

Miltä Itämeri näyttää vuonna 2120?

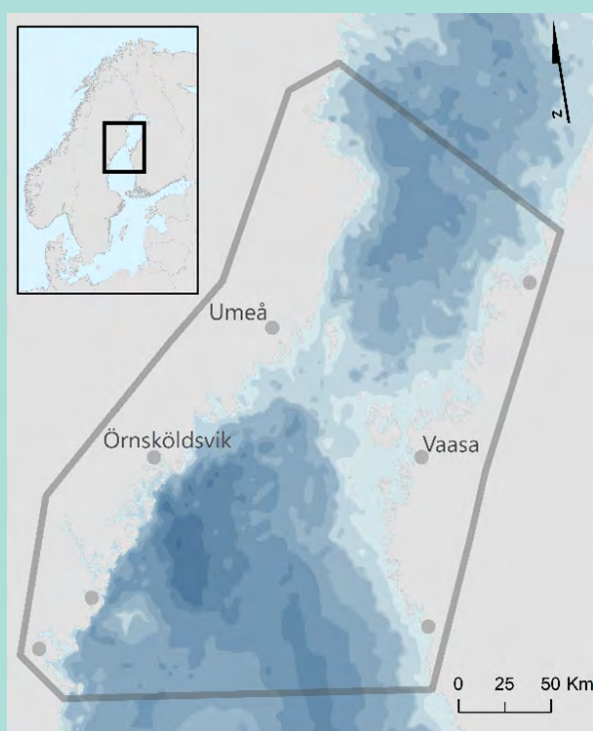
EConnect
Tiivistelmäraportti

Tiesitkö, että ilmaston lämpeneminen voi vaikuttaa pohjoisiin alueisiin ja mataliin meriin, kuten Itämereen, jopa enemmän kuin maapalloon keskimäärin? Vuoteen 2120 mennessä Pohjanlahden keskilämpötila voi kesällä nousta 3 °C ja jään paksuus talvella laskea yli 80 %. Näiden ja muiden ilmastonmuutoksen aiheuttamien muutosten vaikutuksia Pohjanlahden vedenalaiseseen luontoon on tutkittu EConnect-hankkeessa.



Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on avaintekijä ilmastonmuutoksen vaikutusten minimoinnissa Itämeressä. Samaan aikaan meidän on oltava kuitenkin valmiita toimiin sopeutuaksemme muutoksiin. Mutta mistä tiedämme kuinka toimia, jos ei ole tietoa siitä, miten ilmastonmuutos voi vaikuttaa mereem-

me? Tämä raportti sisältää viimeisimmät tutkimustiedot mahdollisista tulevista muutoksista Pohjanlahden keskiosassa. Missä tullaan näkemään suurin muutos veden lämpötilassa, miten suolapitoisuus voi muuttua ja miten avainlajit selviytyvät muuttuvassa ilmastossa?



EConnectin hankealue (harmaa viiva) sijaitsee Itämerellä Pohjanlahden keskiosassa Ruotsin ja Suomen välissä. Alueen kapea keskiosa, Merenkurkku, on erittäin matalaa (vaaleansininen), kun taas merialueet pohjoisemmassa ja etelämmässä ovat syvempiä (tummansininen).

EConnect-hanke

EConnect-hanke oli Ruotsin ja Suomen yhteistyöhanke, jonka tavoitteena oli selvittää, miten ilmastonmuutos voi vaikuttaa lajien levinneisyyteen, ekosysteemipalveluihin ja elinympäristöjen kytkeytyneisyyteen Pohjanlahden keskiosassa 100 vuoden kuluttua.

Tämä yhteenvetoraportti nostaa esille hankkeen tärkeimpiä tuloksia. Menetelmien ja tarkempien tulosten osalta lukijaa kehoitetaan perehtymään hankkeen virallisiin loppuraportteihin. Raportit sekä muuta mielenkiintoista materiaalia löytyy hankkeen verkkosivuilta **econnect2120.com**.

Ainutlaatuinen Pohjanlahti

Pohjanlahden keskiosia asuttaa sekoitus valtameri- ja makeanveden alkuperää olevia lajeja. Alueen suolapitoisuus on alhainen ja noin 80 % Pohjanlahden vedestä on peräisin sinne virtaavista joista. Mereistä alkuperää olevat lajit, kuten sinisimpukka (*Mytilus trossulus x edulis*), elävät sietokykynsä rajoilla alhaisen suolapitoisuuden vuoksi. Lisäksi jotkut lajeista ovat sopeutuneet kylmään veteen tai ovat riippuvaisia merijäästä, kuten itämerennorppa (*Pusa hispida botnica*). Tämän vuoksi ilmastonmuutoksen en-

nustetuilla seurauksilla voi olla erityisen suuria vaikutuksia merielämään Pohjanlahden keskiosissa. Näihin muutoksiin valmistauduttaessa on hyödyllistä arvioida, mitä tulevaisuus voi tuoda tullessaan.

Ei ole myöskään liian myöhäistä ryhtyä toimiin ilmaston lämpenemisen vaikutusten minimoimiseksi. Tässä raportissa esitellyt tulevaisuuden muutokset perustuvat pahimpaan ilmastoskenaarioon, ja tiukoilla toimenpiteillä ne voidaan vielä välttää.

Itämerennorppa on yksi hankealueella esiintyvistä ikonisista lajeista. Se synnyttää poikasensa jäällä lumiluolaan ja siksi sen odotetaan kärsivän ilmaston lämpenemisestä ja merijään katoamisesta. Kuva: Peter Lilja / Västerbottenin lääninhallitus.



Lämpimämpää murtovettä ja ohuempi jääpeite

Tuoreimmat ilmastomallit viittaavat siihen, että pohjaa lähellä olevan veden keskilämpötila kasvukauden aikana voi nousta tulevaisuudessa keskimäärin 3 °C Pohjanlahden keskiosien alueella. Matalilla alueilla lämpeneminen on voimakkaampaa kuin syvemmillä. Kasvukauden keskilämpötilan noustessa myös maksimilämpötilat todennäköisesti nousevat. Kesien pitkät helleaallot voivat siksi muodostaa vakavan uhan vedenalaiselle elämälle tulevaisuudessa.

