



Hur kommer havet att se ut år 2120?

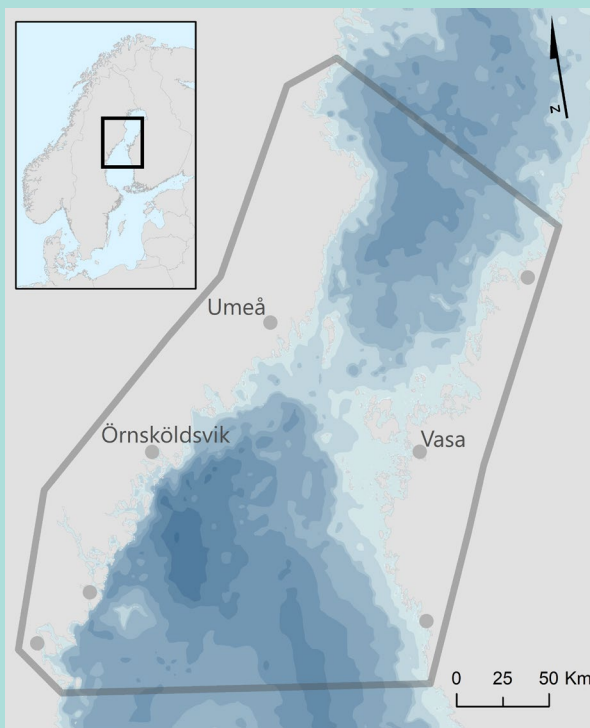
EConnect
Sammanfattande rapport

Visste du att den globala uppvärmningen kan drabba nordliga områden och grunda hav inklusive Östersjön hårdare än det globala genomsnittet? Till år 2120 kan den genomsnittliga temperaturen i vattnet nära botten i centrala Bottniska viken under sommaren öka med 3°C och istjockleken under vintern kan minska med över 80 %. Effekter av klimatförändringen på undervattensmiljön i Bottniska viken har undersökts i projektet EConnect.



Nyckeln till att minimera effekterna av klimatförändringen i havet är att minska utsläppen av växthusgaser. Samtidigt måste vi vara redo att vidta åtgärder för att anpassa oss till förändringarna som sker. Men hur kan vi veta hur vi ska agera om vi inte har kunskap om hur klimatförändringen kan påverka vårt havsom-

råde? Detta dokument innehåller den senaste informationen om möjliga framtida förändringar i centrala Bottniska viken. Var kan vi se de största förändringarna i vattentemperatur och salthalt, och hur kommer nyckelarterna att klara sig i ett förändrat klimat?



EConnects projektområde (grå linje) ligger i centrala Bottniska viken i Östersjön mellan Sverige och Finland. I mitten av projektområdet ligger Kvarken som är ett väldigt grunt (ljusare blå) havsområde jämfört med områdena i norr och söder (mörkare blå).

Projekt EConnect

EConnect var ett samarbetsprojekt mellan Sverige och Finland med syftet att studera hur klimatförändringen kan påverka arters utbredning, ekosystemtjänster och kopplingar mellan livsmiljöer i centrala Bottniska viken om 100 år.

Denna sammanfattande rapport beskriver några av de centrala resultaten i projektet. För material, metoder och mera detaljerade resultat hänvisas läsaren till huvudrapporterna. Rapporterna samt annat material finns på projektets hemsida, econnect2120.com.

Den unika Bottniska viken

Centrala Bottniska viken är hem för en blandning av arter med både söt- och saltvattenursprung. Salthalten i området är låg och ca 80 % av allt vatten härstammar från de många älvar och åar som rinner ut i Bottniska viken. Marina arter såsom blåmusslan (*Mytilus trossulus x edulis*) lever på gränsen av sin tolerans på grund av den låga salthalten. Vissa arter, såsom östersjövikaren (*Pusa hispida botnica*) har också anpassat sig till att leva i kallare vatten och är beroende av vinterisen. Det är därför klimatförändringen kan ha särskilt betydande effekter just här i centrala Bottniska viken.

När vi förbereder oss för förändringarna är det viktigt att ha kunskap och information om hur klimatförändringen kan påverka området i framtiden.

Det är inte heller för sent att vidta åtgärder för att minimera effekterna av klimatförändringen och den globala uppvärmningen. Framtida förändringar som är presenterade i detta dokument baserar sig på klimatmodeller och det värsta möjliga klimatscenarioet. Om omfattande åtgärder vidtas kan det värsta klimatscenarioet fortfarande undvikas.

Östersjövikaren är en av de mest ikoniska arterna som förekommer i projektområdet. Den föder sina ungar i snögrottor på havsisen och förväntas därför drabbas negativt av varmare klimat och minskat istäcke. Foto: Peter Lilja / Länsstyrelsen Västerbotten.



Varmare vatten och tunnare istäcke

De senaste klimatmodellerna tyder på att den genomsnittliga temperaturen i vattnet nära botten under sommaren kan i medeltal öka med 3 °C i centrala Bottniska viken mot slutet av detta århundrade (Figur 1). Uppvärmningen blir större i grunda områden än i djupa. När medeltemperaturen under sommaren ökar, kommer sannolikt även maximala temperaturen att öka. Värmeböljor i havet kan utgöra ett allvarligt hot mot livet under ytan i framtiden.

