

Hållbar datadriven kustzonsplanering och förvaltning

En syntes av dagens möjligheter och
utmaningar

Malin Gustafsson, Ågot Watne,
Håkan Fridén

RAPPORT 7085 | DECEMBER 2022
IVL RAPPORTNR. C831



Hållbar datadriven kustzonsplanering och förvaltning

En syntes av dagens möjligheter och utmaningar

av Malin Gustafsson, Ågot Watne och Håkan Fridén

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7085-4

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2022

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2022

Omslagsfoto: Malin Gustafsson



Förord

I den här rapporten presenteras resultaten av syntesprojektet ”Hållbar datadriven kustzonsplanering och förvaltning”, ett av sex syntesprojekt som genomförts inom ramen för forskningssatsningen Digitalisering som stöd för en hållbar förvaltning.

Med satsningen ville Naturvårdsverkets och Havs- och vattenmyndigheten visa på digitaliseringens möjligheter i myndigheternas förvaltningsarbete.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag.

Författare är Malin Gustafsson, Ågot Watne, Håkan Fridén, samtliga vid IVL Svenska Miljöinstitutet. Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

Stockholm i november 2022

Maria Ohlman
Avdelningschef, Hållbarhetsavdelningen

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Summary	7
1. Introduktion	8
1.1 Kustzonen	8
1.2 Syfte och målgrupp	10
2. Metoder	11
2.1 Litteraturstudie	11
2.2 Riktade intervjuer	11
2.3 Genomgång av modeller och datakällor	12
2.4 Praktisk tillämpning	12
3. Kunskapsläget	13
4. Modellering och rumslig planering	15
4.1 Vad är en modell?	15
4.2 Vad är rumsliga planeringsverktyg?	15
4.3 Modellkomplexitet kontra osäkerhet	16
4.4 Förvaltning av modeller och verktyg	17
4.5 Modelleringsverktyg	17
4.5.1 Hydroynamiska modeller	20
4.6 Biogeokemiska- och ekosystemsmodeller	20
4.7 Verktyg för rumslig planering	21
4.7.1 Geografiska informationssystem	21
4.7.2 Områdesprioritering	21
4.7.3 Verktyg för ekosystemtjänster	22
4.7.4 Kumulativ konsekvensbedömning	23
5. Data	25
5.1 Vad är data?	25
5.2 Datatillförlitlighet	26
5.3 Datakällor/datatyper	27
5.3.1 Batymetri	27
5.3.2 Forskningsdata	27
5.3.3 Medborgardata	27
5.3.4 Miljöövervakningsdata	28
5.3.5 Myndighetsdata	28
5.3.6 Satellitdata och dataprodukter	29

6. Ny teknik och oexploaterade datakällor	30
6.1 Ny teknik	30
6.1.1 Artificiell intelligens	30
6.1.2 Kostnadseffektiva mätningar (sensorer) och sakernas internet (IoT).	30
6.1.3 Miljö-DNA	30
6.2 Oexploaterade datakällor	31
6.2.1 Industrier	31
6.2.2 Rörelser	31
7. Praktisk tillämpning	33
7.1 Underlag till kustzonsplanering	33
7.2 Underlag för att anlägga vattenbruk	35
8. Utmaningar och brister	36
8.1 Var finns fisken och hur djupt är det?	36
8.2 Jag hittar inte i datadjungeln!	37
8.3 Fina kartor och vackra färger	37
8.4 Jag vågar inte testa något nytt!	38
9. Rekommendationer	39
9.1 Verktygslåda för utförare	39
9.2 Grundläggande förutsättningar	40
10. Framtida lösningar	42
10.1 Nya tekniker för insamling av geografiskt täckande data	42
10.1.1 Miljö-DNA	42
10.1.2 Delade modellerade data	43
10.1.3 Kostnadseffektiva mätningar	43
10.2 Samla, länka och harmonisera data	44
10.3 Ansvar och förvaltning av data	45
10.4 Användning av kustzonen	46
11. Slutsatser	47
12. Källhänvisningar	49
Bilaga 1: Metod litteraturstudien	54
Bilaga 2: Exempel på olika kategorier av modeller som kan vara användbara för kustzonsplanering och förvaltning	56
Bilaga 3: Lista över länkar till datakällor	61

Sammanfattning

Kustnära marina ekosystem över hela världen är hotade på grund av mänskliga aktiviteter och klimatförändringar. I ramdirektivet för havsplanering (2014/89 / EU) anges att havsplanering ska stödja och underlätta hållbar tillväxt av havsbaserade aktiviteter som fiske, sjöfart och vattenbruk, och samtidigt bevara, skydda och förbättra våra marina miljöer. För att lyckas krävs data, god kunskap och noggrann planering av våra komplexa marina ekosystem. Modeller kan vara effektiva verktyg för kustzonsplanering och förvaltning eftersom de möjliggör scenariosimuleringar och icke-invasiva experiment. Tillgång till data av god kvalitet, både som indata till modeller och för modellvalidering, är viktigt för att modellresultaten ska hålla hög kvalitet. Det är dock ofta en utmaning att hitta bra dataunderlag.

Målet med denna syntes var att utvärdera möjligheter och brister i hur data, modeller och planeringsverktyg används idag och hur de skulle kunna användas i framtiden. Som ett led i detta har olika modeller, planeringsverktyg och datakällor sammanställts, beskrivits och utvärderats. Nya tekniker som skulle kunna hjälpa till att fylla de luckor och brister som identifierats har beskrivits. Kan, till exempel, data och modeller kombineras och användas för att underlätta kustzonsplanering och förvaltning?

Resultaten från denna syntes visar att nuvarande inventering och kartering av arter och flora i kustzonen är otillräcklig som underlag för tillförlitlig planering. Det finns ett stort antal modeller och planeringsverktyg anpassade för kustzonen, men i det flesta fall saknas grundläggande data, såsom geografiskt fördelade data över var olika arter och biotoper finns samt batymetri. Om underliggande data till modellerna eller planeringsverktygen är bristfälliga finns det en stor risk att resultat feltolkas eller övertolkas.

I komplement till traditionell inventering föreslås att nya tekniker och metoder bör utforskas. Detta kan handla om att kombinera, till exempel, miljö-DNA, maskininlärningstekniker, modellering och mätningar med nya lågkostnadssensorer för att samla in geografiskt fördelade data över arter och biotoper.

Resultaten från denna studie visar även att det finns stora möjligheter med att dela och återanvända data i kustzonsplanering och förvaltning. Det finns idag flera portaler där data delas, dock kan det vara svårt att hitta rätt data eftersom nödvändiga metadata ofta är bristfällig. Denna studie visar att det behövs ett system för datahantering och delning. Särskilt vill vi lyfta värdet av att arbeta med länkade data och beständiga identifierare. För att ha en chans att bevara våra kustnära ekosystem och naturvärden måste vi samla kompetens om miljö, digitalisering och näringsliv från såväl myndigheter, forskare och verksamhetsutövare. Det kommer krävas en övergripande långsiktig satsning som inkluderar utveckling av nya metoder och arbetssätt samt en förvaltningsgemensam digitalisering.

Summary

Coastal marine ecosystems all over the world are under threat due to human activities and climate change. The Maritime Spatial Planning Framework Directive (2014/89/EU) states that maritime spatial planning should support and facilitate the sustainable growth of offshore activities such as fishing, shipping, and aquaculture, while preserving, protecting, and enhancing our marine environments. To succeed, data, good knowledge and careful planning of our complex marine ecosystems are required. Models can be effective tools for coastal zone planning and management, as they enable scenario simulations and non-invasive experiments. Access to good quality data both as input to models and for model validation is essential to ensure high quality model results. However, it is often a challenge to find good data.

The goal of this synthesis was to evaluate opportunities and shortcomings in how data, models and planning tools are used today and how they could be used in the future. As part of this, we have compiled, described, and evaluated different models, planning tools and data sources. We have also investigated whether there are new technologies that could help fill the gaps and shortcomings identified. For example, can data and models be combined and used to facilitate coastal zone planning and management?

The results from this synthesis show that the current inventory and mapping of species and flora in the coastal zone is insufficient, to serve as a basis for reliable planning. There are many available models and planning tools adapted for the coastal zone, but in most cases basic input data are missing, such as spatial data on where different species and biotopes are located as well as bathymetry. If the underlying data for the models or planning tools is deficient, there is a high risk that the results will be misinterpreted or overinterpreted.

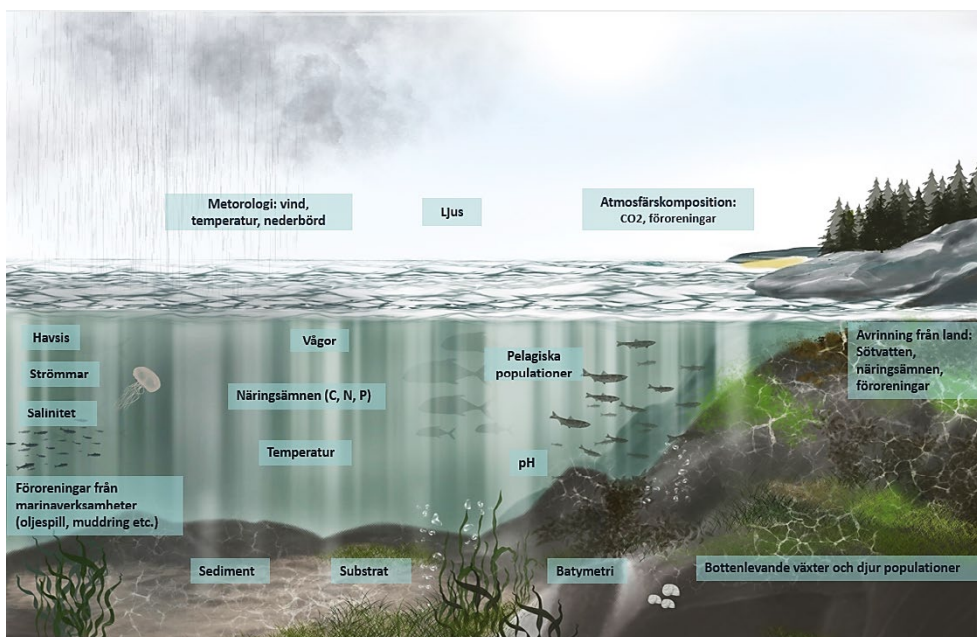
In addition to traditional inventory, new techniques and methods should be explored. This may involve combining, for example, environmental DNA, machine learning techniques, modelling, and measurements with new low-cost sensors to acquire the data of spatial distribution of species and biotopes that are missing.