Talvien odotetaan myös lämpenevän ja merijään ennustetaan ohenevan yli 80 % tämän vuosisadan loppuun mennessä (Kuva 1, 2). Tämä mallinnettu muutos koskee keskimääräistä jään paksuutta

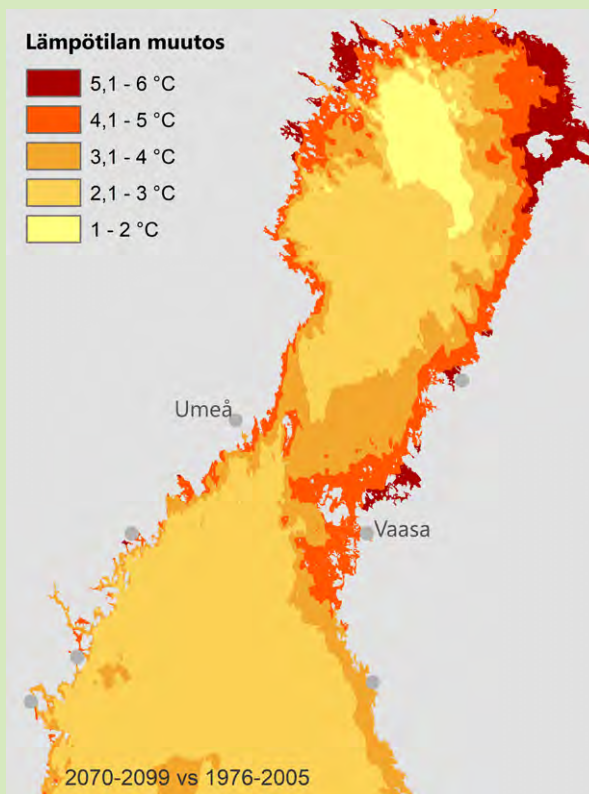
talvisin 30 vuoden ajalta. Tästä huolimatta jääpeitteen laajuudessa ja paksuudessa on todennäköisesti vaihtelua eri vuosien välillä tulevaisuudessakin.

Veden lämpötilan ja jääolosuhteiden muutoksilla voi olla suuri vaikutus meren ekosysteemeihin yhdessä muiden meressä tapahtuvien muutosten kanssa. Lajien levinneisyysalueet voivat muuttua aiheuttaen laajoja muutoksia ekosysteemeissä ja vaikuttaen jopa ihmisten hyvinvointiin ja talouteen. Luonto ja sen prosessit ovat perusta ekosysteemi-palveluille, joista olemme riippuvaisia, kuten happi, merestä saatava ruoka ja puhdas vesi.

Tulevaisuusmallit

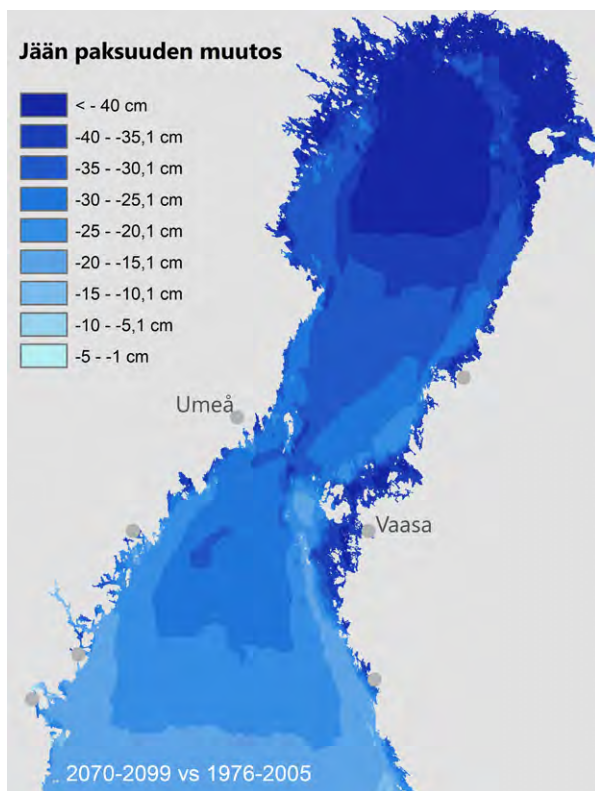
Tässä hankkeessa käytetyt ilmastomallit perustuivat pahimpaan mahdolliseen ilmastoskenaarioon (RCP8.5) ja HELCOMin Itämeren toimintaohjelman (BSAP) ravinnekuormituksen vähennyssuunnitelmiin. Ilmastomallit toteutivat Ruotsin Ilmatieteen ja hydrologian laitos SMHI ja Suomen Ilmatieteen laitos.

Toisin sanoen mallien tulevaisuuskuva on sellainen, jonka voimme kohdata, jos emme globaalisti vähennä kasvihuonekaasupäästöjä, mutta onnistumme ratkaisemaan paikallisemman Itämeren rehevöitymisongelman.



Kuva 1. Pohjaa lähimmän vesikerroksen lämpötilan muutos perustuen SMHI:n ja Ilmatieteen laitoksen tuottamiin ilmastomalleihin.

TIIVISTELMÄRAPORTTI



Kuva 2. Keskimääräinen jään paksuuden muutos perustuen SMHI:n ja Ilmatieteen laitoksen ilmastomalleihin.

Pilkkimismahdollisuudet harvenevat, jos jää on tulevaisuudessa liian ohutta tai puuttuu joinakin vuosina kokonaan. Kuva: Seger Marketing.

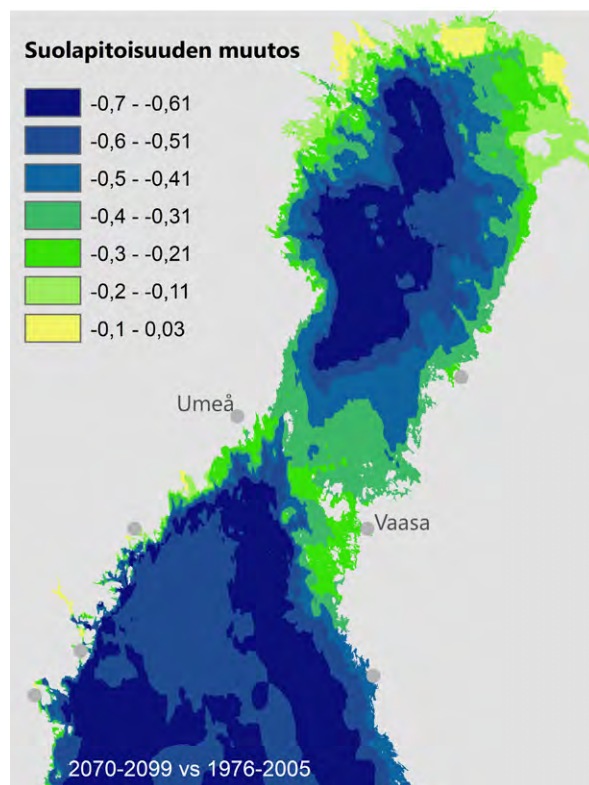


Rihmalevän ympäröimä rakkohauru (*Fucus vesiculosus*). Rakkohauru ja itämerenhauru (*F. radicans*) voivat tulevaisuudessa hyötyä vähenevästä jäädä, mutta kärsiä sen sijaan helleaalloista kesäisin. Rihmalevät, jotka voivat tukahduttaa hauruja alleen, voivat lisääntyä myös tulevaisuudessa lämpimämmän veden vuoksi. Kuva: Johnny Berglund / Västerbottenin lääninhallitus.