Vintrarna förväntas också bli varmare och tjockleken på havsisen förväntas bli över 80 % tunnare i slutet av detta sekel (Figur 2). Denna modellerade minskning gäller den genomsnittliga istjockleken

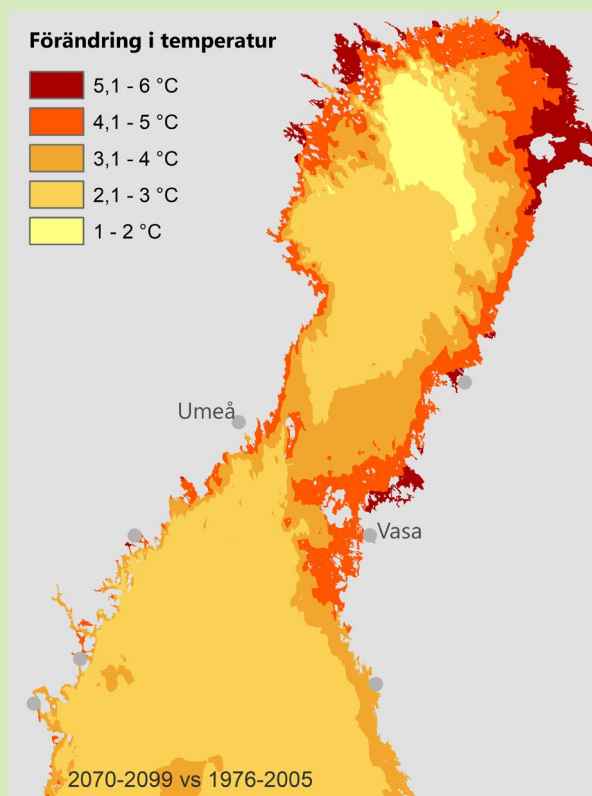
under vintrar under en period av 30 år. Det kommer sannolikt även i framtiden finnas variation i omfattningen och tjockleken på istäcket mellan enskilda år.

Dessa förändringar i vattentemperatur och isförhållanden, tillsammans med andra förväntade förändringar i havet, kan ha en betydande effekt på ekosystemen. Utbredningen av arter kan förändras och skapa kaskadeffekter även på människans välbefinnande och ekonomi. Naturens fysiska och biologiska komponenter är grunden för ekosystemtjänster som vi är beroende av, såsom syre, mat från havet och rent vatten.

Modeller

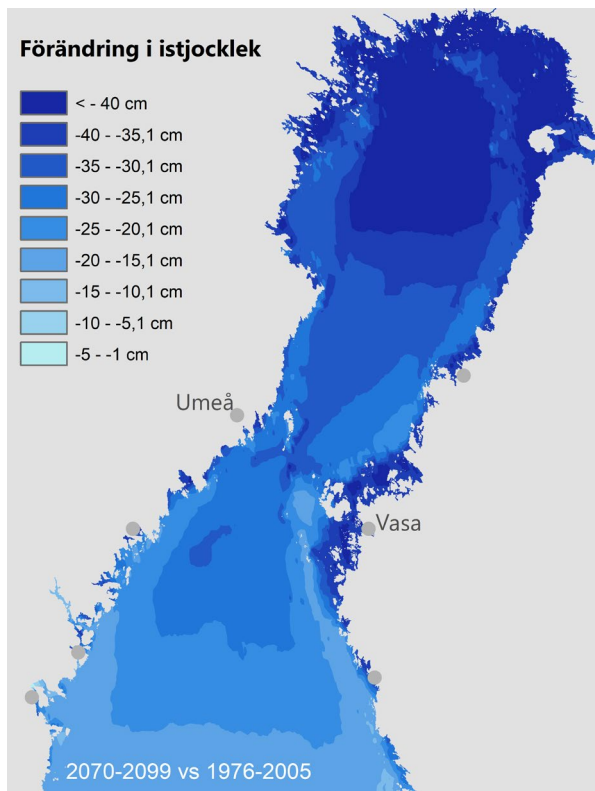
Klimatmodellerna som användes i detta projekt var baserade på det värsta tänkbara klimatscenario (RCP8.5) och reduktionsmålet för näringstillförseln i HELCOMs handlingsplan för Östersjön (BSAP). Klimatmodellerna skapades av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI och Finlands Meteorologiska Institut, FMI.

Det är med andra ord den här typen av framtid vi kan möta om vi inte minskar utsläppen av växthusgaser men lyckas ta itu med de lokala övergödningssproblemen i Östersjön.



Figur 1. Förändring i vattnets temperatur nära havsbotten baserat på klimatmodellerna som tagits fram av SMHI och FMI.

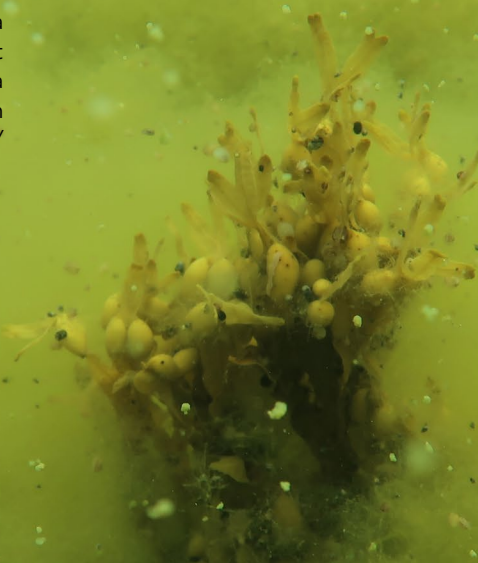
Möjligheterna för isfiske kommer bli mer sällsynta om isen blir tunn eller saknas helt i framtiden. Foto: Seger Marketing.