Furthermore, the results from this study show that there are great opportunities in sharing and reusing data in coastal zone planning and management. There are today several data portals where data is shared, however, it can be difficult to find the right data due to insufficient metadata. A system for data management and sharing is needed. In particular, we want to highlight the value of working with linked data and persistent identifiers. In order to preserve our coastal ecosystems and enable sustainable growth of offshore activities, we must gather expertise on for example environment and digitization from both authorities, researchers and business practitioners. This will require an overarching long-term investment that includes the development of new methods and techniques as well as data management.

1. Introduktion

1.1 Kustzonen

Kustzoner är de områden där land, hav och atmosfär interagerar med varandra och bildar komplexa ekosystem, som ger livsmiljöer, mat, förutsättningar för fortplantning och skydd för otaliga arter (Suchanek 1994, Costanza, d'Arge et al. 1997). Figur 1 ger en överblick över olika faktorer som påverkar biologiska, fysiska och kemiska processer i kustzonen. Kustnära marina ekosystem över hela världen är hotade på grund av mänsklig verksamhet och klimatförändringar (Harley, Randall Hughes et al. 2006, Crain, Halpern et al. 2009). Dessa hot inkluderar havsförsurning, övergödning, kusthypoxi, överfiske, olika föroreningar från landbaserade källor och sjöfartsverksamhet (Harley, Randall Hughes et al. 2006, Fabry, Seibel et al. 2008, Conley, Carstensen et al. 2011, Gustavsson, Magnér et al. 2017, Lu, Yuan et al. 2018). I direktivet om särskild planering till havs (2014/89/EU) anges att havsplaneringen bör stödja och underlätta blå tillväxt, det vill säga en hållbar tillväxt av havsbaserade verksamheter såsom energiproduktion, fiske, sjöfart och vattenbruk, och samtidigt bevara, skydda och förbättra den marina miljön. För att lyckas med det krävs noggrann planering och stor förståelse för våra komplexa marina ekosystem (Clark 2018, Trouillet 2020).



Figur 1. Faktorer som påverkar kustzonen.

Etablering av marina skyddade områden är en del i arbetet med att skydda den biologiska mångfalden och andra naturvärden som våra kustnära områden erbjuder. Vid FN-mötet i Nagoya 2010 enades världens länder om att till år 2030 ska 30 procent av världens kust- och havsområden ingå i marina skyddade områden. Inom ramen för Helsingforskommissionen, HELCOM, och Oslo-Paris-Konventionen, OSPAR, arbetar Sverige med övriga medlemsländer för att skapa ett sammanhängande nätverk av skyddade områden i Östersjön och Nordost-Atlanten. I Sverige ansvarar Havs- och Vattenmyndigheten för att ta fram förslag på lämpliga områden som bör skyddas, medan Länsstyrelserna ansvarar för att skydda och förvalta dessa områden. För att identifiera vilka områden som bör skyddas, är det viktigt att veta var olika arter och biotoper finns, hur utsatta olika områden är för mänsklig aktivitet och andra påfrestningar som klimatförändringar, fysiologisk och biologisk status i våra vatten samt förutsättningar som krävs för att känsliga arter och biotoper ska frodas.

Modeller kan vara effektiva verktyg när det gäller ett brett spektrum av miljöproblem, eftersom det möjliggör scenariosimuleringar, prediktering och icke-invasiva experiment (Nihoul 2011, Nichols and Raghukumar 2020). Utvecklingen av modelleringsverktyg för marina ekosystem har gått framåt kraftigt under de senaste decennierna med ökad beräkningskapacitet och kunskap om våra hav (Anderson 2010).

Att ha tillgång till data av god kvalitet, både för att tillhandahålla indata för modellering och data för modellvalidering, är kritiskt för tillförlitligheten hos modellens resultat (Wilkin, Rosenfeld et al. 2017). Utan bra dataunderlag kan modeller vara högst missvisande. Det finns många olika typer av data som kan vara användbara för förbättring och lokal anpassning av olika modeller, allt från satellitdata till att en medborgare ser en sällsynt art och registrerar den i en app. Många modeller och verktyg användbara för kustzonsplanering och förvaltning kräver data med god geografisk täckning och rumslig upplösning. Kvaliteten och upplösningen i både tid och rum varierar dock kraftigt mellan datakällorna, beroende på faktorer som instrumentnoggrannhet och datainsamlingsmetoder. Processer för datakvalitetssäkring och harmonisering är därför av stor betydelse (Gao, Xie et al. 2016, Tanhua, Pouliquen et al. 2019).

Det finns otaliga typer av data och ännu fler datakällor. I och med utveckling av sensorer, direktuppkopplade mätinstrument och satellitdata kan stora mängder data, numera, ofta kallade "Big data", produceras i allt snabbare takt. Datakvantitet och kvalitet går inte alltid hand i hand. Som ett exempel har, lågkostnadssensorer blivit mycket populära under senare tid. Dock har det visat sig att de data som produceras ofta är bristfälliga, det saknas information om konfidens och mätbetingelser. Det är därför mycket viktigt att metoden för mätningarna är lämplig, att alla data granskas och kvalitetssäkras innan de används (Watne, Linden et al. 2021).

För att nå våra klimat och miljömål behövs samarbete mellan olika aktörer, myndigheter och forskningsinstitutioner. Ett led i detta är att dela data med varandra. Det finns flera initiativ för att dela data i Sverige, till exempel Sveriges dataportal som drivs av DIGG-Myndigheten för digital förvaltning, Naturvårdsverkets miljöstatistik, Lantmäteriets Geodataportalen och SLU Miljödata. Det kan dock vara utmanande att använda information från dessa datakällor på grund av t.ex. bristande metadata, standardisering, harmonisering och kvalitetskontroll (Hagström, Wanemark et al. 2020).

1.2 Syfte och målgrupp

Det övergripande syftet med denna syntes är att identifiera, beskriva och utvärdera hur modeller och datakällor kan kombineras och användas för att underlätta planering och förvaltning av kustområden. Fokus har varit på att beskriva av modeller och planeringsverktyg för kustzonsplanering som kan lämpa sig för svenska förhållande. I princip kan samma verktyg som används för planering även användas i förvaltningen av kustzonen. Vi har strävat efter att beskriva möjligheterna med modeller och nya sätt att använda datakällor och inte begränsat rapporten till att enbart beskriva processer där arbetssätten behöver uppfylla vissa juridiska krav.

Att hitta indata till modeller av god kvalitet är ofta en utmaning. Därför har vi strävat efter att identifiera och beskriva nya potentiella datakällor för att fylla i och förbättra tillförlitligheten hos resultaten genererade av modeller och planeringsverktyg. I detta ingår att bedöma hur olika datakällor kan kombineras för att uppnå till exempel bättre dataupplösning eller datatäckning. Vi beskriver och utvärderar också olika metoder för datakvalitetssäkring och harmonisering, eftersom detta är en nyckelfråga när man använder data från olika källor och egenskaper. Hur data kan delas på ett effektivt och kvalitetssäkert sätt är också en viktig fråga som vi försöker reda ut i denna rapport.

I Sverige ligger ansvaret för kustzonsplaneringen hos kommunerna, så tjänstepersoner som arbetar med frågor som relaterar till kustzonsplanering främst på kommunal och regional nivå kan läsa rapporten för att få praktisk information och inspiration för hur det går att arbeta med data och modeller i kustzonen. De metoder som beskrivs är även relevanta för verksamhetsutövare i kustzonen. En del av bristerna och utmaningarna som identifierats i rapporten behöver nationella lösningar eller mer forskning, så rapporten är även relevant för statliga myndigheter med ansvar för kustzon, hav, miljö och digitalisering.

2. Metoder

För att identifiera och beskriva modeller, verktyg, data typer och källor, samt identifiera brister och behov har detta projekt delats in i flera faser. För att kartlägga status inom forskningen avseende kustzonsplanering och förvaltning genomfördes en systematisk litteraturstudie (avsnitt 2.1). För att säkerställa studiens relevans och i syfte att förstå olika aktörers behov i form av modeller planeringsverktyg och data genomfördes riktade intervjuer (avsnitt 2.2).

Att identifiera och beskriva modeller, verktyg, typer av data och datakällor samt att beskriva datautvärdering, kvalitetssäkring och harmonisering har varit en stor del av arbetet inom denna studie och beskrivs vidare i avsnitt 2.3. För att tydliggöra hur data och modeller kan användas inom kustzonsarbetet beskrivs praktisk tillämpning genom exempel (avsnitt 2.4). Baserat på kunskapen som samlats in har vi formulerat rekommendationer och förslag till framtida lösningar.

2.1 Litteraturstudie

En systematisk litteraturstudie har genomförts för att kartlägga studier som handlar om datadriven kustzonsplanering och förvaltning. Fokus har varit att hitta studier som är relevanta för svenska förhållande. Sökningen genomfördes i databasen SCOPUS och inkluderar enbart granskade vetenskapliga publikationer. Sökord, metodik och översikt över resultatet finns i Bilaga 1.

2.2 Riktade intervjuer

För att identifiera datakällor, modeller och arbetssätt som används för kustzonsplanering och förvaltning idag genomfördes riktade intervjuer med nyckelpersoner hos olika relevanta aktörer. Intervjuerna var även viktiga för att säkerställa att de modeller och verktyg samt frågeställningar som undersöktes i studien är relevanta. Intervjuerna fokuserades på att:

- Identifiera datakällor och modeller som används idag.
- Identifiera utmaning och förbättringspotential i hantering och användning av modellering och planeringsverktyg för datadriven kustzonsplanering.
- Undersöka vilka möjligheter och hinder för datadriven kustzonsplanering som finns idag?

Relevanta externa aktörer och nyckelpersoner identifierades genom kartläggningen av kunskapsläget och från befintligt nätverk. Vi intervjuade representanter från konsultverksamheter och myndigheter, exempelvis SMHI, HaV, Göteborgs Regionen och Göteborgs stad. För insikter från verksamhetsutövare använde vi oss av resultaten från en workshop som genomfördes i regi av IVL Svenska Miljöinstitutet i november 2021 där olika aktörer inom vattenbruk deltog för att diskutera behov av verktyg och kunskap.