Mahdollisia muutoksia suolapitoisuudessa

Tässä hankkeessa käytetyt ilmastomallit viittaavat siihen, että pohjaa lähimmän vesikerroksen keskimääräinen suolapitoisuus voisi laskea noin 10 % (Kuva 3). Tämä muutos voi olla erittäin kuormittavaa joillekin Merenkurkun alueen valtameristä kotoisin oleville lajeille, jotka elävät jo nyt sietokykynsä rajoilla suolapitoisuuden suhteen. Tulevaisuuden sademäärän, haihdunnan, jokien virtauksen ja merenpinnan korkeuden ennusteissa on kuitenkin paljon epävarmuutta, ja ne kaikki vaikuttavat Itämeren suolapitoisuuteen^{2, 3}. Siksi myös tulevaisuuden suolapitoisuuden ennusteet ovat hyvin epävarmoja, ja erilaisia tulevaisuuskuvia on useita^{4, 5}.



Kuva 3. Keskimääräinen jään paksuuden muutos perustuen SMHI:n ja Ilmatieteen laitoksen ilmastomalleihin.



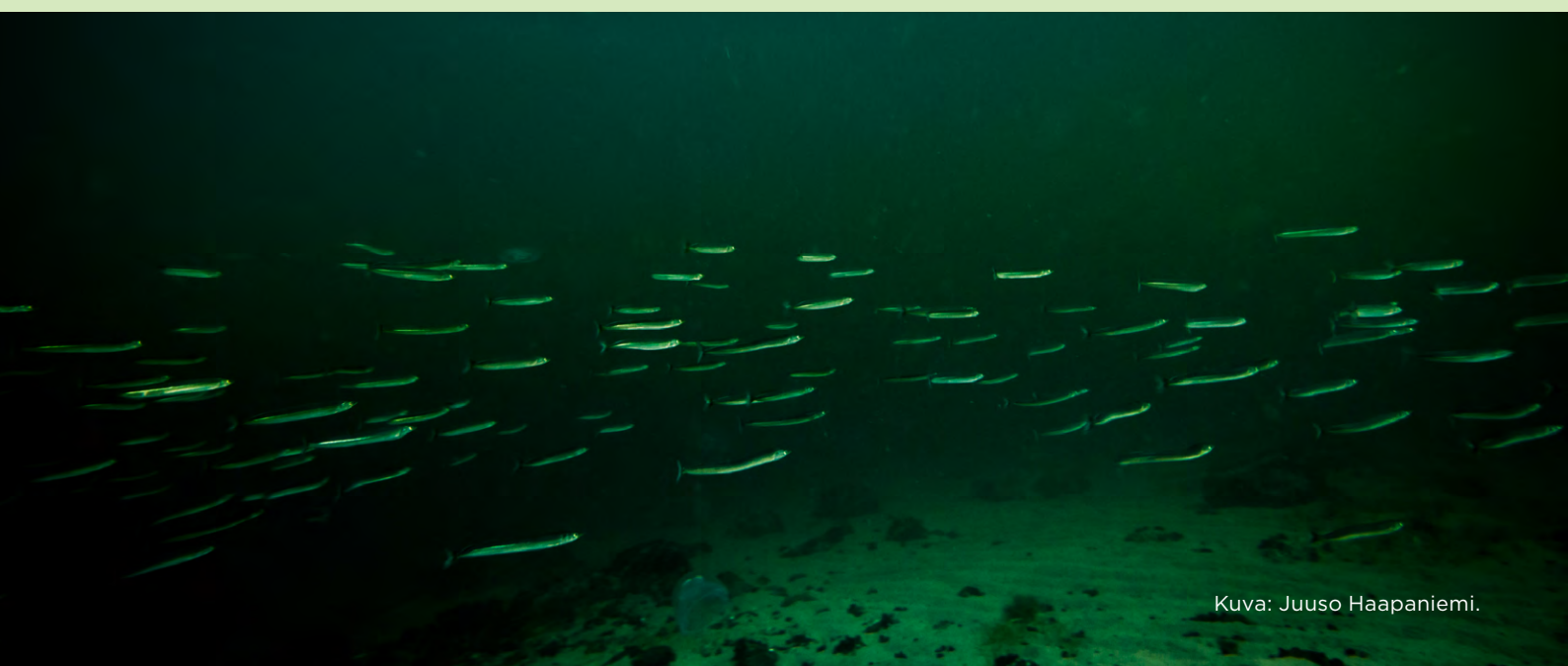
Lajit reagoivat muutoksiin elinympäristössään

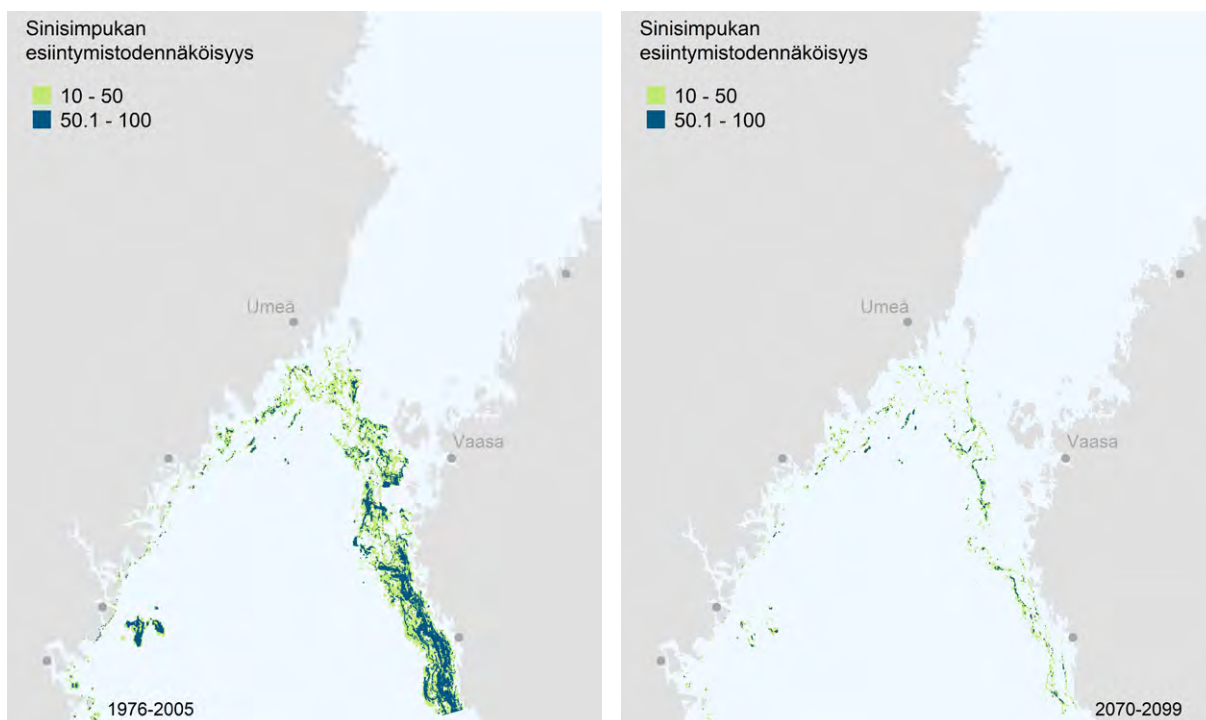
Kun ilmaston lämpeneminen muuttaa meren olosuhteita, jotkut lajit hyötyvät uudesta tilanteesta, kun taas toiset saattavat kärsiä. Lisäksi joihinkin lajeihin muutokset eivät vaikuta merkittävästi mitenkään. Tulevaisuudessa todennäköisimmin menestyvät ne vesikasvit ja levät, jotka hyötyvät lämpimämmästä vedestä ja jäättömistä rannoista sekä ravinneruormituksen oletetusta vähenemisestä (BSAP). Sitä vastoin kylmää ja suolaista vettä suosivat lajit ovat niitä, joiden odotetaan reagoivan negatiivisesti muutoksiin.