Figur 2. Genomsnittlig förändring i istjocklek baserat på klimatmodellerna från SMHI och FMI.

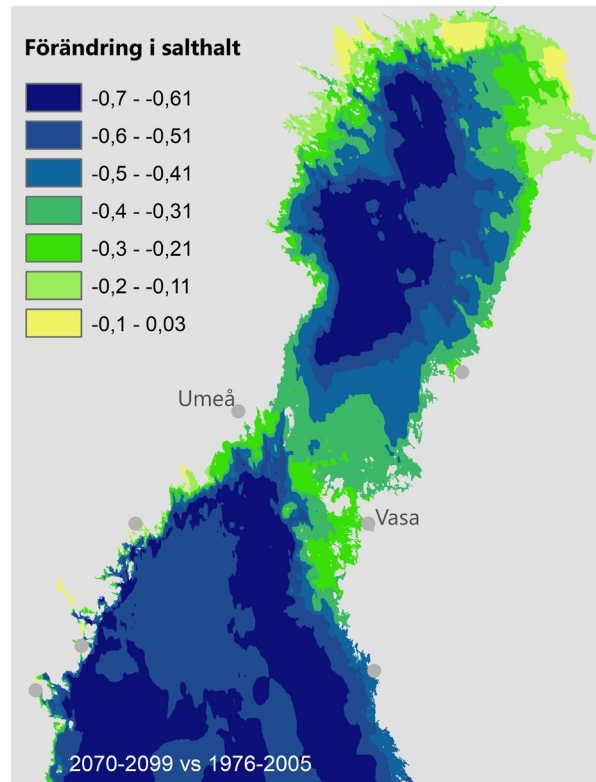


Blåstång (*Fucus vesiculosus*) omgiven av trådalger. Blåstången och smaltången (*Fucus radicans*) kan dra nytta av mindre is i framtiden men påverkas negativt av värmeböljor på sommaren. Trådalger, som kan växa över blåstång och smaltång, kan också öka i framtiden på grund av varmare vatten. Foto: Johnny Berglund / Länsstyrelsen Västerbotten.



Möjliga förändringar i salthalt

De klimatmodeller som använts i detta projekt tyder på att den genomsnittliga salthalten vid botten kan komma att minska med ca 10 % (Figur 3). En förändring kan vara mycket stressande för några av de marina arterna i Kvarken som redan lever nära gränsen för sin tolerans för låg salthalt. Det finns dock en hel del osäkerhet i framtida prognoser för nederbörd, avdunstning, avrinning, havsnivåhöjning, och frekvensen av saltpulser från Nordsjön, vilka kan påverka salthalten^{2, 3}. Därför är prognoserna för framtida salthalt mycket osäkra och flera olika framtidsscenarioer verkar vara möjliga^{4, 5}.



Figur 3. Förändring i salthalt vid botten baserat på klimatmodellerna från SMHI och FMI. Enheten för salthalt är PSU.

Foto: Heidi Arponen / Forststyrelsen.



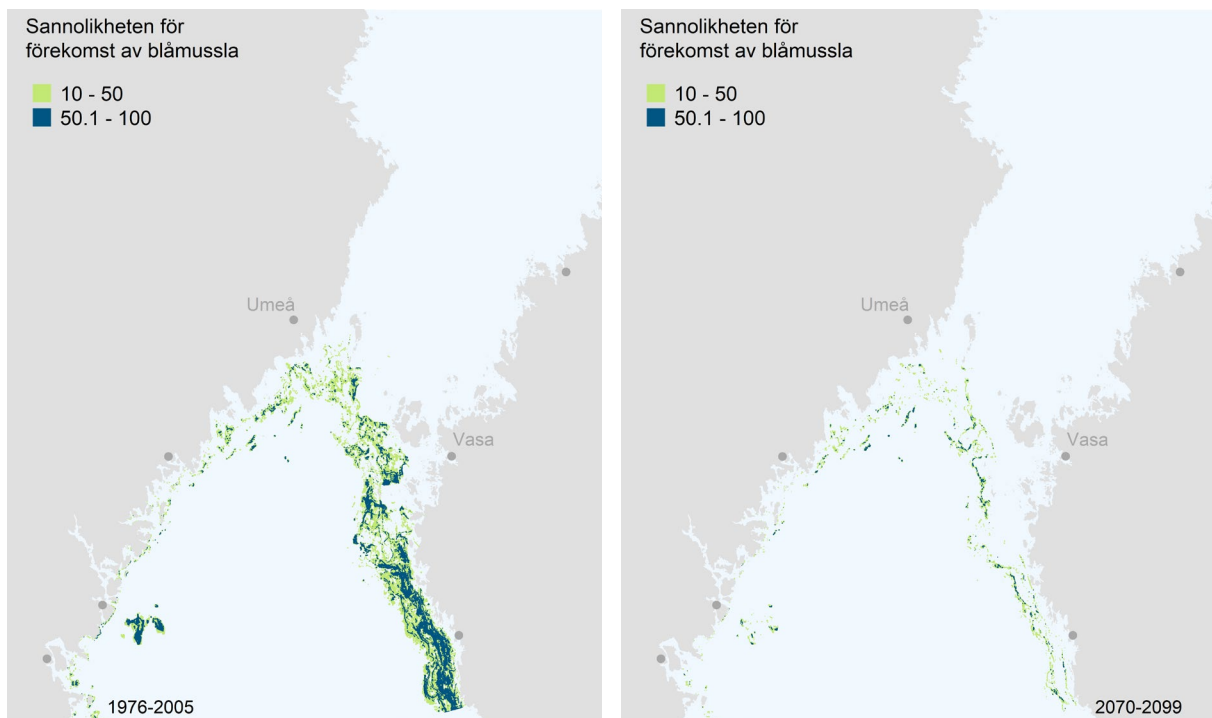
Hur reagerar arterna på förändringarna i miljön?