2.3 Genomgång av modeller och datakällor

I denna studie betraktar vi dynamiska modeller, det vill säga en representation av ett verkligt system eller enhet i ekvationer eller datorkod, samt verktyg för rumslig planering och värdering av ekosystemtjänster. Vi har haft som mål att främst beskriva öppna modeller som kan laddas ner utan kostnad.

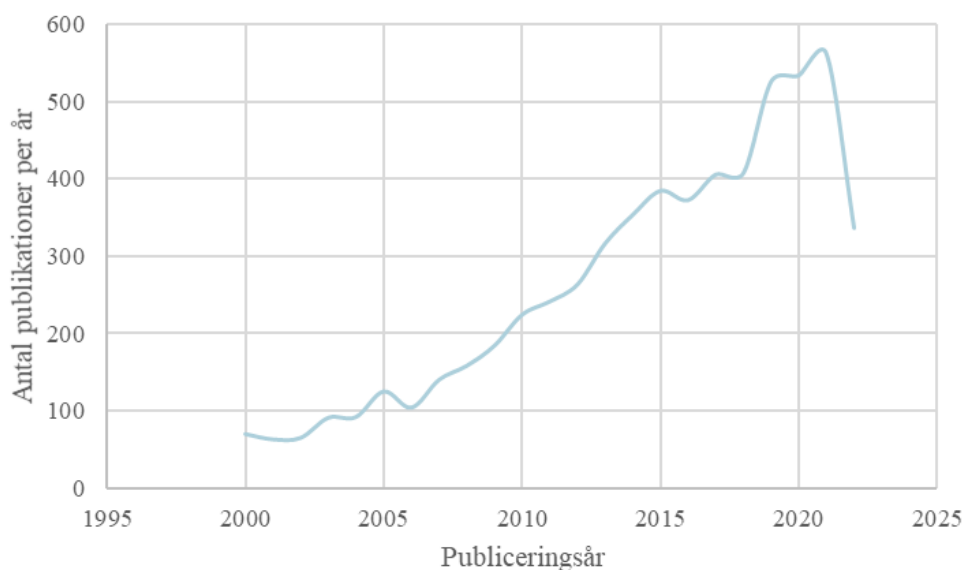
För att kartlägga vilka datakällor som är tillgängliga har nationella, regionala och kommunala dataportaler och databaser sökts igenom. Även litteratursökningen och de riktade intervjuerna gav input till vilka datakällor som vanligen används. Relevanta modeller och datakällor beskrivs i kapitel 4 respektive 5 samt listas i Bilaga 2 och 3.

2.4 Praktisk tillämpning

För att göra det tydligt hur modeller kan användas för datadriven kustzonplanering och förvaltning, så har vi valt att ge två praktiska exempel på tillämpning. Ett grundläggande problem är bristen på tillgängliga data. Vi har därför valt att beskriva modellverktyg som kan ge information till kustzonsplanering och förvaltning och vilka indata som behövs, samt där så är möjligt föreslagit hur nya tekniker kan avhjälpa problemen med bristande dataunderlag i framtiden. Vi har valt att försöka klargöra hur data och modeller kan användas för att faktiskt utreda politiska mål, som kan vara svåra att tolka genom att bryta ner målen i delfrågor.

3. Kunskapsläget

En systematisk litteratursökning kan ge en bra översikt över vad som är gjort inom ett visst område, men den ger inte en heltäckande bild och begränsas av designen för sökningen. I den första sökningen hittades 5400 vetenskapliga artiklar mellan åren 2000 och 2022. Många artiklar hittades i fler av de olika sökkombinationerna. Efter att duplikat tagits bort och publikationer publicerade mellan åren 2017 och 2022 valts ut fanns 834 artiklar kvar. Från titeln ansågs 83 artiklar vara relevanta att läsa abstraktet på. Efter att ha läst abstraktet var det 19 artiklar som bedömdes som relevanta för att läsa i sin helhet.



Figur 2. Antal publikation publicerade per år 2000 till 2022 t om augusti. Sökord: coastal AND planning AND management. Totalt antal artiklar 6012. Begränsat till artiklar och reviewer.

Antalet publikationer per år inom området kustzonsplanering och förvaltning visar på ett stadigt ökande intresse (Figur 2). Från den första litteratursökningen har vi med hjälp av verktyget VOSviewer analyserat förekomsten av nyckelord, linjerna mellan orden visar hur frekvent nyckelorden förekommer i samma publikation och färgen indikerar genomsnittligt år för publikation (Figur 3). Ifrån detta kan vi se att, till exempel, publikationer som berör övergödning publicerades i genomsnitt 2013 medan nyckelordet klimatförändringar och adaptation har blivit mer vanligt förekommande under senare år. Det gemensamma nyckelordet för många artiklar var förvaltning.

4. Modeller och rumslig planering

Modeller och rumsliga planeringsverktyg kan vara mycket användbara inom naturvård, planering och förvaltning. I detta kapitel kommer vi beskriva vad vi menar när vi säger modell kontra planeringsverktyg, avvägningar avseende modellkomplexitet vid val av modell samt en genomgång och beskrivning av olika typer av modeller. Eftersom det finns otaliga modeller och verktyg beskriver vi de här i generella termer samt ger en lista över olika modeller i Bilaga 2. Vi har framförallt fokuserat på modeller med öppen källkod fria att ladda ner.

4.1 Vad är en modell?

Definitionen av ordet modell varierar: Här anser vi att en modell är en förenklad representation av ett verkligt objekt, koncept, process eller system (Reckhow and Chapra 1983). Modeller kan göras på ett konceptuellt eller matematiskt sätt. *En konceptuell modell* beskriver relationer mellan systemkomponenter i diagram för att skapa en förståelse för systemfunktionen, medan en *matematisk modell* definierar de olika systemkomponenterna matematiskt med olika parametrar, hastigheter och tillståndsvARIABLES (Thomas, Jones et al. 2006). I denna studie betraktar vi den senare av de två, med förhållningsättet att modeller inte motsvarar verkligheten utan är en förenkling av verkligheten som gör det möjligt att utforska olika system och genomföra icke-invasiva experiment och scenarionanalyser. Ett välkänt citat är:

”All models are wrong, but some are useful”

George E. P. Box

När man använder en modell för att utforska ett system bör man vara väl medveten om modellens begränsningar, dess giltighetsdomän, och vilka data som används för att skapa, parametrisera och validera modellen. Tillgången till data av god kvalitet är fundamentalt för att åstadkomma bra modeller och för att säkerställa modellresultatens tillförlitlighet.

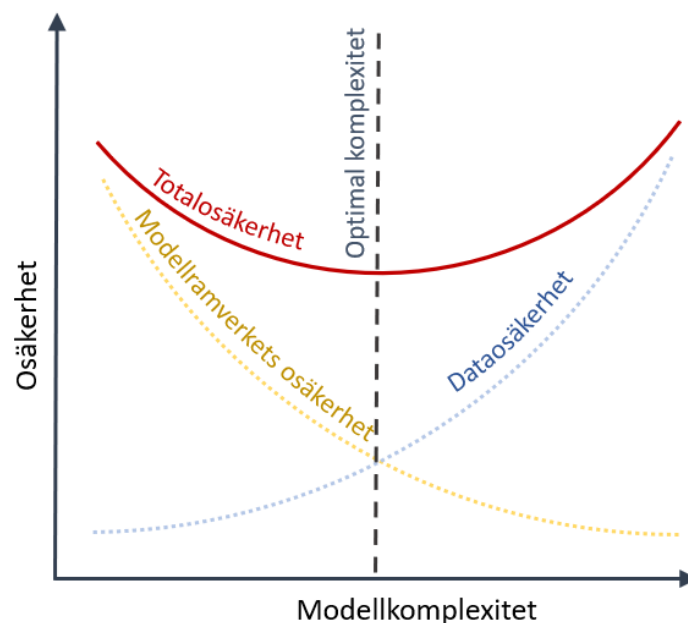
4.2 Vad är rumsliga planeringsverktyg?

Rumsliga planeringsverktyg används idag inom marin fysisk planering (MSP). MSP handlar om att planera marina områden för att tillgodose olika intressen såsom energiproduktion, vattenbruk, rekreation samtidigt som ekosystem och viktiga miljöer bevaras (Domínguez-Tejo, Metternicht et al. 2016). Planeringsverktyg avser att hjälpa till i denna process, och handlar ofta om att väga olika intressen och naturvärden mot varandra. Rumsliga planeringsverktyg är ofta kartbaserade och bygger på olika kartlager av intressen, ekosystemkomponenter och mänskliga aktiviteter (för att estimerar en kumulativ påverkan på den marina miljön) samt i vissa fall sensitivitetmatriser för bedömning av effekterna av yttre påverkan på känsliga områden, arter eller biotoper.

4.3 Modellkomplexitet kontra osäkerhet

Det finns otaliga marina modeller med varierande komplexitet från enkla empiriska modeller till fullt kopplade atmosfär-havs-modeller baserade på differentialekvationer. Den exponentiella ökningen av beräkningskapaciteten har på senare tid drastiskt ökat upplösningen och komplexiteten hos marina modelleringsystem.

Kustzonen karaktäriseras av komplex batymetri och annan geomorfologi, komplexa ekosystem och hög grad av interaktion mellan land, atmosfär och botten sediment. Därför väljer forskare ofta att inkludera många processer och öka den rumsliga upplösningen när det är möjligt. Det finns dock avvägningar mellan ökande modellkomplexitet och modellosäkerhet (Fulton, Smith et al. 2003, Fulton, Smith et al. 2004, Ménesguen, Cugier et al. 2007).



Figur 4. Koppling mellan modellkomplexitet och osäkerhet. Den totala modellosäkerheten (röd linje) ökar när modellen är för enkel eller för komplex. Dataosäkerheten ökar med ökad modellkomplexitet (blå streckad linje), medan modellramverkets osäkerhet minskar med ökad modellkomplexitet. Modifierad från (Moges, Demissie et al. 2021).

