on noin 4,2 miljoonaa euroa.

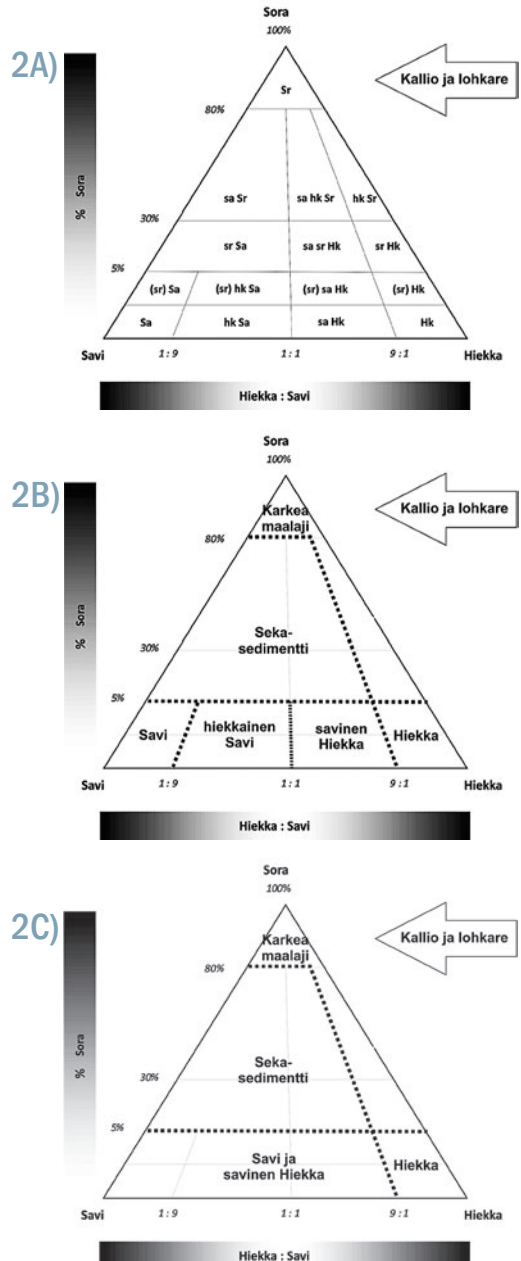
Monipuolista tietoa merenpohjan geologiasta

EMODnet-Geology-hankkeen tavoitteena on koota monipuolista, olemassa olevaa tietoa merenpohjan geologiasta Euroopan merialueilta. Tietoa kootaan ja harmonisoidaan mm. merenpohjan maalajeista, sedimentaationopeuksista merialueilla, merenpohjan kallioperägeologiasta, geologisista riskeistä (kuten merenalaiset maanjäristykset, massaliikkunnot, kaasupurkaukset, tulivuoret), merenpohjan luonnonvaroista (kaasu, öljy, metalliset mineraalit, kiviaines) sekä myös rannikoiden eroosiosta.

EMODnet-hankkeen ensivaiheessa, ur-EMODnet-projektissa (2009–2012), tietoa koottiin 1 : 1 000 000 mittakaavassa Itämeren, Pohjanmeren ja Irlannin meren alueelta (Stevenson *et al.* 2011, 2012). Nyt käynnissä olevassa toisen vaiheen EMODnet-Geology-hankkeessa tietoa kootaan tarkemmassa 1 : 250 000 mittakaavassa, entistä laajemmalla alueelta. Hanke kokoaa paitsi olemassa olevaa aineistoa, osoittaa myös alueita, mistä aineistoa on hyvin vähän tai ei ollenkaan. Tutkimusalue kattaa Euroopan merialueet: Itämeren, Pohjanmeren, Irlannin meren, Vienanmeren, Barentsinmeren, Islannin ja Färsaarten merialueet, Biskajanlahden, Pyreneiden rannikon, Kanarian saarten ja Azorien merialueet, Läntisen Välimeren (EU:n merialueella), Adrianmeren, Joonianmeren, keskisen Välimeren (EU:n merialueella), Egeameren ja Levantinmeren (EU:n merialueella mukaan lukien Turkin merialueen) ja Mustanmeren (Turkin, Romanian, Bulgarian ja Ukrainan merialueet) kuten EU:n meristrategiadirektiivi määrittelee (kuva 1).