Muuttuva ympäristö

Ympäristöolosuhteiden muuttuessa lajien joukossa on sekä voittajia että häviäjiä. Vieraile osoitteessa **econnect2120.com** nähdäksesi, kuinka eri lajien levinneisyyden odotetaan muuttuvan tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen vuoksi.

Sinisimpukka on Itämeren avainlaji. Se tarjoaa ravintoa ja elinympäristön useille muille lajeille, joten muutokset sinisimpukkayhteisöissä voivat vaikuttaa koko ekosysteemiin^{6, 7}. Sinisimpukat myös suodattavat vedestä ravinteita ja haitallisia aineita, ja on arvioitu, että Itämeren sinisimpukkayhteisö suodattaa koko murtovesialtaan vesimäärän vuosittain⁸. Alhaisen suolaisuuden ja kohoavan veden lämpötilan yhteisvaikutus voi tulevaisuudessa osoittautua haitalliseksi sinisimpukoille, jotka ovat jo kärsineet liian korkeista veden lämpötiloista erityisen lämpiminä kesinä^{9, 10}. Lajien levinneisyysmallien perusteella sinisimpukoille soveltuvat alueet saattavat pienentyä hankealueella rajusti vuosisadan loppuun mennessä. On mahdollista, että tiheitä simpukkapopulaatioita esiintyy tulevaisuudessa vain alueilla, joissa on korkeampi suolapitoisuus, ja myös syvemmillä alueilla, joissa vesi on kylmempää (Kuva 4). Ne vaativat kuitenkin kalliota tai kiviä kiinnittymiseen, ja syvemmillä alueilla pohjasedimentti on usein pehmeää. Siksi tulevaisuus ei näytä hyvältä sinisimpukan tai siitä riippuvaisten lajien kannalta hankealueella.





Kuva 4. Sinisimpukoille suotuisat alueet vertailujaksolla (vasen) ja tulevaisuudessa (oikea) EConnect-hankkeen lajien levinneisyysmalleihin perustuen. Pohjanlaatua ei ole otettu huomioon, joten mallien suotuisaksi ennustamat alueet sopivat lajille vain, jos alusta on kovaa simpukoiden kiinnittymistä varten. Vihreä väri edustaa kohtalaisen sopivia alueita ja sininen lajille kaikkein sopivimpia alueita. Mallinnus perustuu pahimpaan ilmastoskenaarioon RCP8.5 ja BSAP:n ravinnekuormituksen vähennystavoitteisiin.

Muutokset ekosysteemipalveluissa

Lajit ja ekosysteemit tarjoavat meille ilmaisia etuja, joita kutsutaan ekosysteemipalveluiksi (Kuva 5). Näitä palveluita voidaan käyttää suoraan, kuten kaloja tai meren rannalta poimittuja tyrnimarjoja. Tällaisia suoria palveluita kutsutaan tuotantopalveluiksi. Epäsuorat ekosysteemipalvelut jäävät helposti unohduksiin, sillä niitä on vaikeampi nähdä. Näitä ovat elintärkeitä säätelypalvelut, joihin kuuluvat esimerkiksi elävien organismien kyky neutraloida myrkyjä tai pohjaeläinten ja bakteerien aineenvaihdunnassa kierrätyvät ravinteet. Erilaiset vedenalaisia niittyjä muodostavat kasvit ja levät auttavat myös tarjoamaan ekosysteemipalveluja. Yhteyttämisen lisäksi ne tarjoavat kaloille ruokaa, elinympäristöjä ja piilopaikko-

ja. Meri itse säätelee myös ilmastoa ime-mällä suuren osan ilmakehän liiallisesta lämmöstä ja hiilidioksidista. Lisäksi ekosysteemit tarjoavat kulttuuripalveluita, kuten mahdollisuuden uimiseen, veneilyyn ja luisteluun.

Ilmastomuutoksella odotetaan olevan sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia meren tarjoamiin ekosysteemipalveluihin. Lämpimämpi vesi voi lisätä sinileväkukintojen todennäköisyyttä kesällä, mikä muun muassa alentaa meren arvoa virkistystarkoituksiin. Toisaalta lämpimämpi vesi parantaa lämpimän veden kalojen (esim. ahvenen, hauen ja särkikalojen) elinoloja, mikä johtaa mahdollisesti näiden kalalajien saaliiden lisääntymi-

seen tulevaisuudessa^{11, 12, 13}. Samaan aikaan kylmempään veteen sopeutuneiden kalalajien (esim. siika ja lohi) populaatiokoot saattavat laskea. Näiden seurausten vuoksi kalastusteollisuudessa voi tapahtua muutoksia tulevaisuudessa. Pohjanlahden lajit joutuvat sopeutumaan tulevaisuudessa myös muihin mahdollisiin ilmastomuutoksen vaikutuksiin, kuten veden pH:n muutoksiin sekä vieraslajien leviämiseen, ja ne myös voivat vaikuttaa ekosysteemipalvelujen tarjontaan.