Nyckeln är att hitta rätt modell som har rätt komplexitet och upplösning och som tar i beaktning de processer som är viktiga för just din fråga utan att lägga till onödig komplexitet. Det är också viktigt att det finns tillgång till tillförlitliga indata och data för utvärdering av resultat. Om dataunderlaget är bristfälligt kan det vara bättre att välja en enklare modell som kräver mindre indata. Varje process som läggs till i en modell för ett system ökar förståelsen av systemet men det kräves data för varje tillagd process vilket bidrar till en ackumulerad dataosäkerhet (Figur 4). Att inkludera för många processer och parametrar kan därför leda till modellosäkerhet och felfortplantning (Denman 2003, Anderson 2005). Vid val av modelleringsmetod är det därför kritiskt att göra avvägningen mellan komplexitet och osäkerhet. Ganju et. al (2016) gav följande exempel: om vår forskningsfråga till exempel är inriktad på att förutsäga primärproduktion i ett kustområde kan detta vara möjligt att uppnå med endast fem variabler i en empirisk modell, i motsats till en fullt kopplad atmosfär-havs-avrinningsmodell som inkluderar otaligt fler variabler.

Det är viktigt att ha en bra förståelse för det system som ska modelleras. System med levande varelser är ofta mycket komplexa, och inkluderar ofta många icke-linjära, interagerade och kumulativa processer, vilka kan vara utmanande att modellera och validera.

Det är även viktigt att använda sig av rätt rumslig och tidsmässig upplösning på en modell. Hydrodynamiska modeller fungerar vanligtvis över tidssteg på sekundordning med rutnätupplösningar i storleksordningen 10 – 1000 meter (Ganju, Brush et al. 2016). Ekologiska modeller behöver inte alltid fungera på samma skala. Processer som mortalitet, tillväxt och respiration varierar på en tidskala av dagar till veckor, medan andra viktiga processer, såsom fotosyntes varierar under dagen och kräver därför timvis upplösning. Mer finskaliga beräkningar kan dock ibland vara nödvändiga, men bristen på dataunderlag är ofta en begränsande faktor (Ganju, Brush et al. 2016).

4.4 Förvaltning av modeller och verktyg

För kustzonen finns det både modeller som är kommersiella och modeller med öppen källkod (Open source) som är relevanta. Kommersiella och modeller med öppen källkod har olika behov av förvaltning hos användaren, och det finns fördelar och nackdelar med båda.

Open source modeller och verktyg är utvecklade och delade öppna utan kostnad, öppen källkod gör att det generellt går att anpassa modellen efter ens behov. Däremot kräver de ofta större teknisk kompetens än kommersiella modeller. För kommersiella modeller behöver oftast en licens betalas årligen, men då ingår support och ofta mer användarvänliga gränssnitt.

Även ifall modeller och verktyg regelbundet uppdateras av utvecklaren behöver den även förvaltas av användaren. Modellen eller verktyget behöver sättas upp på en lämplig server/dator med rätt kapacitet och uppdateringar av programvaran behöver göras regelbundet. Data som ska matas in i modellen måste tas fram, sparas på lämpligt ställe och uppdateras regelbundet med aktuella data, modellresultat behöver analyseras och sparas, och eventuellt tillgängliggöras.

4.5 Modelleringsverktyg

Det finns många olika sorters modeller och verktyg utvecklade för en rad olika ändamål, från GIS baserade verktyg till avancerade hydrodynamiska och biogeokemiska modeller. I planeringsprocessen kan kartbaserad information i ett GIS verktyg vara mycket användbart. Kartunderlaget som läses in i verktyget kan vara från mätningar, observationer, zoner eller resultat från till exempel hydrodynamiska modeller, ekosystem- eller nischmodeller. Viktigt är att ha geografiskt täckande data. I tillståndsprocesser är den lokala påverkan samt potentiella spridningen av föroreningar eller näringsämnen ofta i fokus, för att säkerställa att känsliga arter eller ekosystem inte påverkas negativt. I detta fall handlar det vanligen om spridningsmodellering eller transportmodellering vilka båda kräver information om strömmar, temperaturer, bottendjup mm. Ofta behöver denna information vara fyrdimensionell (longitud, latitud, djup och tid) men vissa modeller kan själv räkna fram lokala strömmar om storskaliga strömmar från mätningar eller modellering för randvillkor finns tillgängliga

(eg. Delft3D). För restaurering och skydd av ekosystem och habitat är det viktigt att veta förekomst och utbredning av olika arter samt biologiska och fysikaliska förutsättningar som krävs för ett välmående ekosystem. Inventeringar behövs för att kartlägga förekomst av habitat och arter, men verktyg som nischmodeller kan användas för att fylla i luckor.



Figur 5. Kategorier av modeller och verktyg som kan vara användningsbara inom kustzonsplanering och förvaltning. Till vänster och höger ges olika grunder processer och faktorer för vilka modeller kan vara användbara.

Planering och förvaltningsbeslut bör understödjas av tillståndet i miljön, påverkan av mänskliga aktiviteter samt prognoser avseende klimat och andra viktiga faktorer (Figur 5). Figur 5 ger en överblick över kategorier av verktyg och modeller som kan användas för olika frågeställningar. I följande avsnitt kommer vi titta närmare på det vi kallar planeringsverktyg och hydrodynamiska modeller. I Faktaruta 1 beskrivs modelleringsverktygen från Figur 5 med undantag för planeringsverktyg och hydrodynamiska modeller som beskrivs mer utförligt nedan.

Exempel på olika kategorier av marina modeller

Modeller för bedömning av fiskbestånd: Information om fångst, förekomst och biologiska data används för att modellera hur fisket påverkar fiskpopulationen. Detta är en viktig del för förvaltning eftersom det kan ge information om hållbara fiskekvoter, fiskesäsonger och områden.

Hydrologiska modeller: är förenklade representationer av ett verkligt system såsom ytvatten, markvatten, våtmark, grundvatten, flodmynningar mm. Syfte är att underlätta förståelsen, förutsäga förändringar samt hantera vattenresurser. Både vattenflödet och vattenkvaliteten studeras vanligtvis med hjälp av hydrologiska modeller.

Spridningsmodeller: Denna typ av modeller används för att undersöka hur utsläpp från befintliga eller planerade källor påverkar närområdet. Detta kan till exempel röra sig om spridning av näringsämnen från en fiskodling eller en landbaserad verksamhet.

Transportmodeller: Även kallat trajektoriemodeller används för att spåra var ett objekt/partikel eller vattenvolym har kommit ifrån eller vart det är på väg. Det kan exempelvis handla om spårning av oljespill, eller spridning av larver och konnektivitet mellan olika områden. Transportmodeller drivs oftast av modellerade strömmar från en hydrodynamisk modell.

Nischmodellering: Nischmodeller är modeller som tittar på habitat och miljömässiga förutsättningar för artförekomst eller etablering av arter. Denna typ av modeller syftar ofta till att förutsäga lämpliga platser för en art, baserat på viktiga fysikaliska och biologiska variabler som etableras genom att studera relationer mellan artförekomster och miljöförhållanden (Franklin 2013). Det finns många olika typer av nischmodeller, från enkla indexmodeller, som frågar om platser uppfyller en uppsättning minimikriterier för att arten ska trivas, till avancerade maskininlärningsmetoder (Linhoss, Camacho et al. 2016). Förutom att underlätta förståelsen av en arts nuvarande och potentiella geografiska utbredning kan nischmodellering också hjälpa oss förstå hur denna utbredning kan förändras som ett resultat av miljö- eller klimatförändringar.



Figur F1. BAM-diagram som representerar de uppsättningsfaktorer som påverkar den geografiska fördelningen av en art. Biotisk, representerar de biotiska förhållandena. Abiotisk, representerar regioner som är gynnsamma för arten avseende abiotiska faktorer (t.ex. temperatur eller substrat). Mobilitet är artens spridningskapacitet. G0 är områden ockuperade av arten. G1, invaderbart område, de platser där biotiska och abiotiska förhållanden är tillräckliga för att arter ska överleva men dit arten ännu inte har nått på grund av vissa spridnings begränsningar.

Bullermodellering: Modellering av ljudutbredning i vatten är ett etablerat forskningsfält, och det finns flera modeller som ofta används på djupt vatten. Dock finns ingen standard eller praxis för hur modelleringen ska utföras i ett visst fall. Särskilt i kustzoner är modellering av ljudutbredning för att bestämma nivåer av undervattensbuller underutvecklad. Det beror till stor del på att den kustnära miljön gör modelleringen svårare på grund av bland annat varierande djup och förekomst av öar. Att förutsäga undervattensbuller från fartyg är relativt etablerat, och AIS-data som bland annat innehåller position, fart och fartygsinformation kan användas för att skapa bullerkartor. I kustzonen är fritidsbåtar vanligt förekommande, och för dessa saknas modeller för utstrålat buller. Trafikinformation för fritidsbåtar finns inte heller tillgänglig. Att skapa bullerkartor i kustzoner är relevant särskilt då dessa ofta har ekosystem som behöver skyddas.

4.5.1 Hydroynamiska modeller

Tillgång till fyrdimensionell (longitud, latitud, djup och tid) strömningsdata, vattentemperaturer, salinitet mm är ofta viktig som underlag vid kustzonsplanering, tillståndsprövningar, lokaliseringsfrågor mm. Hydrodynamiska modeller kan användas för att skapa denna typ av data. Hydrodynamiskmodellering utgör också ofta grunden till annan modellering, såsom transportmodeller. Hydrodynamiska modeller är ofta avancerade och kräver både kunskap och stor datakapacitet för att användas. Begränsningar i rumslig upplösning beror ofta på tillgängliga indata, såsom djupdata, kustlinje, sötvatteninflöde från land, initiala koncentrationer, randvillkor mm.

Hydrodynamiskmodellering ligger till grund för många modelleringsstudier, oavsett om det handlar om sedimenttransport, vågor, vattenkvalitet, konnektivitet, ekologiska förändringar eller klimatpåverkan. Den huvudsakliga skillnaden mellan kustvatten och djupa havsvatten är närvaron av två fysiska begränsningar: havsbotten, på ett relativt grunt djup, och kusten, vilka båda starkt påverkar vattnets rörelse. Vinddrivna vågor, som genereras av den stress som vinden utövar på havsytan, som bryter nära kusten påverkar också starkt turbulens och genererar olika typer av strömmar. Att skapa en hydrodynamisk kustmodell är emellertid inte en lätt uppgift. Våg-, ström- och turbulensskalor tenderar att överlappa och interagera med varandra.