Euroopan merialueiden maalajikartta – kuin yksi valtava palapeli

GTK:n vetämässä työkokonaisuudessa (WP 3: Seabed substrates) kootaan ja harmonisoidaan ensimmäistä kertaa koko Euroopan merialueet kattava merenpohjan maalajitieto 1 : 250 000 mittakaavassa. Tiedon harmonisointi on ollut haasteellista, sillä vaikka kansallista ja kansainvälistä tietoa on olemassa, niin se on hyvin moninaista. Eri maissa on vuosien saatossa käytetty hyvin erilaisia merigeologisia tutkimusmenetelmiä aineistojen tuottamiseen. Ulkormalueilta ja rannikkoalueilta tuotettujen merenpohjan maalajiaineistojen ja karttojen mittakaavat vaihtelevat paikallisista, tarakoista (< 1 : 10 000) kartoista, alueellisiin yleispiirteisiin karttoihin (esim. 1 : 1 000 000).



Kuva 2. EMODnet-Geology-hankkeessa merenpohjan maalajit on luokiteltu Folkin maalajikolmion mukaisiin luokkiin. Käytössä on ollut kolme lähtöaineiston tarkkuudesta riippuvaa luokitusta (A. 15 luokkaa, B. 7 luokkaa, C. 5 luokkaa).

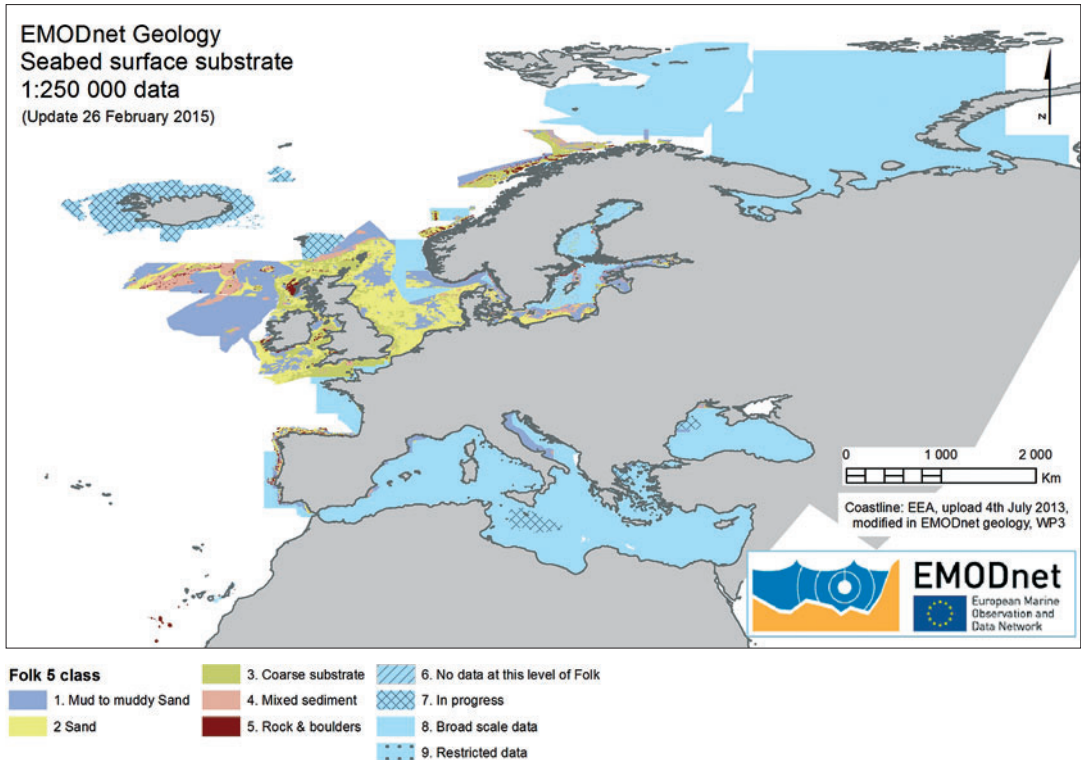
Figure 2. The EMODnet-Geology project applies Folk's particle size classification. Three levels of classification (A. 15 classes, B. 7 classes, C. 5 classes) are in use, and the level of classification is based on the resolution of the original data. Kallio ja lohkare = Rock and boulders, Sora = Gravel, Hiekka = Sand, Savi = Mud.

Tämän lisäksi myös terminologia ja käytetyt luokittelumenetelmät ovat vaihdelleet paljon, kun useissa eri maissa omia aineistoja on tulkittu kansallisten luokittelumenetelmien mukaan.