Den globala uppvärmningen förändrar miljöförhållandena i havet. Vissa arter kommer att gynnas av dessa förändringar, andra kommer att påverkas negativt och en del arter kommer inte att visa någon tydlig respons alls. Arterna som mest sannolikt kommer att frodas i framtiden är undervattensväxter och alger som gynnas av varmare vattentemperaturer, isfria vintrar och minskade näringshalter (om reduktionsmålet för näringstillförseln implementeras). På motsvarande sätt förväntas arter som föredrar kallare vatten och högre salthalt reagera negativt på förändringarna.

Naturen förändras

Det finns både vinnare och förlorare när förhållandena i naturen förändras. Besök econnect2120.com för att se hur utbredning av olika arter kan komma att förändras i framtiden på grund av klimatförändringen.

Blåmusslan är en nyckelart i Östersjön. Den utgör mat och livsmiljö för många olika arter. Därför kan förändringarna i blåmusselsamhällen påverka hela ekosystemet^{6, 7}. Blåmusslor filtrerar också näringsämnen och skadliga ämnen från vattnet. Det har uppskattats att blåmusslorna i Östersjön årligen filtrerar hela Östersjöns vattenmängd⁸. Den kombinerade stressen av låg salthalt och drastiskt ökande vattentemperaturer i framtiden kan visa sig bli för mycket för blåmusslorna som redan idag lider av höga vattentemperaturer speciellt under extremt varma somrar^{9, 10}. Baserat på artutbredningsmodellerna gjorda i projektet, kan blåmusslorna i projektområdet minska drastiskt mot slutet av detta århundrade. Det kan hända att större blåmusselpopulationer endast kommer finnas i områden där salthalten är högre och i djupare vatten där vattentemperaturerna är lägre (Figur 4). Blåmusslor behöver dock stenar eller annat hårt underlag att fästa sig vid och i de djupare områden är det ofta mjukbotten som dominerar. Därför ser inte framtiden särskilt ljus ut för blåmusslor i centrala Bottniska viken eller för arterna som är beroende av blåmusslan.



Figur 4. Lämpliga områden för blåmusslan under referensperioden (till vänster) och i framtiden (till höger) baserat på modelleringar över artutbredning gjorda i projekt EConnect. Bottensubstrat har inte tagits i beaktande i modelleringarna vilket betyder att områden utpekade som lämpliga för blåmusslan är lämpliga endast ifall botten substratet är hårt och lämpligt för musslorna att fästa sig vid. Den gröna färgen representerar måttligt lämpliga områden för blåmusslan och den blåa färgen representerar de mest lämpliga områden för blåmusslan. Modelleringen baserar sig på det värsta klimatscenarioet RCP8.5 och BSAPs mål för minskning av näringstillförseln.

Förändringarna i Ekosystemtjänster

Arter och ekosystem förser oss med gratis tjänster och nyttor som kallas för ekosystemtjänster (Figur 5). Vissa ekosystemtjänster, såsom fisk och bär kan vi utnyttja direkt som mat. Denna typ av ekosystemtjänster kallas försörjande ekosystemtjänster. Ekosystemtjänster som vi däremot har nytta av indirekt är ofta lätta att glömma eftersom de är svårare att se och förstå. Till dem hör till exempel reglerande ekosystemtjänster såsom levande organismer som neutraliserar gifter i vattnet eller botten djur och bakterier som återvinner näringsämnen i ekosystemet. Olika växter som lever på havsbotten bidrar också till ett antal olika ekosystemtjänster. Utöver att de fotosyntetiserar så utgör de mat, livsmiljöer och

gömställen för fiskar och andra organismer. Havet i sig reglerar också klimatet genom att absorbera en stor del värme och koldioxid från atmosfären. Havet förser oss även med kulturella ekosystemtjänster såsom bad och båtliv på sommaren, och skridskoåkning på vinter.

Klimatförändringen förväntas ha både positiva och negativa effekter på ekosystemtjänster som havet producerar. Varmare vatten kan leda till större risk för algblomningar på somrarna vilket minskar bland annat havets värde för rekreation. Å andra sidan kan varmare vatten förbättra levnadsförhållanden för varmvattenfiskar såsom abborre, gädda och karpfiskar vilket kan leda till större

fångster av dessa fiskarter^{11, 12, 13}. Fiskarter såsom sik och lax har däremot anpassat sig till kallare vatten och förväntas därför minska i framtiden. Detta kan även leda till förändringar i fiskerinäringen. Arterna i Bottniska viken behöver också hantera andra möjliga effekter av klimatförändringen, såsom förändringar i pH och spridning av främmande arter, som riskerar påverka havets ekosystemtjänster.