Merijään oheneminen tai katoaminen vähentää tulevaisuudessa siihen liittyviä kulttuuripalveluita: pilkkimistä, luisteluja ja hiihtoa. Jää myös tynnyttää sen alla olevaa vettä talvisin ja tämän suojakerroksen katoamisella voi olla useita seurauksia. Yleisesti ottaen fyysisten parametrien muutoksia voi olla vaikeaa

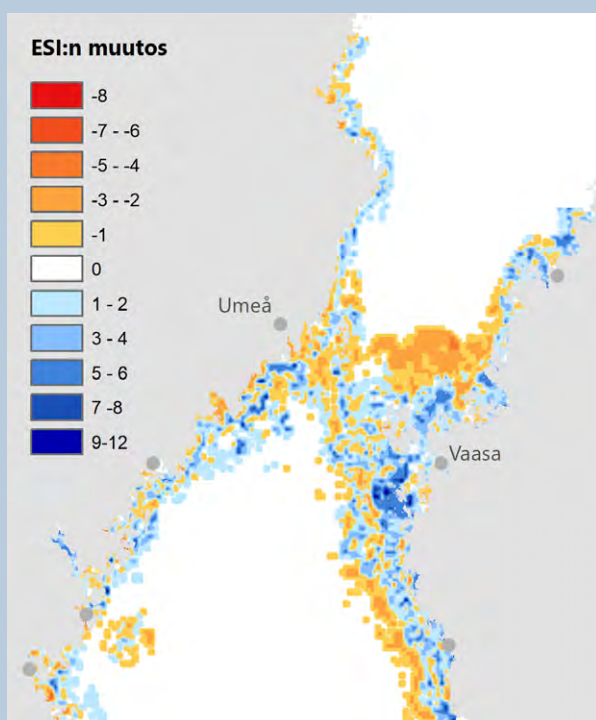
ennustaa, mutta ilmastomuutos saattaa lisätä esimerkiksi korkeiden aallokkojen ja myrskyjen riskiä talvisin, mikä voi aiheuttaa vahinkoja infrastruktuurille meren läheisyydessä tai meressä².

Hankkeessa kehitetty ekosysteemipalveluindeksi (ESI) havainnollistaa, missä ekosysteemipalvelut saattavat laskea ja missä lisääntyä tulevaisuudessa (Kuva 6). ESI perustuu alueen tärkeimpiin kasvi-, levä- ja pohjaeläinlajeihin, ja kuvaa näihin lajeihin liittyviä ekosysteemipalveluja. Indeksien muutos nykyhetken ja tulevaisuuden välillä koko hankealueella on +3 %. Kun epävarmuustekijät indeksissä otetaan huomioon, tämä muutos ei ole käytännössä merkittävä. Indeksissä on kuitenkin havaittavissa mielenkiintoisia ja paikallisesti tärkeitä muutoksia. Indeksikartta osoittaa, että yleisesti syvemmillä alueilla ekosysteemipalveluiden



Kuva 5. Ekosysteemipalvelut ryhmitellään usein kolmeen pääluokkaan: tuotantopalvelut, säätelypalvelut sekä kulttuuripalvelut. Lisäksi ylläpitopalvelut muodostavat neljännen ryhmän, mutta ne jätetään usein pois ekosysteemipalvelujen tuotannon arvioinneista, koska ne muodostavat taustalla olevat prosessit ja toiminnot, jotka ylläpitävät muita ekosysteemipalveluita. Kuva: Anniina Saarinen / Västerbottenin lääninhallitus, Juuso Haapaniemi / Metsähallitus, & Seger Marketing.

muutos on negatiivinen, mutta rannikkoa lähempänä olevilla matalilla alueilla ilmastonmuutos saattaa tulevaisuudessa lisätä ekosysteemipalveluja (Kuva 6). Ekosysteemipalvelujen väheneminen syvemmillä alueilla johtuu syvien vesien tärkeiden avainlajien (valkokatka *Monoporeia affinis*, sinisimpukka, ja liejusimpukka *Limecola balthica*) vähenemisestä. Syyt lajien esiintymistodennäköisyyksien laskuun vaihtelevat lajeittain, mutta kaikilla lajeilla ne liittyvät ilmastonmuutokseen ja sitä seuraaviin suolapitoisuuden ja lämpötilan muutoksiin. Näillä lajeilla on tärkeä rooli mm. ravintoketjujen ylläpidossa, ravinteiden kierrätyksessä ja veden suodatuksessa^{7, 14, 15}.



Kuva 6. Muutos vedenalaisten ekosysteemipalvelujen tarjonnassa nykyhetken ja tulevaisuuden välillä ECONnect-hankkeessa kehitetyllä ekosysteemipalveluindeksillä (ESI) mitattuna. Muutos indeksissä kuvaa muutosta ekosysteemipalveluiden tarjonnassa. Sininen väri kuvaa lisääntyviä ekosysteemipalveluja, kun taas oranssit sävyt kuvaavat väheneviä palveluja. Yhteensä 11 lajin tuottamat ekosysteemipalvelut sisällytettiin ESI:n laskentaan. Lajien levinneisyyden mallinnus perustui pahimpaan ilmastoskenaarioon RCP8.5 ja BSAP:n ravinnekuormituksen vähennyssuunnitelmiin.

Ekosysteemipalvelujen lisääntyminen monilla matalilla alueilla liittyy useiden kasvi- ja levälajien ennustettuun runsastumiseen. Kasvit ja levät hyötyvät kirkkaammasta vedestä ja jäätömistä rannoista. Nämä muutokset eivät ole seurausta vain ilmastonmuutoksesta, vaan myös HELCOMin ravinnekuormituksen vähennyssuunnitelmien toimeenpanosta. Jos Itämeren ravinnekuormituksen vähentämistavoitteita ei saavuteta, indeksin tulokset olisivat erilaisia, sillä liiallinen rehevöityminen on haitallista lajeille ja monimuotoisille ekosysteemeille. On myös tärkeää pitää mielessä, että vain tietyt lajiryhmät otettiin mukaan ekosysteemipalvelujen arviointiin (Ks. sivu 12) ja useita lajeja (ja siten palveluja) ei voitu sisällyttää indeksiin. Esimerkiksi kalalajeja ei voitu ottaa huomioon indeksin laskennassa, joten ESI pystyy kuvaamaan ekosysteemipalvelujen tarjontaa vain suppeassa kontekstissa. Muutokset indeksilajien levinneisyydessä voivat kuitenkin heijastaa myös muiden lajien levinneisyyttä. Esimerkiksi ahven ja hauki voivat hyötyä matalien alueiden kasvi- ja leväyhteisöjen odotetusta lisääntymisestä, sillä ne tarjoavat kaloille elinympäristöjä ja piilopaikkoja.

Rannikkoalueiden merkitys

Suurin osa ekosysteemipalveluista on keskittynyt matalille rannikkoalueille. Samalla myös suurin osa ihmistoiminnasta tapahtuu rannikolla. Siksi on välttämätöntä suunnitella rannikkoalueiden käyttöä kestäväällä tavalla vaarantamatta ekosysteemipalvelujen tuotantoa tulevaisuudessa.

Indexissä huomioon otetut lajit ja lajiryhmät



Liejusimpukka



Surviaissääskien
toukat



Yksivuotiset rihmalevät



Valkokatka



Haarukkalevä



Sinisimpukka



Rakkohauru &
Itämerenhauru



Vesisammalet



Näkinpartaiset



Järviruoko



Vidat



Lajipiirokset: Anniina Saarinen
Pieni kuva: Julia Nyström, Metsähallitus
Iso kuva: Juuso Haapaniemi, Metsähallitus

Kytkeytyneisyys elinympäristöjen välillä on lajeille elintärkeää

Meressä elävät lajit ovat sopeutuneet tiettyihin ympäristöolosuhteisiin pitkän ajan kuluessa. Pohjanlahden keskiosien ja Merenkurkun lajit ovat sopeutuneet mm. tiettyyn veden lämpötilaan, suolapitoisuuteen ja jään paksuuteen talvisin. Jos tulevaisuudessa näissä tapahtuisi nopeita ja suuria muutoksia ilmastomuutoksen seurauksena, lajien voisi olla vaikea sopeutua uusiin olosuhteisiin. Mikäli lajit eivät pysty sopeutumaan uusiin olosuhteisiin, niiden on siirryttävä tai levittävä toisaalle olosuhteiltaan suotuisammille alueille.