4.6 Biogeokemiska- och ekosystemmodeller

Biogeokemiska modeller: Beskriver de cykliska kretslopp som ett grundämne eller förening färdas genom ett ekosystems biotiska och abiotiska delar. Ekosystemmodeller är en abstrakt representation av ett ekosystem, och kan inkludera förhållandet mellan solljus och fotosynteshastighet, eller förhållandet mellan rovdjurs- och bytespopulationer. Biogeokemiska modeller och ekosystemmodeller är nära länkade till varandra beskrivs därför tillsammans här.

Biogeokemiska flöden i ekosystem är känsliga för klimatförändringar, försurning, övergödning samt andra yttre förändringar. Därför är biogeokemiska modeller ofta kopplade till hydrodynamiska modeller för att skapa ett dynamiskt system där påverkan av förändringar i fysikaliska parametrar kan simuleras (Ismail and Al-Shehhi 2022). Medvetenheten om pågående och framtida förändringar har föranlett en betydande utveckling av biogeokemiska-hydrodynamiskmodeller. Modellerna fångar de viktigaste egenskaperna hos storskaliga fördelningar av oorganiskt ämnen, alkalinitet, näringsämnen, primär- och sekundärproduktion (Gehlen, Barciela et al. 2015). Under senare år har utvecklingen av lågtrofiska ekosystemmodeller (LTE-modeller) gradvis ökat där de lägsta nivåerna i den marina näringsväven från växtplankton till djurplankton representeras. Denna typ av modellering har visat sig användbar inom många olika typer av studier som omfattar övervakning och kortsiktiga prognoser för ekosystemens hälsa fram till bedömning av klimatförändringarnas potentiella effekter på högre trofiska nivåer (Stock, Alexander et al. 2011).

4.7 Verktyg för rumslig planering

För att kunna planera hållbara aktiviteter/utnyttjande av kustnära marina miljöer samt bevara och restaurera viktiga områden eller arter behövs god kunskap om de lokala ekosystemen, habitat, lekplatser, redan existerande belastningar (utsläpp, övergödning etc.) och fysiska parametrar (djup, bottentyp, strömmar, pH, salinitet mm). Planeringsverktyg avser att hjälpa till i denna process, och handlar ofta om att väga olika intressen och naturvärden mot varandra. Rumsliga planeringsverktygen är ofta kartbaserade, och bygger på olika geografiska lager av intressen, ekosystemskomponenter och mänskliga aktiviteter, för att estimerar kumulativa påverkan på den marina miljön, samt i vissa fall sensitivitetmatriser för bedömning av effekten av yttre påverkan på känsliga områden, arter eller biotoper. Det finns flera olika verktyg och metoder för att underlätta planering av marina miljöer såsom geografiska planeringsverktyg, verktyg för utvärdering av ekosystemtjänster och verktyg för ekosystembaserad marin fysisk planering. Vilken typ av verktyg som passar bäst beror på vad man vill undersöka. Nedan beskrivs olika typer av verktyg som används inom marin planering.

4.7.1 Geografiska informationssystem

Geografiska informationssystem (GIS) erbjuder kraftfulla och mångsidiga verktyg för kartläggning och analys av rumsliga data. Av den anledningen används GIS för en mängd olika ändamål associerade med havs- och kustzonsplanering, till exempel vid val av plats för nytt vattenbruk eller marina skyddsområden (Gimpel, Stelzenmüller et al. 2015, Lester, Dubel et al. 2020). För att denna typ av verktyg ska vara användbara behövs relevanta datalager, såsom fysikaliska, biologiska och socioekonomiska parametrar för det område som ska studeras (Stamoulis and Delevaux 2015). GIS-verktyg kan användas för att interpolera data till rätt upplösning, identifiera och fylla luckor i dataunderlaget, samt användas för dataanalyser och beräkningar (Lester, Dubel et al. 2020). En beräkningsteknik som kan tillämpas är bildanalys för att klassificera och kartlägga olika habitat baserat på fjärranalysbilder från till exempel satelliter eller flygplan (St-Pierre and Gagnon 2020). GIS-verktyg används också i stor utsträckning för att visualisera och analysera resultaten från andra modeller som producerar rumsliga data.

4.7.2 Områdesprioritering

Områdesprioritering handlar om att identifiera och välja de bästa platserna för att vidta åtgärder. Detta är en viktig aspekt i planeringen av bevarande och rehabilitering av viktiga och skyddsvärda områden. Områdesprioritering kan göras på olika nivåer, från att tillämpa enkla heuristiska metoder, där områden rankas enligt till exempel artrikedom eller närvaro av sällsynta arter, till att använda mer sofistikerade optimeringsalgoritmer eller approximationer (Lester, Dubel et al. 2020). Det finns flera verktyg utvecklade i syfte att underlätta arbetet med naturvård. I Faktaruta 2 presenteras några exempel på verktyg för områdesprioritering. Dessa verktyg används oftast för att identifiera områden som uppfyller specificerade kriterier för bevarande samtidigt som ”kostnaderna” minimeras. Kostnader kan vara faktiska ekonomiska kostnader eller sociala kostnader som till exempel att förbjuda mänskliga aktiviteter eller verksamheter i ett visst område.

Exempel på verktyg för områdesprioritering

Marxan¹ är ett set av verktyg designade för att hjälpa beslutsfattare att hitta bra lösningar på miljövårdsproblem. Marxan kan användas som ett led i att prioritera skydd av rätt områden genom att ställa bidrag till olika ekosystemtjänster mot kostnader och olika aktörers intressen.

Zonation² producerar en hierarkisk prioritering av landskapet baserat på förekomstnivåer av biologisk mångfald i olika områden genom att iterativt ta bort den minst värdefulla kvarvarande områdena samtidigt som man tar hänsyn till konnektivitet mellan områden. Målet är att identifiera områden som är viktiga för att bibehålla livsmiljö kvalitet och konnektivitet för många arter, med det indirekta syftet se till arters långvariga beständighet.

Miradi³ använder flera analysverktyg, datavyer, rapporter för att hjälpa i naturvårdsarbetet, för att se till att bra, evidensbaserad naturvård uppnås. Målet är att ge vägledning och verktyg för att implementera "Conservation Measures Partnership's Open Standards for the Practice of Conservation".

¹ <https://marxansolutions.org/>

² https://www.syke.fi/enUS/Research_Development/Nature/Specialist_work/Zonation_in_Finland/Zonation_software

³ <https://www.miradishare.org/ux/home>

4.7.3 Verktyg för ekosystemtjänster

Under de senaste decennierna har intresset för ekosystemtjänster ökat exponentiellt (Buonocore, Grande et al. 2021). Verktyg för att utvärdera ekosystemtjänster används alltmer inom planering av nyttjande och bevarande av naturresurser (Nelson, Mendoza et al. 2009, Lester, Costello et al. 2013). Dessa verktyg fångar kopplingarna mellan ekosystem och människor och bedömer hur tjänsterna och värdet kan påverkas av föreslagna förvaltningsåtgärder, mänskliga aktiviteter och miljöförstöring. Verktyg för värdering av ekosystemtjänster för marina miljöer har inte utvecklats i samma takt som modeller för mark- och sötvattenssystem. Bidragande faktorer till detta är begränsningar i datatillgänglighet för marina system samt komplexiteten i processer som styr ekosystemtjänsternas utbud och värde (Townsend, Davies et al. 2018).

Komplexiteten i marina ekosystem samt den höga konnektiviteten mellan marina livsmiljöer gör bedömningen av ekosystemtjänster både tids- och resurskrävande (Townsend, Davies et al. 2018). Om den teoretiska förståelsen saknas eller om det finns ett begränsat dataunderlag kan det vara nödvändigt att förlita sig på mer förenklade metoder, såsom exempelvis överföring av värden där ett dokumenterat värde av ett ekosystem på en plats förutsätts även representera liknande ekosystem på andra platser. Denna typ av förenklad metodik kräver medvetenhet om att det kan finnas större rumslig variation i tjänsteresultatet än vad som fångas upp av dessa tekniker. Ett exempel på denna typ av generaliserad modell är InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest> (Guerry, Ruckelshaus et al. 2012), se vidare i Faktaruta 3.

Exempel på verktyg för utvärdering av ekosystemtjänster

MOSAIC¹ är ett verktyg utvecklat av Havs- och vattenmyndigheten för svenska förhållanden för att identifiera värdefulla marina områden med hög biologisk mångfald och ekosystemtjänster (Hogfors, Fyhr et al. 2020). Mosaic avses användas för att främja ekosystembaserad rumslig naturvård, följa ekosystems förändring över tid samt ta hänsyn till ekosystemets rumsliga variation och komplexitet. I den första förberedande delen av MOSAIC har experter tagit fram listor över ekosystemkomponenter och naturvärden samt gjort generella, ej platsspecifika, bedömningar vilka naturvärden ekosystemkomponenterna bidrar med samt hur känsliga de är för mänskliga aktiviteter. En värdering över hur stor andel av varje ekosystemkomponent som bör vara företrädd i ett livskraftigt ekosystem har också varit en del i arbetet. I den andra delen av MOSAIC, genomförandedel, ska länsstyrelserna eller andra utövare identifiera platser med höga naturvärden (värdekärnor) och sammanhängande nätverk av områden med höga naturvärden (vårdetrakter). För detta krävs kartläggning av var viktiga ekosystem, biotoper och arter finns.

InVEST² (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) är en serie verktyg som används för att kartlägga och värdera ekosystemtjänster från naturen som upprätthåller och förbättrar människors livskvalitet. Det hjälper till att utforska hur förändringar i ekosystem kan leda till förändringar i ekosystemtjänster, samt avser underlätta beslut vid intressekonflikter

¹ <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledning/ovriga-vagledning/ mosaic---ett-verktyg-till-stod-for-forvaltning-av-naturvarden-i-marina-omraden.html>

² <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

4.7.4 Kumulativ konsekvensbedömning

Halpern et al. (2008) utarbetade en metod för kumulativ konsekvensbedömning (Cumulative Impact Assessment, CIA) baserad på ett geospatialt index som beskriver den relativa effekten av flera mänskliga aktiviteter på det marina miljö (Halpern, Walbridge et al. 2008). Metoden ger ett index (CIA-indexet) vilket är en funktion av tre olika faktorer:

- relevanta mänskliga aktiviteter/antropogena belastningar uttryckt i intensitetskartor;
- representativa ekosystemkomponenter uttryckt som värdekartor;
- en känslighetsmatris som definierar hur känslig varje ekosystemkomponent är för varje mänsklig aktivitet. Denna typ av verktyg lämpar sig bra för marin fysisk planering (Hammar, Molander et al. 2020).