EMODnet-Geology-hankkeessa merenpohjan maalajiaineistot on uudelleen luokiteltu Folkin (1954) mukaisiin pintamaalajeihin, aineistosta riippuen joko kuuteentoista, seitsemään tai viiteen Folkin luokkaan (kuva 2). Yhteistyö muiden EMODnet-toimijoiden kanssa on tärkeää parhaaseen ja käyttökelpoisimpaan tulokseen pääsemiseksi. Merenpohjan maalajiaineisto tukee geologisten tarkaste-

lujen ohella erityisesti merenpohjan habitaattien määrittystä, ja maalajiluokitusta onkin työstetty yhteistyössä meribiologien kanssa. EMODnet-Geology-hankkeessa tuotettu ensimmäinen versio 1 : 250 000 mittakaavaisesta Euroopan merialueiden maalajikartasta on varsinainen merenpohjan suuri palapeli, joka koostuu jo nyt yli 50 organisaation aineistoista ja yli 400 erilaisesta karttatyyppistä (kuva 3).

Karttojen luotettavuus on yksi tärkeä elementti aineistojen käytettävyyden kannalta. EMODnet-Geology-hankkeessa koottujen merigeologisten maalajiaineistojen luotettavuusanalyysi perustuu akustis-seismisen luo-

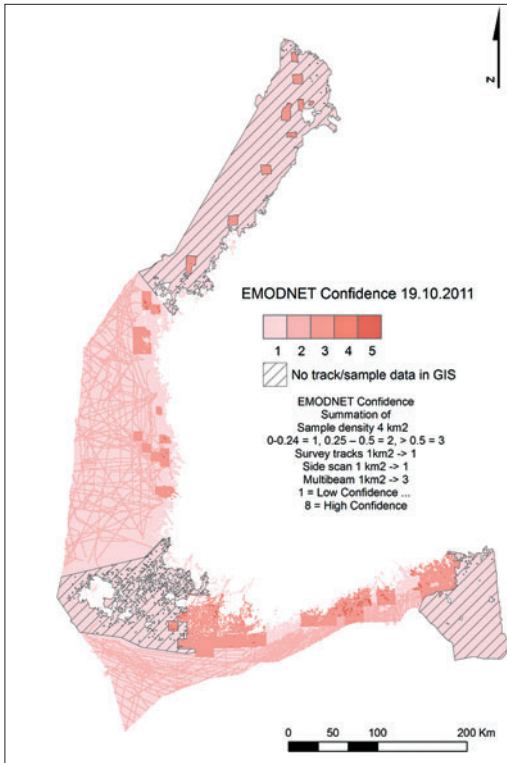


Kuva 3. EMODnet-maalajikartta Euroopan merialueille. Kartassa on esitetty aineisto (1 : 250 000) viidessä maalajiluokassa (1. Mud to muddy sand = savi - savinen hiekka, 2. Sand = hiekka, 3. Coarse substrate = karkea maalaji, 4. Mixed sediment = sekasedimentti, 5. Rock & boulders = kallio ja lohkat). Lisäksi kartassa on esitetty alueet, joista on olemassa karkeammalla tasolla olevaa maalajiaineistoa (8. Broad scale data).

Figure 3. An EMODnet map of seabed surface substrate for European marine waters at a scale of 1:250,000. The map illustrates the data in five substrate classes. In addition, regions where coarser resolution data exist are presented (8. Broad scale data).

tausaineiston ja näytesteiden kattavuuteen ja laatuun. Mitä kattavammin tietyltä paikalta on tietoja ja aineistoja, esimerkiksi kattava ja tiheä akustis-seisminen luotausverkosto, sitä luotettavampi kartta syntyy (kuva 4).

Koottu aineisto antaa kuvan myös tiedon puutteista. Vaikka maailman meriä ja mertenpohjia on tutkittu vuosikymmeniä, niistä tie-



Kuva 4. Merigeologisen (merenpohjan maalaji-) aineiston luotettavuus Suomen merialueilla. Luotettavuusanalyysi perustuu akustis-seismisten luotausprofiilien ja näytesteiden tiheyteen tai määrään. Luotettavuus on esitetty asteikolla 1–5, jossa 5 edustaa korkeinta luotettavuutta. Mustalla diagonaaliviivoinnalla merkityiltä alueilta ei ole olemassa paikkatietoaineistoja.