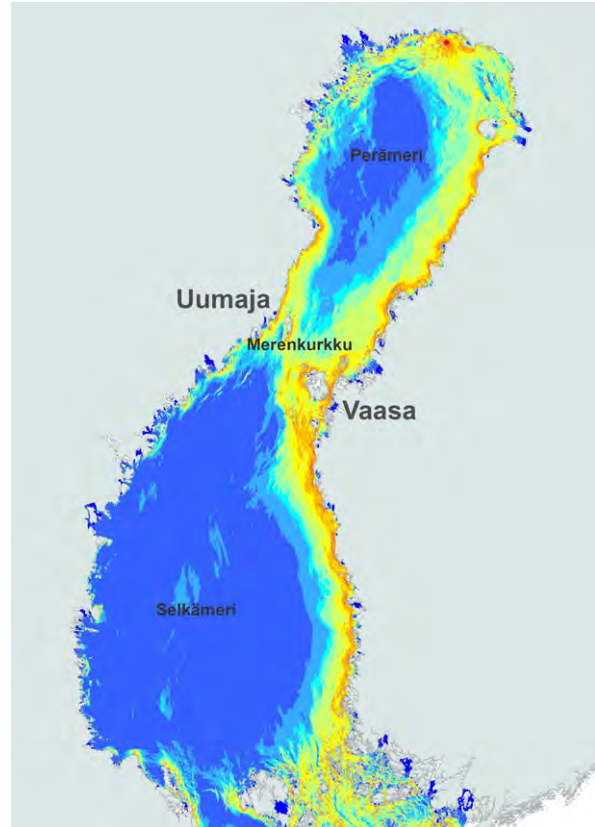
Lajit voivat levitä eri elinympäristöjen välillä, jos ne eivät ole liian kaukana toisistaan ja jos tiellä ei ole esteitä. Merellä tällaisia esteitä voi syntyä esimerkiksi rakentamisesta ja ruoppauksesta, koska ne pirstaloivat maisemaa. Epäsuotuisa lämpötila ja suolapitoisuus voivat myös toimia esteenä lajien liikkumiselle. Suojelualueet merellä ovat turvasatama lajeille ja keino poistaa kuiluja kaukana

toisistaan olevien elinympäristöjen väliltä. Mitä paremmin suojelualueet on sijoitettu toisiinsa nähden, sitä paremman elinympäristöverkoston ne luovat lajeille. Näin meren lajeilla on paremmat mahdollisuudet levitä ja selviytyä tulevista muutoksista. On tärkeää muistaa, että kaikki lajit eivät voi levitä samoja etäisyyksiä tai samalla tavalla. Jotkut lajiryhmät, kuten kasvi- ja levälajit tai simpukat, ovat liikkumattomia suuren osan elämästään ja leviävät pääasiassa elämän alkuvaiheessa itiöinä, siemeninä tai toukkina. Toiset lajiryhmät, kuten kalat, voivat liikkua aktiivisesti suurimman osan elämästään. Jotkut lajit tarvitsevat myös tiheämmän elinympäristöverkoston kuin toiset. Esimerkiksi lohi voi vaeltaa useita satoja kilometrejä, kun taas ahven liikkuu vain lyhyitä matkoja (10 km). Pohjanlahdella on myös lajeja, jotka leviävät tuskin ollenkaan, kuten rakokohauru (keskimäärin noin 10 m ja enimmillään vain 1 km)¹⁶. Jotkin lajit voivat myös siirtyä aktiivisesti elinympäristöstä



toiseen, kun taas toiset lajit ovat riippuvaisia passiivisesta kulkeutumisesta virtausten mukana.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli selvittää, kuinka hyvin elinympäristöt ovat kytkeytyneitä lajien leviämisen turvaamiseksi. Eräällä tutkimuksen analyysimenetelmällä keskityttiin erityisesti syvyyteen, mikä korostaa matalien alueiden tärkeyttä lajien leviämisen kannalta (Kuva 7). Analyysi visualisoi pitkän aikavälin leviämistä lajeille, joille leviämisessä suotuisampia ovat matalat alueet ja joiden leviämistä erityisen syvät alueet rajoittavat. Virtauksia ei otettu huomioon analyysissa. Tulokset viittaavat siihen, että Pohjanlahden kapea kohta, Merenkurkku, on tärkeä lajien leviämisreitti Ruotsin ja Suomen välillä. Pohjanlahden Suomen puoleinen rannikko soveltuu paremmin lajien leviämiseen, koska rantaviiva on matalaa ja edistää siten monimuotoisten ja laajojen ekosysteemien syntyä. Toisaalta Ruotsin puoli Pohjanlahtea on luonnostaan erittäin jyrkkä pohjaprofiililtaan, mikä tarkoittaa sitä, että valon saatavuus vähenee nopeasti ja näin kasvi- ja levälajit ovat rajoittuneita esiintymään melko kapealla vyöhykkeellä rannikolla. Tämä rajoittaa ekosysteemien laajuutta ja määrää tietyllä alueella ja vaikuttaa siten myös elinympäristöjen kytkeytyneisyyteen. Merenkurkun poikki kulkeva yhdistävä leviämisreitti korostaa Suomen ja Ruotsin välisen yhteistyön tärkeyttä. Vesilläämme elävät lajit eivät tunnista kansallisia rajoja ja siksi maiden yhteinen vastuu on tarjota esteetön yhteys Merenkurkun yli.



Kuva 7. Mallitettu lajien leviämismahdollisuus ja geenivirta. Oranssi väri kuvaa parempia leviämisolosuhteita, keltainen väri keskimääräisiä olosuhteita ja turkoosi väri kuvaa heikompia leviämisolosuhteita. Pohjanlahden keskiosan matala Merenkurkku on tärkeä lajien leviämisreitti Ruotsin ja Suomen välillä. Ruotsin rannikolla lajien liikkumista rajoittaa monin paikoin erittäin syvä rantaviiva, mikä rajoittaa monien lajien esiintymisen melko kapealle vyöhykkeelle ja heikentää leviämismahdollisuuksia. Siten lahden Ruotsin puoleinen rannikko voidaan määritellä luontaisesti pirstoutuneeksi meriympäristöksi.



Matalat ja vähäisen ihmispaineen alueet ovat tärkeitä lajien liikkumisen kannalta. Kuva: Anniina Saarinen / Västerbottenin lääninhallitus.