Symphony är ett verktyg utvecklat för svenska förhållanden, se vidare avsnitt nedan. Detta är en lovande metod, men tyvärr är den ännu inte utvecklad för att fungera i kustzonen, detta för att kustzonen är betydligt mer komplex än öppet hav och de rumsligt fördelade data som krävs saknas.

PLANERINGSMJUKVARAN SYMPHONY

Det GIS-baserade datorprogrammet Symphony är ett integrerat planeringsstöd för statlig havsplanering utifrån en ekosystemansats, skapat av Havs- och vattenmyndigheten (HaV 2018, Hammar, Molander et al. 2020). Syftet är att på översiktlig nivå visa hur miljöpåverkan från mänskliga verksamheter skiljer sig mellan olika områden.

Symphony beräknar kumulativ miljöpåverkan ur ett rumsligt perspektiv med en "pixlad" geografisk upplösning på 250*250 m. Påverkansberäkningen bygger på tre komponenter: kartor över antropogena belastningar (exempelvis kemi, buller, spill, fiske, vindkraft, odlingar), kartor över ekosystemkomponenter (exempelvis livsmiljöer, arter eller grupper av djur och växter) samt en matris som anger hur känslig varje ekosystemkomponent är för varje belastning. Allt underlag finns tillgängligt för nedladdning från Havs- och vattenmyndigheten. Den kumulativa miljöpåverkan av framtida havsanvändning kan studeras som funktion av ändrade planer.

Här finns förstås en hel del osäkerhet i framställningen av kartor och matris så tolkningen av resultaten måste göras med försiktighet. Till exempel bygger kartorna ofta på icke validerade modeller och påverkansberäkningarna antar additivitet och tar varken hänsyn till interaktioner eller konnektivitet.

5. Data

I detta kapitel beskriver vi olika typer av data, avsnitt 5.1, och hur datatillförlitligheten kan bedömas, avsnitt 5.2. Vi har kartlagt tillgängliga och potentiella datakällor för indata till de modeller och planeringsverktyg som beskrevs i avsnitt 5.3. Projektet fokuserar inte på tillgång och användning av realtidsdata då det främst är historiska data och modellerade data som kan bidra till datadriven kustzonsplanering och förvaltning. En lista över datakällor redovisas i Bilaga 3.

5.1 Vad är data?

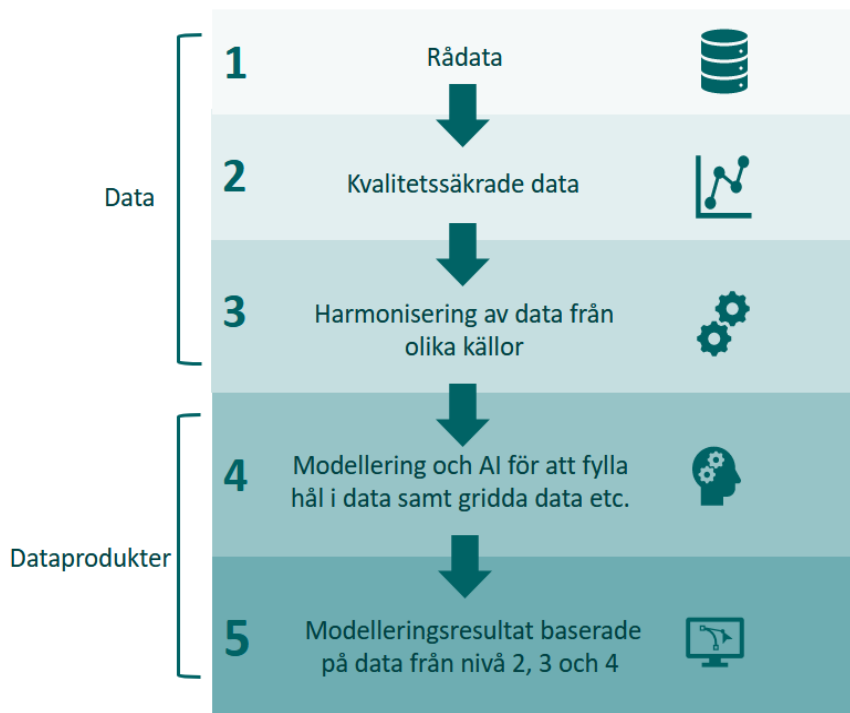
Generellt är data en samling text eller mätvärden, ofta sammanställda för att beskriva något. Beträffande mätvärden är det viktigt att beakta att inget värde är exakt sant, det finns alltid ett tillhörande konfidensintervall. Data är inte information – information måste utvinnas ur data.

Data finns ofta i ett sammanhang, en kontext, såsom mätgivare, tid och position. Data kan vara aggregerade på olika sätt: från enskilda stickprov till 2- eller 3-dimensionella koordinatnätverk, s.k. geografiskt fördelade data. Därtill kan värdet i varje punkt vara en tidsserie, och data kan således vara 4-dimensionella med angivelser av longitud, latitud, djup och tid. Vid kartering av fiskbestånd är alla dessa aspekter avgörande för tillförlitligheten. Till data hör också metadata, som anger hur data åstadkommit och i vilket sammanhang.

Man skiljer ofta på historiska data och realtidsdata. Historiska data är en förutsättning för bra planering, medan realtidsdata är viktiga för övervakning. Många data är uppmätta med hjälp av något instrument. Därav är det viktigt att känna till instrumentets upplösning och noggrannhet. Är data uppmätt via provtagning är det också viktigt att känna till provtagningsförfarandet och dess reproducerbarhet.

Andra data är beräknade med modeller, kanske baserade på interpoleringar av glesa stickprovsmätningar i tid och rum. Då är osäkerheten i värdena förmodligen ganska hög.

Man kan säga att det finns olika nivåer av data beroende på bearbetningsnivå. Det finns också dataprodukter där modeller och AI används till allt från att fylla hål i dataset till att producera helt nya databaserade på mätdata. Figur 6 illustrerar en kedja av databearbetning där datatillförlitligheten behöver bedömas i varje steg. Ur förvaltnings- och tillförlitlighetsperspektivet behöver alla data, i princip, vara nåbara ned till nivå 1, rådata i Figur 6. I en välorganiserad framtid behöver inte alla data ligga på samma plats utan nåbarheten skulle kunna ordnas genom att det på varje nivå finns länkar till ingående data från närmaste undre nivå, samt tillgång till de metoder som använts för att generera data på den aktuella nivån.



Figur 6. Från rådata till modelleringsresultat – en kedja av databearbetningar.

5.2 Datatillförlitlighet

För att kunna säkerställa att de data man använder är relevanta behöver datatillförlitligheten bedömas. Tre begrepp är väsentliga för datas tillförlitlighet: konsolidering (consolidation), validering (validation) och avstämning (reconciliation). Deras definitioner är delvis överlappande men beskrivs var för sig nedan. Datakonsolidering är processen där data från olika källor (databaser, webbtjänster, filer) kombineras för användning. I bästa fall finns metadata för varje datakälla, vilka anger variabler som ingår såsom deras upplösning, mätenhet, intervall och konfidens.

För mätdata bör det också finnas upplysningar om tillämpade kalibreringsprocedurer. Datatransformering görs för att data skall vara jämförbara, till exempel skall mätdata och tidsangivelser konverteras till samma enhet, företrädesvis i SI-enheter. Datavalidering görs för att säkerställa att data är korrekta och användbara. Härvid används olika regler för att konstatera att data är rimliga. Dataavstämning görs för att verifiera att inga fel inträffat vid överföringen av data från olika källor till de indata som används för/av modellerna.

5.3 Datakällor/datatyper

Nedan beskrivs olika datakällor i alfabetisk ordning som har identifierats som relevanta för kustzonsplanering. Beskrivningarna är delvis överlappande. Alla data kan användas på olika sätt och har olika förutsättningar för att användas.

5.3.1 Batymetri

Batymetri beskriver terrängens fysiska form under vatten. Det största problemet i Sverige är tillgången på djupdata med fin horisontell upplösning eftersom denna är kontrollerad av Försvarmakten av säkerhetsskäl. Data med ca 150 m horisontell upplösning finns tillgänglig från EMODnet. Dessa data är framtagen baserat på dryga 16 000 batymetriska undersökningar och satellitdata samt att luckor i dataunderlaget har fyllts i med hjälp av GEBCO Digital Bathymetry. GEBCO Digital Bathymetry har som mål att inom en snar framtid tillhandahålla ett dataset med 100 m horisontell upplösning för hela Europa.

5.3.2 Forskningsdata

Forskningsprojekt kan generera data som kan vara relevanta för kustzonsplanering och förvaltning. Det kan vara insamling av nya data som exempelvis inventeringar. Det kan också vara samanställning och bearbetning av befintliga data. I forskning utvecklas ofta nya metoder och det är inte alltid så att standarder följs. Det gör att det kan vara utmanande att arbeta med forskningsdata då man för att kunna använda forskningsdata behöver förståelse för hur data kan användas.

Vid finansiering och beställning av kunskapsunderlag och forskning så kräver finansören alltmer i beställningen att data ska publiceras öppet tillgängligt. Men i dagsläget är det inte alltid enkelt att hitta forskningsdata, särskilt inte grunddata och indata, men det finns initiativ som arbetar för att förenkla detta. Svensk Nationell Datatjänst, SND, drivs av ett konsortium av större lärosäten och har som huvuduppgift att stödja tillgänglighet, bevarande och återanvändning av forskningsdata och relaterat material. Via deras hemsida går det att söka i den nationella forskningsdatakatalogen. Där finns också länkar till internationella dataresurser.