Figure 4. Reliability of marine geological (seabed surface substrate) data in Finnish marine waters. Confidence analysis is based on the density and amount of acoustic-seismic profiles. Confidence is presented from 1 to 5, where 5 represents the highest confidence.

detään vielä yllättävän vähän. Euroopan merialueilla on vielä paljon tietoaaukkoja: esimerkiksi Suomen merialueiden merenpohjasta on geologisesti kartoitettu vasta noin 25 prosenttia ja EMODnet-alueella noin 20 prosenttia merenpohjasta tunnetaan merialueiden käytön suunnitteluun soveltuvalla tarkkuudella (1 : 250 000 tai tarkempi).

Tietoa merenpohjan geologiasta kaikille – nopeasti ja helposti

EMODnet-Geology-hankkeen tarkoituksena on koota ja harmonisoida olemassa oleva hajanainen tieto meriympäristöstä julkisesti saataville. Hankkeessa kootuista ja tuotetuista aineistoista osa on jo nähtävillä EMODnet-Geology-portaalissa (<http://www.emodnet-geology.eu>). Hankkeessa tuotetut aineistot tulevat olemaan myös ladattavissa portaalin verkko-osoitteesta. EMODnet-Geology-hankkeen pääpaino on yhdenmukaisesti harmonisoitujen merigeologisten aineistojen tuottamisessa alkuperäisten, lopputuotteen luomiseen käytettyjen kansallisten aineistojen esittämisen sijasta.

Hankkeessa käytettävä hajautettu tietojärjestelmä mahdollistaa kuitenkin pääsyn partneriorganisaatioiden ylläpitämiin kansallisiin merigeologisiin metatietoihin ja ajantasaisiin aineistoihin. Merigeologisen paikkatietoaineiston hallinta ja ylläpito toteutetaan INSPIRE-direktiivin (Euroopan komissio 2007) mukaisesti mahdollistaen paikkatietojen saatavuuden ja yhteentoimivuuden kaikkialla Euroopassa.

Merenpohjan ja merialueiden hyödyntäjät

EMODnet-Geology-hankkeessa koottua monipuolista tutkimustietoa merenpohjan geologiasta tarvitaan niin EU-tasoisien ja kansalli-

sen päätöksenteon tueksi kuin palvelemaan elinkeinoelämän ja tutkimuksen tarpeita.

Laajamittainen tieto merenpohjan geologiasta on tärkeää erityisesti suurten, aluerajat ylittävien hankkeiden esisuunnittelussa, esimerkiksi hahmoteltaessa rautatietunnelia Helsingistä Tallinnaan. Muutama vuosi sitten Itämeren läpi vedetty kaasuputki on toinen esimerkki rajat ylittävästä hankkeesta, jossa tällaista laajamittaista tietoa merenpohjasta tarvittiin. Suuret satamahankkeet, laivaväylien rakentaminen sekä energian huoltoon liittyvät erilaiset rakennustyöt (mm. tuulivoimapaistot, ydinvoimalat) ja niiden suunnittelu ovat myös esimerkkejä toiminnoista, joihin tarvitaan tietoa merenpohjan geologiasta. Merenpohjan rakentamiseen voi liittyä monenlaisia geologisia ongelmia kuten luonnonolosuhteiden aiheuttamia vaaratilanteita eli geohasardeja. Maailmalla näistä tunnetuimpia ovat mm. maanjäristykset, merenalaiset massaliikunnot, tsunamit ja tulivuoren purkaukset. Hankkeessa kootaan myös geohasardeja koskevaa tietämystä Euroopan merialueilta. Itämerellä merenpohjan rakentamisen suurimmat ongelmat ovat kuitenkin lähinnä geoteknisiä, esimerkiksi rakenteiden vajoamisista pehmeillä pohjilla.

Hanke kokoo myös tietoa Euroopan merialueiden geologisista luonnonvaroista. Näitä merenpohjan geopalveluja voidaan hyödyntää raaka-ainesektorilla öljystä kaasuun ja sora- ja hiekkavaroista metallisiin mineraaleihin. Merenpohjan tarjoamiin geopalveluihin kuuluu myös geoenergia, jota on hyödynnetty meidänkin merialueillamme: Vaasan asutomessualueella otettiin vuonna 2008 käyttöön sedimenttilämpöön perustuva lämmönjakoverkosto.