Tulevaisuus on epävarmaa

On tärkeää muistaa, että tässä yhteenvetoraportissa esitetyt tulokset perustuvat tiettyihin oletuksiin ja mallinnusmenetelmiin, ja mallit sisältävät aina useita epävarmuustekijöitä ja virhelähteitä. Jos ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuudet kehittyisivät eri tavalla tai jos Itämeren toimintaohjelman (BSAP) mukaisia ravinnevähennyksiä ei toteuteta onnistuneesti, kuten mallit olettavat, tulevaisuus näyttää erilaiselta. Ilmastomallit

sisältävät myös muita mahdollisia virhe- ja epävarmuuslähteitä tulevaisuuden skenaarioiden valinnan lisäksi. Luonnon monimutkaisuus ja erilaisten tulevaisuuksien mahdollisuudet tekevät tulevaisuuden ennustamisesta vaikeaa. Yhteenvetona voidaan todeta, että tässä ja muissa EConnect-hankkeen julkaisuissa esitetyt tulokset ja ennusteet edustavat vain yhtä lukuisista mahdollisista tulevaisuuksista.

Toimintaa ja sopeutumista

Ilmastomuutos tapahtuu juuri nyt, eikä sitä voi peruuttaa. Voimme kuitenkin toimia nyt ja pienentää ilmastomuutoksen vaikutuksia vähentämällä edelleen kasvihuonekaasupäästöjä ja vahvistamalla hiilidioksidin sidontaa ympäristöä suojelemalla. Lisäksi on tärkeää varmistaa, että Itämeren toimintaohjelman BSAP:n mukaiset ravinteiden vähennystavoit-

teet saavutetaan ajallaan koko Itämerellä terveemmän meren varmistamiseksi. Rehevöitymisen vähentäminen parantaa myös Itämeren ja sen lajien kykyä sopeutua ilmastomuutoksen vaikutuksiin. Huolimatta pyrkimyksistä minimoida ilmastomuutoksen vaikutukset, myös sopeutumista tarvitaan. Parempi merialuesuunnittelu, luonnonsuojelu ja

ennallistaminen auttavat luontoa ja yhteiskuntaa selviytymään tulevista muutoksista. EConnect-hankkeen tulosten on tarkoitus auttaa visualisoimaan mahdollista tulevaisuutta, johon meidän on ehkä sopeuduttava. Hankkeen lajien levinneisyysmallit tarjoavat ennusteita alueen monien tärkeiden lajien mahdollisesta tulevasta tilasta. Tämän tiedon perusteella voidaan harkita riittäviä suojelukeinoja lajeille, joiden odotetaan kärsivän tulevista muutoksista niille vielä tulevaisuudessa hyvin soveltuvissa paikoissa. Ihmisten ja yhteiskunnan tulee sopeutua tuleviin muutoksiin muuttamalla tapoja, joilla turvaudumme tiettyihin ekosysteemipalveluihin, esimerkiksi

investoimalla uusien hyödyntämiseen. Tätä varten tarvitsemme parempaa ymmärrystä ekosysteemipalveluiden tulevista muutoksista. Esimerkiksi voisi olla kannattavaa luoda markkinoita ja kehittää tuotteita lämpimään veteen sopeutuneista kalalajeista, koska niiden odotetaan hyötyvän tulevaisuuden veden lämpötilan noususta. Lisäksi tunnistamalla paremmin tarpeen elinympäristöjen kytkeytyneisyydelle, voimme keskittyä koko rannikon yhteyksien parantamiseen merialuesuunnittelun keinoin. Tämän päivän teoilla ja päätöksillä on kauaskantoisia vaikutuksia ja ne määrittävät, millaisen tulevaisuuden Itämeri ja luonto ja ihmiset kohtaavat.

Pohjanlahden keskiosat tarjoavat mielenkiintoisen tutkimusalueen, sillä siellä esiintyy runsaasti sekä meri- että makean veden lajeja. Kuva: Erik Engelro / Västernorrlandin lääninhallitus.

Miten hillitä meriympäristön tulevia muutoksia?

- Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen
- Luonnonsuojelu
- Elinympäristöjen ennallistaminen
- Rehevöitymisen ja saastuttamisen vähentäminen
- Kestävä merialuesuunnittelu



Viitteet

- ¹ Räisänen, J. A. 2017. Future Climate Change in the Baltic Sea Region and Environmental Impacts. In H. V. Storch (Ed.), Oxford Research Encyclopedias: Climate Science Oxford University Press.
- ² von Storch, H., Omstedt, A., Pawlak, J. & Rekermann, M. 2015. Introduction and Summary. Chapter 1. In: Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. The BACC II Author Team. Springer International Publishing, 1-22
- ³ Meier, H. E. M., Höglund, A., Almroth-Rosell, E. & Eilola, K. 2017. Impact of accelerated future global mean sea level rise on hypoxia in the Baltic Sea. *Climate Dynamics*, 49, 163-172.
- ⁴ Meier, H. E. M., Edman, M., Eilola, K., Placke, M., Neumann, T., Andersson, H., Brunnabend, S.-E., Dieterich, C., Frauen, C., Friedland, R., Gröger, M., Gustafsson, B. G., Gustafsson, E., Isaev, A., Kniebusch, M., Kuznetsov, I., Müller-Karulis, B., Naumann, M., Omstedt, A., Ryabchenko, V., Saraiva, S. & Savchuk, O. P. 2019. Assessment of uncertainties in scenario simulations of biogeochemical cycles in the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*, 6: 46.
- ⁵ HELCOM & Baltic Earth. 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180.
- ⁶ Kautsky, N. 1981. On the trophic role of the blue mussel (*Mytilus edulis* L.) in a Baltic coastal ecosystem and the fate of the organic matter produced by the mussels. *Kieler Meeresforschungen Sonderheft*, 5, 454-461.
- ⁷ Viitasalo, M., Kostamo, K., Hallanaro, E. L., Viljanmaa, W., Kiviluoto, S., Ekebom, J. & Blankett, P. 2017. Meren aarteet: löytöretki Suomen vedenalaiseen meriluontoon. *Gaudeamus*, 518.
- ⁸ Kautsky, L. & Kautsky, N. 2000. The Baltic Sea, including Bothnian Sea and Bothnian Bay. *Seas at the millennium: an environmental evaluation*, 1, 121-133.
- ⁹ Fly, E. K. & Hilbish, T. J. 2013. Physiological energetics and biogeographic range limits of three congeneric mussel species. *Oecologia* 172, 35-46.
- ¹⁰ Jaatinen, K., Westerbom, M., Norkko, A., Mustonen, O. & Koons, D. N. 2020. Detrimental impacts of climate change may be exacerbated by density-dependent population regulation in blue mussels. *Journal of Animal Ecology*, 00:1-12.
- ¹¹ Härmä, M., Lappalainen, A. & Urho, L. 2008. Reproduction areas of roach (*Rutilus rutilus*) in the northern Baltic Sea: potential effects of climate change. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(12), 2678-2688.
- ¹² Engstedt, O., Stenroth, P., Larsson, P., Ljunggren, L. & Elfman, M. 2010. Assessment of natal origin of pike (*Esox lucius*) in the Baltic Sea using Sr: Ca in otoliths. *Environmental Biology of Fishes*, 89(3), 547-555.
- ¹³ MacKenzie, B. R., Gislason, H., Möllmann, C. & Köster, F. W. 2007. Impact of 21st century climate change on the Baltic Sea fish community and fisheries. *Global Change Biology*, 13(7), 1348-1367.
- ¹⁴ Heilskov, A. C., Alperin, M. & Holmer, M. 2006. Benthic fauna bio-irrigation effects on nutrient regeneration in fish farm sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 339(2), 204-225.
- ¹⁵ Kontula, T. & Raunio, A. 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. 388 s. & 925 s.
- ¹⁶ Berkström, C., Wennerström, L. & Bergström, U. 2019. Ekologisk konnektivitet i svenska kust- och havsområden - en kunskapssammanställning. *Aqua reports 2019:15*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 65.