5.3.3 Medborgardata

Medborgardata är data som samlas in av medborgarna. Det som kallas medborgarforskning (citizens science) räknas in här, men det är inte enbart den typen av data som kan räknas som medborgardata. Ett exempel på medborgarforskning som är relevant för kustzonen är Algforskar-sommar där forskare har skapat olika uppgifter som allmänheten kan genomföra och rapportera in (<https://www.su.se/forskning/forskningsprojekt/algforskar-sommar>). Även Göteborgs universitet har flera projekt där allmänheten kan bidra med data, se <https://www.gu.se/havet/forskning-om-havet/marin-medborgarforskning>. Ett annat exempel på medborgardata är de data som medborgare rapporterar in fynd och artobservationer. Artportalen är kanske det mest kända exemplet i Sverige.

Allmänheten kan även inkluderas i datainsamlingen av mätdata, vilket kallas "citizens sensing". Ett exempel på en möjlig användning av citizens sensing är rapportering av badvattentemperaturer. Ingen av studierna som hittades i litteratursökningen

inkluderade citizens sensing. Att arbeta med citizen sensing kan vara ett sätt kunna öka den geografiska täckningen av mätdata.

Medborgardata kan även vara information om värdet och användning av vissa områden och åsikter i vissa frågor. Informationen samlas in genom exempelvis samrådsmöten och enkäter. Ett exempel är en finsk studie där man använder digitala verktyg för att samla in rumslig information om värdet av platser och hur de används från medborgaren för att inkludera den informationen i kustzonsplaneringen (Hietala, Ijäs et al. 2021).

För att kunna använda data från citizens science och citizens sensing i kustzonsplanering, så behöver de som vill använda data aktivt arbeta med datatillförlitligheten och förstå bristerna i data. I en studie, som vi fann i denna litteratursökning, har man utvecklat ett protokoll och en metod för att använda dykare för att rapportera in artobservationer (Turicchia, Cerrano et al. 2021). Dykarna kan själva välja vilka arter som de vill identifiera och rapportera. Det gör att man kan öka trovärdigheten för data som rapporteras in, men det finns även en fara för att de data som rapporteras inte ger en fulltäckande bild av vilka arter som finns (Turicchia, Cerrano et al. 2021).

5.3.4 Miljöövervakningsdata

Miljöövervakningsdata är redan i dag en viktig källa för data till modeller för kustzonsplanering och förvaltning. Miljöövervakning bedrivs av olika aktörer och för olika syften, men en generell definition är *“att ta fram och samla in miljödata om tillståndet i och effekter på den yttre miljön samt förekomst och effekter av ämnen som kan påverka människors hälsa, och hantera, analysera och rapportera sådana miljödata.”* (SOU 2019).

De data som samlas in inom ramen för regeringens miljöövervakningsanslag ska tillgängliggöras i enlighet med Strategi för miljödatahantering och ska vara fria att använda. Det är en målsättning att merparten av miljöövervakningsdata ska kunna nås via datavärdskapets dataportaler (Naturvårdsverket 2022).

Det finns även stora mängder miljöövervakningsdata som inte samlas in genom miljöövervakningsanslaget. Det kan vara kommunal och regional miljöövervakning, men även vissa industrier bedriver miljöövervakning. Dessa data är inte nödvändigtvis tillgängliga genom datavärdskap eller offentliga (SOU 2019).

5.3.5 Myndighetsdata

Data som rapporteras in till myndigheter kan vara relevanta för kustzonsplanering och -förvaltning. Det kan vara fångstdata som rapporteras in från yrkesfiskare eller vattenkvalitet prover tagna i övervakningssyfte i anslutning till en industri. En hel del av dessa data offentliggörs via myndigheternas egna dataportaler. Därtill har flera myndigheter datavärdskap för olika myndighetsövergripande databaser och har web-portaler där data finns för nedladdning. Till exempel har SMHI datavärdskapet för Oceanografi och marinbiologi, Vattenwebb, Nationella emissionsdatabasen, Lugtwebb, Luftkvalitet och Atmosfärskemi. Se avsnittet Bilaga 3 för länkar till data.

5.3.6 Satellitdata och dataprodukt

Satellitdata och andra dataprodukt baserade på satellit- och mätdata från olika källor (mätstationer, flygburna- och havsbaserade mätsystem) är en viktig framtida källa till data med geografisk täckning. Den rumsliga upplösningen varierar dock. EU har flera initiativ som syftar till att tillhandahålla satellitdata, dataprodukt och mätdata, exempelvis Copernicus Marine Service, vilken är den marina delen av Copernicus Programmet. Data tillgängliga via Copernicus Marine Service inkluderar bland annat storskaliga geografiskt fördelade data för temperatur, salinitet, strömmar, CHL, PHYC, O₂, NO₃, PO₄ för hela globen med en upplösning på 0.25 x 0.25°. För svenska vatten finns det liknande data men med 2 x 2 km horisontell upplösning, upp till 56 olika djup och upp till timvis tidsupplösning baserad på numerisk modellering. För att vara riktigt användbart för kustzonen skulle ännu högre horisontell upplösning vara önskvärd.

Ett annat exempel är European Marine Observation and Data Network (EMODnet) vilket är ett EU-nätverk av organisationer som övervakar, mäter och bearbetar data enligt internationella standarder samt tillhandahåller fritt nedladdningsbara interpolerade datalager samt andra dataprodukt. Via EMODnet kommer man åt data inom områdena: batymetri, biologi, kemi, geologi, mänskliga aktiviteter, fysikaliska parametrar samt sjöfågelhabitat.

Blue cloud¹

Inom EU:s medlemsländer har insamling, lagring och tillhandahållande av marina data utförts på ett relativt fragmenterat sätt oftast för att tillgodose behoven för ett enda syfte. Den mesta datainsamlingen har utförts av ett brett spektrum av privata och offentliga organisationer, ofta utan koppling till varandra. EU kommissionen lanserade 2016 European Open Science Cloud (EOSC) för att tillhandahålla en virtuell miljö med öppna tjänster för lagring, hantering, analys och återanvändning av forskningsdata. Inom ramen för EOSC är EU HORIZON 2020-programmet Blue-Cloud som har som mål att levererar en virtuell samverkansmiljö för den marina domänen. Blue-Cloud ger tillgång till data från >10 miljoner dataset, virtuella analytiska verktyg samt datorfaciliteter för att utforska och demonstrera potentialen hos molnbaserad EOSC.

¹ <https://data.blue-cloud.org/>

6. Ny teknik och oexploaterade datakällor

Med ny teknik kan också nya datakällor utvecklas. Det kan vara ny teknik som möjliggör mätningar av parametrar som är relevanta för modeller som kan användas för kustzonsplanering och förvaltning. Det kan också vara data som samlas in i andra syften som kan bidra med information till kustzonsplanering och förvaltning. Nedan beskriver vi möjligheter med några nya tekniker samt diskuterar möjligheten med oexploaterade datakällor.

6.1 Ny teknik

6.1.1 Artificiell intelligens

Med hjälp av artificiell intelligens (AI) kan verktyg användbara för kustzonsplaneringen utvecklas. Ett exempel är hur man i Kosterhavet Seafloor Observatory använder AI för att kartlägga havsbotten genom att analysera filmer från ubåtar. Som spin-off från det projektet pågår nu ett annat AI-bildigenkännings-projekt för identifiering av invasiva fiskar PLAN-SUBSIM i samarbete mellan Göteborgs universitet och partner. Ett annat exempel är där AI och bildigenkänning har använts för klassificering av ostronyngel (Wilhelmsson, Strand et al. 2020).

6.1.2 Kostnadseffektiva mätningar (sensorer) och sakernas internet (IoT).

Ny teknik utvecklas hela tiden, det blir billigare med olika mätinstrument och mätningar blir mer tillgängliga. Det kan möjliggöra för att data samlas in med högre rumslig upplösning och på fler platser. Enklare och billigare givare för mätningar av exempelvis vattentemperatur eller meteorologiska parametrar kan öka antalet mätplatser. Utvecklingen av batterier går också framåt vilket gör att man kan genomföra mätningar även där det inte är tillgång till elektricitet. Att använda IoT och olika kommunikationstekniker innebär att man kan samla in data även i realtid från platser som tidigare har varit svåra.

6.1.3 Miljö-DNA

Miljö-DNA (från engelskans environmental DNA, eDNA) är en kostnadseffektiv metod med hög taxonomisk upplösning som lämpar sig för kustnära undersökningar av biologisk mångfald i vatten eller sediment. DNA-molekyler från makroorganismer som fiskar eller marina däggdjur sprids i miljön via döda hudceller, slem etc. och genom att fånga in och avläsa dessa molekyler kan man på ett enkelt sätt få en överblicka av de organismer som förekommer i miljön. Metoden tillämpas även för undersökningar av mikroorganismer vid till exempel övervakning av algblomningar eller spridning av invasiva arter. DNA-sekvensering är en vanlig metod för analys av miljö-DNA, och genererar oftast stora datamängder. Dessa sekvensdata lagras och delas oftast via internationella system såsom National Center for Biotechnology Information. Potentialen med miljö-DNA diskuteras vidare i avsnitt 10.1.1.

6.2 Oexploaterade datakällor

Oexploaterade datakällor är datakällor som i dagsläget inte utnyttjas fullt ut. Under diskuteras två exempel av datakällor som vi har identifierat som relevanta för kustzonsplanering.