Havsisen förväntas bli tunnare eller till och med försvinna helt. Detta kommer att minska de mycket uppskattade kulturella tjänsterna såsom isfiske, skridskoåkning och skidåkning. Havsisen har också en viktig uppgift att sakta ner vattenrörelser på vintern och om detta skyddande istäcke försvinner kan det leda till andra problem. Det är generellt svårt att förutse förändringarna i de fysiska parametrarna, men klimatförändringen kan till exempel leda till ökad

risk för stormar och större vågor vilket kan skada byggnader och annan infrastruktur vid havet².

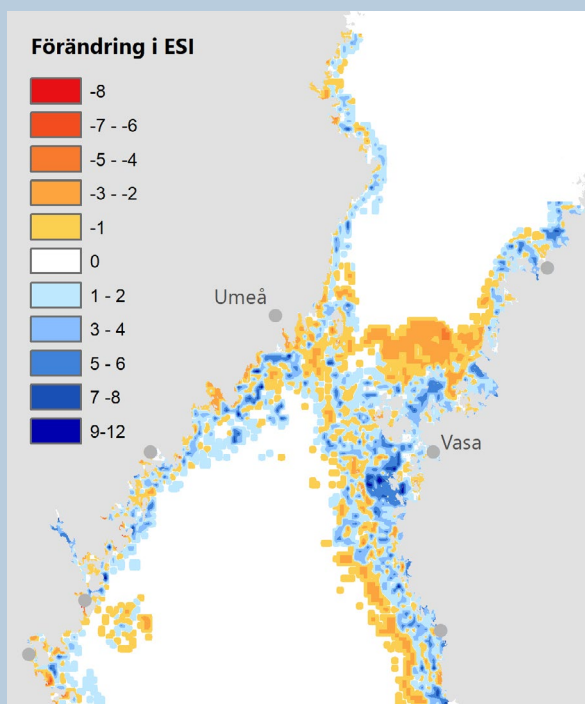
Ett ekosystemtjänst index (ESI) som har tagits fram i detta projekt visar var ekosystemtjänster kan komma att minska eller öka i framtiden (Figur 6). Indexet baserar sig på de viktigaste arterna av växter, alger och bottendjur i projektområdet och beskriver ekosystemtjänsterna kopplade till dessa arter. Nettoförändringen i projektområdet är +3 %, vilket i praktiken inte innebär någon anmärkningsvärd förändring i ekosystemtjänsterna med tanke på alla osäkerhetsfaktorer. Det finns dock intressanta och lokalt viktiga mönster i hur ESI kan förändras i framtiden. Generellt visar kartan att ekosystemtjänsterna i de djupare havsområden kommer att påverkas negativt av klimatförändringen i framtiden medan de kustnära grunda områden kan komma att påverkas positivt (Figur 6).



Figur 5. Ekosystemtjänsterna är ofta grupperade i tre huvudkategorier: Förvärdande tjänster, reglerande tjänster och kulturella tjänster. Därtill utgör stödande tjänster en fjärde grupp. Stödande tjänster innefattar de underliggande processerna och funktionerna i ekosystemen som upprätthåller de andra ekosystemtjänsterna. Det är därför stödande tjänster ofta lämnas bort i samband med att man pratar om tjänster som naturen producerar. Foto: Anniina Saarinen / Länsstyrelsen Västerbotten, Juuso Haapaniemi / Forststyrelsen & Seger Marketing.

Minskning i ekosystemtjänsterna i djupare områden beror på att viktiga nyckelarter som lever på havsbotten (vitmärkla *Monoporeia affinis*, blåmussla och östersjömussla *Limecola balthica*) förväntas minska. Orsakerna till den förväntade minskningen av dessa arter varierar beroende på arten men är kopplad till klimatförändringen och minskning i salt-halt och temperatur. Dessa arter har viktiga roller bland annat i näringskedjan i havet, för upptag av näringsämnen och vattenrening^{7, 14, 15}.

Positiva förändringar i grunda områden är kopplade till den förväntade



Figur 6. Förändringen i undervattenskosystemtjänster mellan referensperioden (1976-2005) och framtiden (2070-2099) mätt med ett Ekosystemtjänst index (ESI). ESI utvecklades i ECONnect projektet. Förändring i indexet förklarar förändring i försörjandet av ekosystemtjänster. Den blåa färgen beskriver en ökning av ekosystemtjänster medan den orange färgen beskriver en minskning av ekosystemtjänster. Ekosystemtjänster producerade av sammanlagt 11 arter var inkluderade i ESI beräkningarna och modelleringen av utbredningen för dessa arter baserade sig på det värsta klimatscenario RCP8.5 och BSAPs mål för minskning av näringstillförseln.

ökningen i utbredning av olika undervattensväxter och alger som kommer att gynnas av klarare vatten och isfria vintrar. Dessa förändringar är inte endast resultat av klimatförändringen utan också att modellerna förutsätter att vi uppnår HELCOMs mål för minskning av näringsämnen (BSAP) vilket innebär att näringsutsläppen från land kommer att minska. Om inte detta mål uppnås kommer den förutsedda framtiden se annorlunda ut eftersom övergödning är skadlig för arter och ekosystem. Det är också viktigt att komma ihåg att endast ekosystemtjänsterna producerade av vissa utvalda arter ha tagits i beaktande i denna utvärdering (se sida 12). Utvärderingen saknar alltså många arter och därmed ekosystemtjänster som de producerar. Till exempel har inte olika fiskarter tagits i beaktande i ESI beräkningarna och därför är tolkning av en möjlig framtid begränsad. Samtidigt reflekterar utbredningen av indexarterna också utbredningen av andra arter. Till exempel kan fiskarter såsom abborre och gädda gynnas av den förväntade ökningen i utbredningen av undervattensväxter och alger i grunda områden eftersom dessa utgör habitat, gömställen samt lek- och uppväxtområden för många fiskarter.