Miltä Itämeri näyttää vuonna 2120?

EConnect-hanke oli Interreg Botnia-Atlantica alainen hanke, joka alkoi kesäkuussa 2018 ja päättyi toukokuussa 2022. Hanke on tulosta Suomen ja Ruotsin pitkäaikaisesta rajat ylittävästä yhteistyöstä Pohjanlahdella. Hankkeen kumppaneina olivat Västerbottenin lääninhallitus, Västernorrlandin lääninhallitus, Metsähallituksen Luontopalvelut sekä Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. Hankealue rajoittui

Pohjanmaalle ja Keski-Pohjanmaalle Suomessa sekä Västerbottenin ja Västernorrlandin lääneihin Ruotsissa. Projektissa käytetyt ilmastomallit perustuvat SMHI:n ja Ilmatieteen laitoksen mallinnukseen. Mallit tehtiin alun perin SmartSea-projektiin vuoteen 2059 asti, mutta EConnect-hankkeessa mallinnusta pidennettiin vuoteen 2099 asti.

Lisätietoa

Hankkeen loppuraportit löytyvät econnect2120.com

[SeaGIS2.0 karttapalvelusta](#) löydät hankkeesta tuotetut tulevaisuusmallit ja karttatason

Twitter: BA_ECONNECT

Facebook: Interreg_EConnect

Tarinakartta:



Kirjoittajat:

Emma Andersén¹, Essi Lakso¹, Tytti Turkia¹, Anniina Saarinen², Johnny Berglund², Lotta Nygård³, Anna Bonde⁴, Anette Bäck¹

¹Metsähallitus

²Västerbottenin lääninhallitus

³Västernorrlandin lääninhallitus

⁴Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus

Kansikuva: Juuso Haapaniemi

Taitto: KMG Turku



EUROPEAN UNION

Interreg
Botnia-Atlantica

European Regional Development Fund



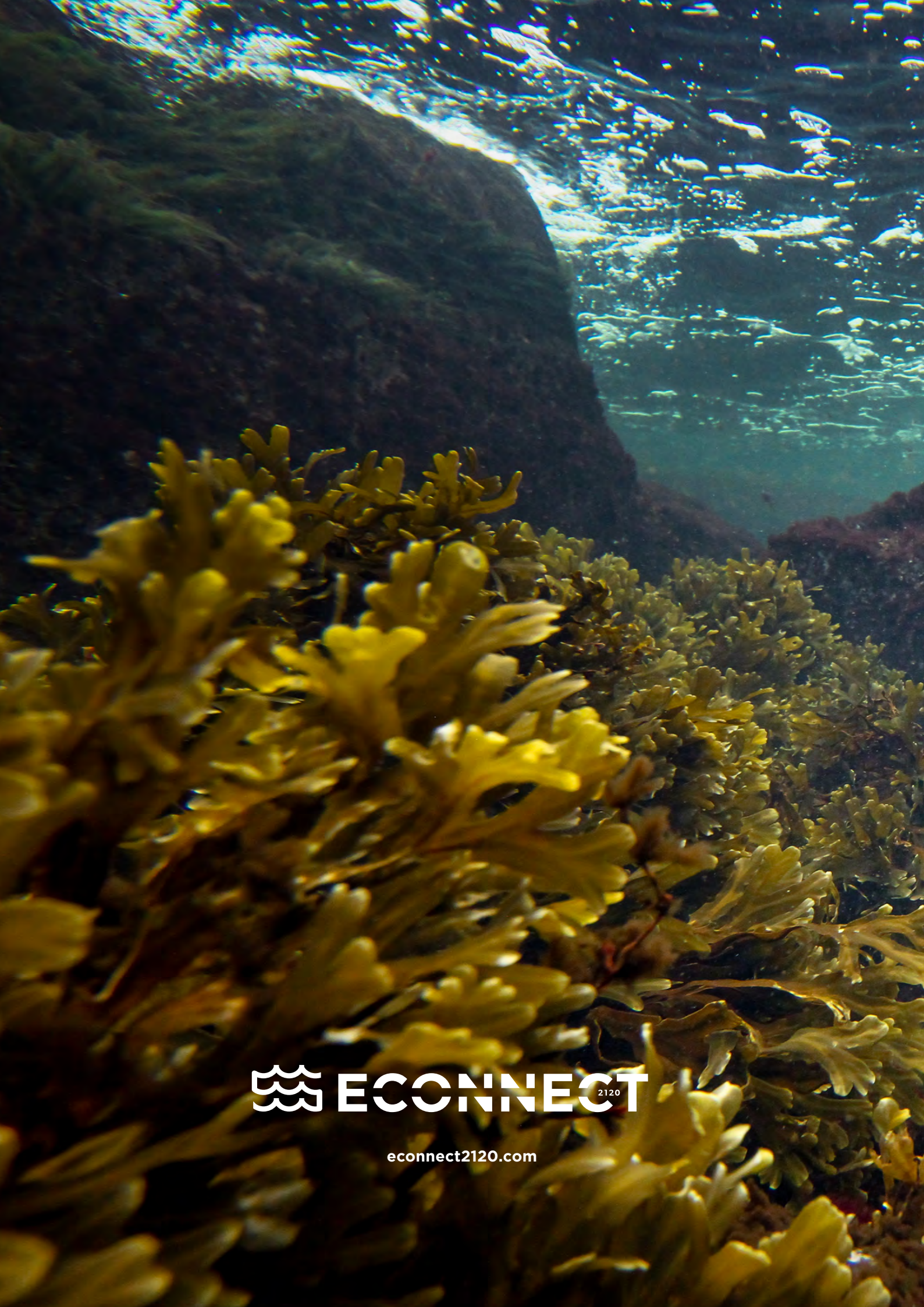
**Havs
och Vatten
myndigheten**



Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Närings-, trafik- och miljöcentralen



METSÄHALLITUS
FORSTSTYRELSEN



econnect2120.com