EMODnet-Geology-hankkeen merenpohjan maalajitietoa hyödynnetään jo *EMODnet Seabed Habitats* -hankkeessa, jossa geologia-, biologia- sekä ympäristömuuttujatieto-

jen (mm. suolaisuus) avulla mallinnetaan merenpohjan habitaatti- eli elinympäristökartta Euroopan merialueille. Hankkeen tuottamaa maalajitietoa käytetään myös kotimaisessa VELMU (Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma) -habitaattityössä, jonka tuloksia voidaan hyödyntää Itämeren nykyisen suojeluverkon kattavuuden arvioinnissa (mm. Natura 2000 -alueet). Tietoa merenpohjan geologiasta on hyödynnetty myös Kymenlaakson kauppa- ja merialueen maakuntakaavassa (vahvistettu ympäristöministeriössä 26.11.2014), jonka suunnitteluprosessiin GTK osallistui tarjoten merigeologista osaamistaan ja tietoa. Maakuntakaava on tällä hetkellä keskeinen merialueiden suunnittelumuoto Suomessa. Maakuntakaavojen ulkopuolelle jäävät kuitenkin osa merialueista, talousvyöhykkeet, jotka kattavat varsin suuret merialueet joidenkin maakuntien alueilla.

Merenpohja ja merialueiden suunnittelu

Jotta merten kasvavaa käyttöä voitaisiin suunnitella ja toteuttaa kestävästi kehityksen mukaisesti, tarvitaan runsaasti tietoa ja tehokkaita hallinnollisia menetelmiä. Suomessa valmistellaan parhaillaan lainsäädäntöä merialueiden suunnittelulle. EU antoi 2014 direktiivin (Euroopan komissio 2014), jonka mukaan jäsenmaiden tulee järjestää merten aluesuunnittelu kansallisesti. Käytännössä jäsenmaiden tulee nimetä suunnittelusta vastuullinen viranomaisen, luoda sopiva suunnitteluprosessi sekä laatia myöhemmin varsinaiset merialuesuunnitelmat. Direktiivillä merten aluesuunnittelun puitteista edistetään merialueiden käytön kestävyttä ja toteutetaan ”sinistä kasvua” EU:n yhdenmetyt meripolitiikan ja Eurooppa 2020 -strategian mukaisesti. Merialueiden suunnittelun tavoitteena on sovittaa kestävästi yhteen eri käyttömuotojen kuten meriliikenteen, ener-

giatuotannon, kalastuksen ja luonnonsuojelun tarpeita.

Merenpohja on tärkeä osa toimivaa ja tervettä ekosysteemiä. Merialueiden suunnittelu- ja siihen liittyvässä lainsäädännössä olisikin tärkeää huomioida merenpohja ja sen geologia riittävällä tarkkuudella. Merenpohjan geologia ja geologiset prosessit ovat merkittävässä roolissa elinympäristön muokkaajana. Erityisesti meidän rannikkoalueillamme, jossa kiteisen kallioperän heikkous- ja ruhjevyyhykkeit pilkkovat maisemaa, merenpohja on monimuotoinen. Tämä rikkonaisuus näkyy sokkeloisena saaristona ja merenpohjan kohoumien ja painanteiden kirjona, joka vaikuttaa merenpohjan prosesseihin kuten virtauksiin, aineksen kulkeutumiseen ja happiolosuhteisiin. Monimuotoisuus olisi huomioitava paremmin suunnittelun eri vaiheissa, sillä se vaikuttaa myös esimerkiksi rakennusolosuhteisiin, läjitysalueiden valintaan ja elinympäristöjen monipuolisuuteen.

Sekä maakuntaa koskevien maakuntakaavojen että laajempia merialueita koskevien merialuesuunnitelmien olisi sisällettävä runsaasti ja kootusti tietoa merialueiden erilaisista käyttömuodoista, niiden yhteensovittamisesta ja alueellisesta sijoittumisesta. Suunnitelmia laaditaan olemassa olevan tiedon perusteella, ja siksi tieto meriympäristöstä on saatettava julkiseksi ja helpommin saataville. Näin varmistetaan tiedon saavutettavuus niin päätäjille kuin alueiden kehittämisen, rakentamisen ja luonnonvarojen kestäväen käytön suunnittelijoille. Näihin tavoitteisiin tähtää myös EMODnet-Geology-hanke.

Merialueiden käyttö, esimerkiksi merenpohjan rakentaminen, tulee kasvamaan tulevaisuudessakin ja luotettavaa tietoa merenpohjasta tarvitaan yhä enemmän. Tiedon puute on kuitenkin ongelmallista ja siksi myös uuden tiedon tuottaminen on tärkeää. Mitä enemmän merenpohjaa tutkitaan, sitä enem-

män tietoa sieltä saadaan. Merten syvyyksissä piilee vielä paljon löytämättömiä yllätyksiä.