Kustområdenas betydelse

Många ekosystemtjänster är koncentrerade till grunda kustnära områden. Samtidigt är mänsklig påverkan som störst i dessa områden. Det är därför viktigt att vi använder kustnära områden på ett hållbart sätt så att vi inte riskerar att förlora ekosystemtjänsterna i framtiden.

Arter och artgrupper som är inkluderade i indexet



Östersjömussla



Fjärdermyggslarv



Ettåriga trådalger



Vitmärla



Blåmussla



Kräkel/gaffeltång



Blåstång & smaltång



Akvatiska mossor



Kransalger



Bladvass



Nateväxter



Illustrationer: Anniina Saarinen.

Liten bild: Julia Nyström, Forststyrelsen.

Stor bild: Juuso Haapaniemi, Forststyrelsen.

Arternas livsmiljöer behöver vara sammankopplade

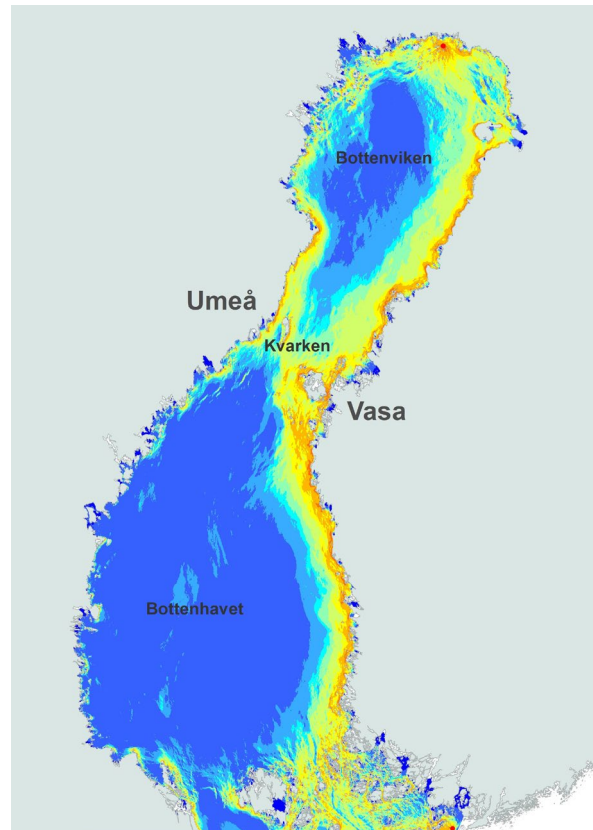
De arter som lever i havet har anpassat sig till specifika miljöförhållanden under en lång tid. Arterna i centrala Bottniska viken, inklusive Kvarken, är vana vid till exempel en viss vattentemperatur, salthalt och tjocklek på istäcket under vintern. Om förhållandena förändras snabbt i framtiden som en effekt av klimatförändringen kan det vara svårt för arterna att anpassa sig. Om en art inte kan anpassa sig till de nya förhållandena måste den flytta till ett annat område med lämpligare miljö.

Arter kan sprida sig mellan olika livsmiljöer om de inte är för långt ifrån varandra och om det inte finns några hinder i vägen. I havet kan sådana hinder uppstå från aktiviteter såsom byggnationer och muddringar som splittrar landskapet. Ogynnsam temperatur och salthalt kan också fungera som hinder för spridning. Skyddade områden fungerar som ostörda miljöer för organismer och är ett sätt att fylla i luckorna mellan störda livsmiljöer långt ifrån varandra. Ju bättre de skyddade områdena är placerade, desto bättre nätverk av livsmiljöer skapar de för arter. På så sätt ger vi fler chanser för arter att sprida sig och bättre förutsättningar för att överleva framtida förändringar. Det är viktigt att komma ihåg att inte alla arter kan sprida sig lika långt eller på samma sätt. Vissa artgrupper såsom växter eller musslor är orörliga en stor del av sitt liv och sprider sig främst som sporer eller larver. Andra artgrupper såsom fiskar kan sprida sig aktivt större delen av sitt liv. Vissa arter behöver också ett tätare nätverk av livsmiljöer än andra. Lax är exempel på en art som kan vandra långa sträckor (flera hundra kilometer) medan andra arter såsom abborre bara rör sig korta sträckor (ca 10 km). Det finns också arter som knappt sprider sig alls såsom blåstång (vanligtvis ca 10 m, men maximalt 1 km)⁶. En del arter kan aktivt sprida sig från en livsmiljö till en annan medan andra förlitar sig på passiv transport med strömmar.

Foto: Anniina Saarinen / Länsstyrelsen Västerbotten.