Lisätietoa EMODnet-Geology-hankkeesta löytyy verkkko-osoitteesta <http://www.emodnetgeology.eu>.

AARNO T. KOTILAINEN,
ANU M. KASKELA JA
ULLA ALANEN

Geologian tutkimuskeskus
PL 96 (Betonimiehenkuja 4)
02515 Espoo
aarno.kotilainen@gtk.fi
anu.kaskela@gtk.fi
ulla.alanen@gtk.fi

ALAN STEVENSON
British Geological Survey
Edinburgh, UK
agst@bgs.ac.uk

Summary

EMODnet-Geology brings together information on the geology of European seas

Seas and oceans are important to us. However, increased human activities in marine and coastal areas have altered marine ecosystems worldwide. To ensure sustainable use of marine resources and health of the seas, improved management is needed.

The European Union's (EU) Marine Strategy Framework Directive aims at achieving a Good Environmental Status (GES) to the EU's marine waters by 2020. However, it has been acknowledged that the poor access to data in the marine environment has been a handicap to governmental decision-making, a barrier to scientific understanding and a break in the economy. The effective management of the broad marine areas requires spatial datasets

covering all European marine areas. As a consequence the European Commission adopted the European Marine Observation and Data Network (EMODnet) in 2009 to combine dispersed marine data into publicly available datasets covering broad areas.

The second phase of the EMODnet-Geology project started in 2013 and will run for 3 years. The partnership includes 36 marine organizations from 30 countries. The partners, mainly from the marine departments of the geological surveys of Europe (through the Association of European Geological Surveys – EuroGeoSurveys), aim to assemble marine geological information at a scale of 1:250,000 from all European sea areas (e.g., the White Sea, the Baltic Sea, the Barents Sea, the Iberian Coast, and the Mediterranean Sea within EU waters). In comparison to the urEMODnet project (2009–2012) the data will be more detailed and aim to cover a much larger area.

The project will provide datasets such as sea-floor geology (including age, lithology and origin), geological boundaries and faults, rate of coastal erosion or accretion, geological events and event probabilities (submarine landslides, volcanic activity, earthquake epicenters), minerals (including aggregates, oil and gas). The project also includes collecting and harmonizing the first seabed substrate map for the European Seas, as well as data showing sedimentation rates at the seabed. The data will be essential not only for geologists but also for others interested in marine sediments like marine managers and habitat mappers. A 1:250,000 GIS layer on seabed substrates will be delivered in the portal, in addition to the existing 1:1 million map layer from the previous phase that will be updated with data from the new sea areas. A confidence assessment will be applied to all areas to identify the information that underpins the geological interpretations.

Further information about the EMODnet-

Geology project is available on the Internet portal (<http://www.emodnetgeology.eu>).

Kirjallisuus

- Euroopan komissio, 2007. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi 2007/2/EY, annettu 14 päivänä maaliskuuta 2007, Euroopan yhteisön paikatietoinfrastruktuurin (INSPIRE) perustamisesta. *Journal of the European Union* 108:1–14.
- Euroopan komissio, 2008. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi 2008/56/EC, annettu 17 päivänä kesäkuuta 2008, yhteisön meriympäristöpolitiikan puitteista (meristrategiadirektiivi). *Journal of the European Union* 164:19–40.
- Euroopan komissio, 2014. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi 2014/89/EY, annettu 23 päivänä heinäkuuta 2014, merten aluesuunnittelun puitteista. *Journal of the European Union* 257:135–145.
- Folk, R.L., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62:344–359
- Halpern, B.S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K.L., Samhuri, J.F., Katona, S.K. *et al.*, 2012. An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488:615–620.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D’Agrosa, C. *et al.*, 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319: 948–952.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J. *et al.*, 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293:629–637.
- Pandolfi, J.M., Bradbury, R.H., Sala, E., Hughes, T.P., Bjorndal, K.A., Cooke, R.G. *et al.*, 2003. Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science* 301:955–958.
- Stevenson, A., Kotilainen, A., Kaskela, A., Alanen, U., Asch, K., Schubert, C. *et al.*, 2011. EMODnet Geology Project Draft Final Report. Preparatory Actions for a European Marine Observation and Data Network. Lot No 2 – Geological data. 40 s.
- Stevenson, A., Kotilainen, A., Kaskela, A., Alanen, U., Asch, K., Schubert, C. *et al.*, 2012. EMODnet Geology Project Maintenance Report. Preparatory Actions for a European Marine Observation and Data Network. Lot No 2 – Geological data. 44 s.