Ett syfte med projektet var att undersöka hur väl undervattensmiljön är sammankopplad med tanke på arters rörelse. En analysmetod för att undersöka detta, använder djupet som en barriär för rörelse och lyfter fram grunda områden som viktiga för arternas rörelse (Figur 7). Analysen visualiserar långsiktig spridning av arter som föredrar grunda miljöer och upplever djupa områden som svårare för sin spridning. Spridningen av arter i analysen följer inte strömmar. Resultaten visar att Kvarken är en viktig väg för arter att sprida sig mellan Sverige och Finland. Den finska sidan av Bottniska viken fungerar bättre för spridning eftersom kustlinjen är grund och därmed främjar förekomsten av rikliga ekosystem för många arter. På den svenska sidan däremot är grunda områden längs kustlinjen smalare än i Finland. Speciellt vid Höga Kusten sluttar stränderna brant ner mot djupet vilket betyder att undervattensväxter och alger endast kan finnas närmast stranden där ljuset kan nå havsbotten. Som resultat av detta, blir både ekosystemtjänsterna och konnektiviteten mer begränsade på den svenska sidan. Vägen för arternas rörelse i Kvarken understryker vikten av samarbete mellan Finland och Sverige. De arter som lever i våra vatten känner inte till nationella gränser och det är därmed ländernas gemensamma ansvar att tillhandahålla en barriärfri passage över Kvarken för arterna.



Figur 7. Möjliga rörelser av arter och genflöden modellerade för Bottniska viken. Analysen utgår ifrån arter som lever i grunda miljöer och som har svårt att sprida sig över djupa områden. Orange färg beskriver bättre spridningsförhållanden, gul färg en medelspridning och turkos färg beskriver svagare spridningsförhållanden. Den grunda Kvarken fungerar som en viktig väg för arter att förflytta sig mellan Sverige och Finland. Vid den svenska kusten är arternas rörlighet på många håll begränsad på grund av den djupa kustlinjen som minimerar lämpliga spridningsvägar. Den svenska kustlinjen i centrala Bottniska viken blir därmed naturligt fragmenterad och känslig.



Grunda och ostörda områden är viktiga för arternas rörelse. Foto: Anniina Saarinen / Länsstyrelsen Västerbotten.

Framtiden är osäker

Det är viktigt att komma ihåg att resultaten som är presenterade i denna sammanfattande rapport baserar sig på vissa antaganden och modelleringsmetoder. Precis som alla modeller så innehåller dessa flera olika felkällor och osäkerhetsfaktorer. Om koncentrationer av växthusgaser i atmosfären utvecklas på något annat sätt än vad som beskrivs här, kommer framtiden se annorlunda ut. Detsamma gäller för näringsämnen,

dvs om näringsutsläppen inte minskar enligt BSAP. Klimatmodeller innehåller även andra potentiella felkällor och osäkerhetsfaktorer än val av framtidsscenarioer. Därtill, naturens komplexitet och det faktum att framtiden är föränderlig gör det svårt att förutse framtiden. Sammanfattningsvis utgör resultaten från denna och andra publikationer från EConnect projektet endast ett möjligt scenario av framtiden.

Hur ska vi agera och anpassa oss?

Klimatförändringen pågår redan och dess effekter kan inte tas tillbaka. Vad vi kan göra är att agera nu och minska på effekterna av klimatförändringen genom att minska ytterligare växthusgasutsläpp och förstärka bindning av kol i naturen genom att bl.a. skydda miljön. Det är också viktigt att se till att målen för näringstillförseln i BSAP uppfylls i

tid i hela Östersjön för att säkerställa ett friskare hav. Att minska övergödningen kommer också förbättra Östersjöns förmåga att hantera effekterna av klimatförändringen bättre. Därtill behöver vi anpassa oss till effekterna av klimatförändringen. Bättre planering av skyddsområden, naturvård och restaurering hjälper både naturen och samhället att

klara av framtida förändringar. Resultaten från projektet EConnect är tänkta att hjälpa till för att visualisera en möjlig framtid som vi kan behöva anpassa oss till. Projektet har använt sig av artutbredningsmodeller för att förutspå en potentiell framtid för många viktiga arter i området. Med denna kunskap kan lämpliga metoder för skydd och bevarande övervägas för områden som fortfarande kommer att vara lämpliga för arterna i framtiden. Samhället kommer behöva anpassa sig till framtida förändringar och det är därför viktigt att förstå hur ekosystemtjänsterna kan komma att påverkas i framtiden. Det kan hända att vi inte kan förlita oss på alla ekosystem-

tjänster på samma sätt som tidigare och att vi behöver investera i utnyttjandet av nya tjänster. Det kan till exempel vara lönsamt att skapa nya marknader för och utveckla produkter av varmvattenfiskarter som förväntas gynnas av ökad vattentemperatur. Genom att bättre förstå behovet av kopplingar mellan livsmiljöer kan vi koncentrera oss på att förbättra konnektiviteten längs med hela kusten med hjälp av havsplanering. De handlingar vi tar och de beslut vi fattar idag kan få mycket omfattande effekter och kan avgöra vilken typ av framtid Östersjön och dess natur och människor kommer möta.

Centrala Bottniska viken erbjuder ett intressant område för forskning eftersom både marina- och sötvattensarter förekommer i samma vatten. Foto: Erik Engelro / Länsstyrelsen Västernorrland.

Hur kan vi minska klimatförändringens påverkan på undervattensmiljön?

- Minska utsläppen av växthusgaser
- Naturvård
- Återställa livsmiljöer
- Minska exploatering av kusten
- Minska övergödning och föroreningar
- Hållbar havsplanering



Referenser

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. & Reckermann, 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., Ekeboom, 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., Westerborn, 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.

Hur kommer havet att se ut år 2120?

EConnect projektet var ett Interreg Botnia-Atlantica projekt som startade i juni 2018 och avslutades i maj 2022. Projektet var ett resultat av ett långvarigt gränsöverskridande samarbete mellan Finland och Sverige i centrala Bottniska viken. Projektpartners var Länsstyrelsen i Västerbotten och Västernorrland, Forststyrelsen och Närings-, trafik-, och miljöcentralen i Södra Österbotten. Projekt-

området var begränsat till Österbotten och Mellersta Österbotten i Finland samt Västerbottens och Västernorrlands län i Sverige. De klimatmodeller som användes i projektet bygger på det modelleringsarbete som gjorts av SMHI och FMI. Modellerna gjordes ursprungligen för projektet SmartSea med prognoser till år 2059 men för projekt EConnect gjordes prognoserna till år 2099.

Mera information

Projektets rapporter finns på econnect2120.com

SeaGIS2.0 kartportal alla framtidsmodeller som producerats inom projektet i GIS-format

Twitter: BA_ECONNECT

Facebook: Interreg_EConnect

Berättelsekarta:



Författare:

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

¹Forststyrelsen

²Länsstyrelsen Västerbotten

³Länsstyrelsen Västernorrland

⁴Närings-, trafik-, och miljöcentralen i Södra Österbotten

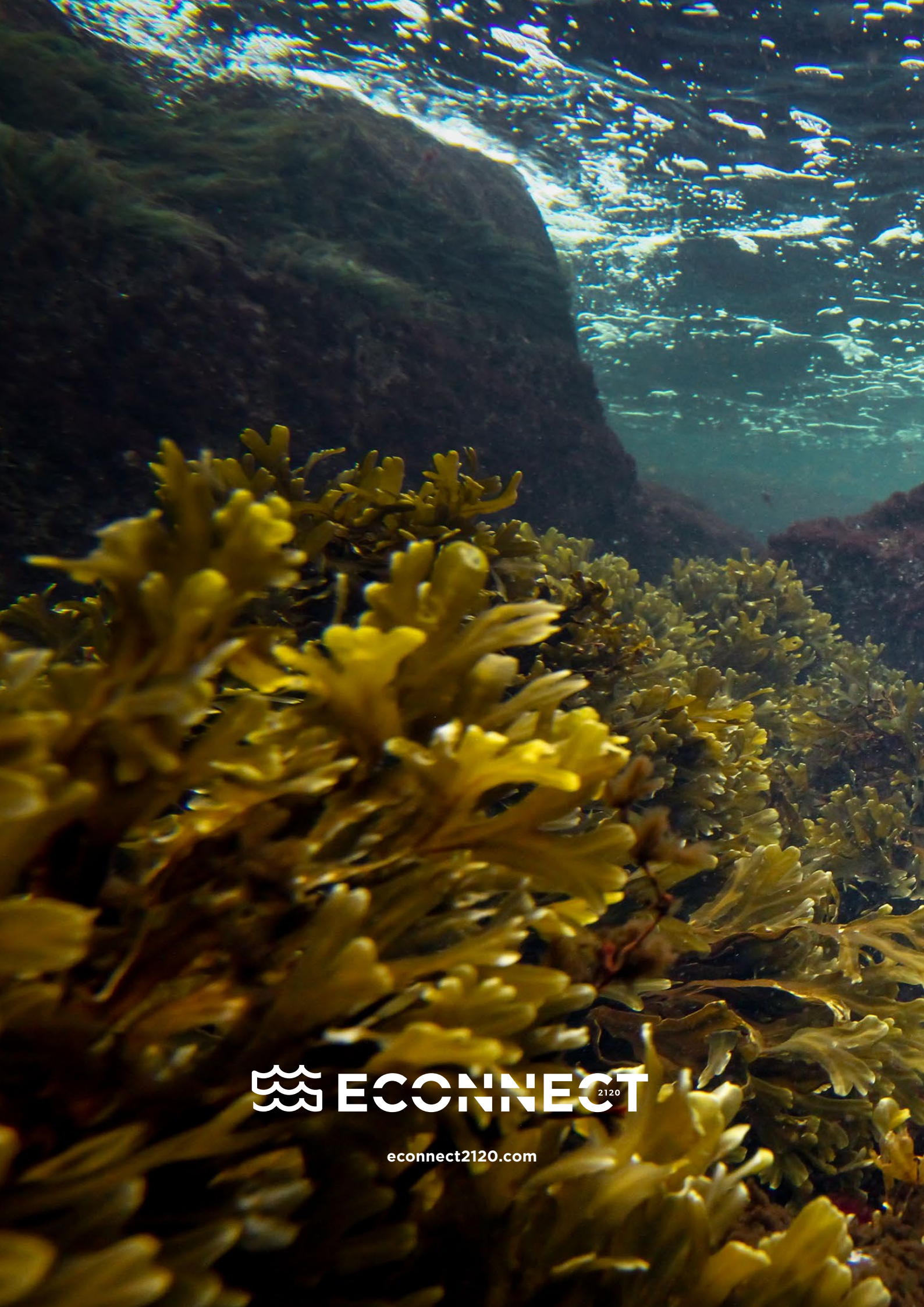
Pärmfoto: Juuso Haapaniemi

Layout: KMG Turku



Havs
och Vatten
myndigheten





 **ECONNECT** 2120

econnect2120.com