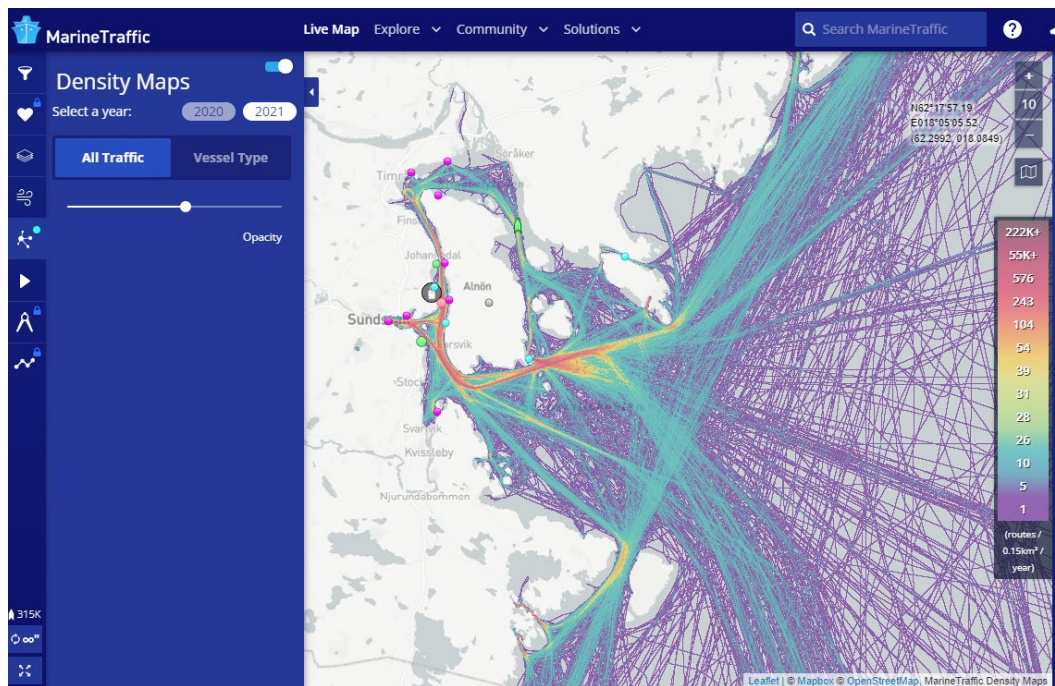
6.2.1 Industrier

Data från industrier är ofta oexploaterade datakällor då det inte finns incitament för att dela och tillgängliggöra data. Verksamhetsutövare kan samla in data som kan vara värdefulla för andra. Ett exempel är att vindkraftverk samlar in meteorologiska data för driften. Väderdata som samlas in kan vara värdefulla för andra verksamhetsutövare som exempelvis indata till vågmodeller eller spridningsmodeller. Ett annat exempel på en oexploaterad datakälla i kustzonsplanering är rörelsedata från mobiltelefoner.

Industrier och andra verksamheter samlar in data som kan var relevanta för kustzonsplanering och förvaltning. Det kan vara mätningar av meteorologiska och andra fysiska egenskaper som är en del av den dagliga driften. Det kan även vara data som tas fram och sammanställs som en del av exempelvis tillståndsprövningar. Merparten av dessa data behålls nog tyvärr inom företagen då de kan vara känsliga ur olika aspekter och det inte finns incitament för att tillgängliggöra data.

6.2.2 Rörelser

Rörelsedata från mobiltelefoner kan ge information om exempelvis vecko- och dygnsvariation om hur ett geografiskt område används. Redan i dag används den här typen av data för att studera flöden, men för kustzonsplanering är det en oexploaterad datakälla. Automatic Identification System (AIS) gör det möjligt att identifiera och följa fartyg i tiden. Alla fartyg över 300 ton och fiskefartyg med en längd över 15 m skall vara försedda med en AIS-transponder. Sjöfartsverket och andra intressenter samlar data från fartygen. Figur 7 visar exempel på AIS data. AIS data kan användas för att kartlägga hur kusten används av fartyg, samt att man kan uppskatta den belastning avseende buller och utsläpp som fartyg utgör. Det är dock en stor begräsning att inte alla fartyg rapporterar in data.



Figur 7. Exempel på AIS data från dataportalen Marine Traffic. Bild från <https://www.marinetraffic.com/>

7. Praktisk tillämpning

För att modeller och data ska kunna tillföra värde i kustzonsplanering och förvaltning, så behöver man veta vilka frågor man ska ställa. Vi har valt att exemplifiera hur man kan arbeta med modeller och datakällor genom två praktiska exempel. Fokus är på de modeller och datakällor som har identifierats och beskrivits i studien. Det första exemplet beskriver förutsättningarna för planering av kustzonen ur ett regionalt perspektiv och det andra har utgångspunkt i en verksamhetsutövers perspektiv.

7.1 Underlag till kustzonsplanering

Det första exemplet har utgångspunkt i en politisk överenskommelse mellan kustkommunerna i Göteborgsregionen samt Orust och Uddevalla. Kommunerna antog 2019 en gemensam *Fördjupad strukturbild för Kustzonen* (GR 2019). Strukturbilden är ett strategidokument för hur kustområdet mellan Uddevalla och Kungsbacka ska utvecklas på "ett långsiktigt hållbart sätt". Vi har gått igenom den del av överenskommelsen som handlar om "Långsiktig hållbarhet" och analyserat hur befintliga och potentiella datakällor och modeller kan användas för att verka för överenskommelsen. Analysen är inte komplett och det kan finnas andra modeller och metoder som är mer relevanta än de som beskrivs här. Tre mål i överenskommelsen har valts och diskuteras nedan. För att förstå hur olika datakällor och verktyg kan användas för att uppnå dessa mål har vi brutit ner målet i delfrågor som vi var för sig svarar på.

Gemensamt för alla mål i strukturbilden är att det behövs kunskap om den biologiska, kemiska och fysiska miljön i kustzonen. Tillgång till djupdata, kunskap om ekosystem och modellering av strömningar är underlag som kan bidra till flera av målen.

Kommunerna ska verka för "skydd och kartläggning av särskilt utpekade arter och biotoper såsom ålgräsängar, musselbankar och strandängar samt att värna dessa vid prövning och planering".

Detta mål har vi brutit ner i fem delfrågor:

1. Vilka arter/biotoper ska skyddas?

För att svara på detta behövs en lista över skyddade arter och biotoper. Styrande dokument för detta bör finnas hos kommunerna.

2. Var finns arterna/biotoperna?

För att svara på denna fråga behövs kartlager över var olika arter och biotoper finns samt information om deras livscyklar. Det är viktigt att värna om hela ekosystemen där arterna ingår samt att kartlägga varje arts livscykel. Till exempel kan en art leva sitt vuxna liv i ett område, leka i ett annat och ynglen kan sedan leva i ett tredje. För detta kan man använda inventeringsdata, kartering, information från miljökonsekvensbeskrivningar, om detta finns tillgängligt för området. En framtida väg kan vara miljö-DNA, se vidare avsnitt 10.1.1, liksom att utveckla metoder för att hantera fynd som inrapporterats av medborgare.

3. **Vilka förutsättningar behövs för att arten/biotopen ska överleva och må bra?**
Svaret på denna fråga beror på vilken art/biotop det handlar om. Det kan till exempel handla om vattenkemi, vattenkvalitet eller näringshalter. Här kan man få information från myndigheter, såsom resultat från den hydrologiska S-hype modellen eller den biogeokemiska Kustzonsmodellen. Tillräckligt vattenutbyte, vattentemperatur och strömmar kan också vara viktigt. Här kan hydrodynamiska modeller vara passande, de kräver dock djupdata med rätt upplösning.
4. **Mänsklig aktivitet i dessa områden.**
Kustzonen används av många och det kan finnas motstridiga intressen för olika områden. Det kan alltså bli en konflikt mellan intressenter för olika användning av kustzonen. Därför är det viktigt i planeringen att kartlägga hur områden används. Det kan handla om att kartlägga emissioner från land- och vattenbaserade verksamheter samt att kartlägga hur medborgarna använder kusten för rekreation. Här kan AIS-data, rörelse- och emissionsdata från till exempel SMED vara relevant, liksom utförda enkäter och samråd.
5. **Väga olika intressen för att hitta bra platser.**
För detta finns det flera olika verktyg som kan vara av nytta. Det handlar om verktyg som väger ihop olika intressen som ekosystemsbaserat verktyg för rumslig planering (Galparsoro, Pinarbaşı et al. 2021). R. Hietala *et al.* MOSAIC är ett verktyg utvecklat för denna typ av frågor. Även ett verktyg för kumulativ konsekvensbedömning, liknande Symphony, anpassat för kustzonen skulle vara användbart.

Kommunerna ska verka för *“att i kommunal och regional planering ta hänsyn till blå och grön infrastruktur samt prioritera åtgärder som främjar ekosystemtjänster.”*

Även detta mål har vi brutit ner i fyra delfrågor:

1. **Vad definieras som blå och grön infrastruktur och ekosystemtjänster?**
Naturvårdsverket definierar grön infrastruktur som *”nätverk av natur som bidrar till fungerande livsmiljöer för växter och djur och till människors välbefinnande”*.
Naturvårdsverket definierar ekosystemtjänster som *”alla produkter och tjänster som ekosystemen ger människan och som bidrar till vår välfärd och livskvalitet”*.
2. **Vilka ekosystemtjänster är det som ska främjas och var finns de i dag?**
I området som ska planeras behövs det en kartläggning av ekosystemtjänster och man behöver veta vad som ska till för att de ska främjas.
3. **Behöver veta var folk finns och hur folk använder kusten.**
För att i planeringen kunna ta hänsyn till blå och grön infrastruktur behöver man veta var den finns i dag. För att nå det här målet är det också mycket samma grundläggande information som för det första målet. Man kan givetvis använda samma information för att nå båda målen. Vi behöver veta var olika ekosystem finns och förutsättningarna för hela livscykeln för olika arter. I tillägg behöver man använda ekosystemtjänstmodeller som MOSAIC.
4. **Hur bedöms naturvärden?**
Vi behöver en modell som bedömer naturvärden till exempel InVest eller MOSAIC. Vi behöver veta ungefär samma sak som för det föregående målet, såsom var arter och biotoper finns samt hur konnektiviteten ser ut.

Kommunerna ska verka för *“bevarande och återhämtning av fiskbestånden som värdefull ekosystemfunktion, till exempel genom fiskefria områden, restaurering av vattendrag eller andra åtgärder.”*

För att kunna bevara fiskebestånden behöver man kartlägga hela livscykeln för arterna och bevara områden för alla känsliga steg i livet. Man behöver även veta hur spridningen sker mellan olika områden om man ska skydda områden och här kan transportmodellering och nischmodellering användas. För att undersöka fiskebestånd finns olika verktyg där man väger ihop fångst-, förekomst- och biologiskdata.

Detta mål har vi brutit ner i sju delfrågor:

1. Vilken fisk?
2. Var finns fisken i dag i alla steg i livscykeln?
3. Hur hittar man det bästa fiskefria området att skydda?
4. Var har bestånden funnits förut?
5. Vad behöver fisken för förutsättningar för ett friskt bestånd?
6. Hur mycket kan tas upp för att ändå bevara ett friskt bestånd? Modeller för bedömning av fiskebestånd. Fångst data, förekomst, biologiska data. Modellera fiskpopulationen, vilket stadiet i livscykeln. Vilken säsong på året.
7. Och i utifrån andra intressen, inte bara fiskens intressen?

7.2 Underlag för att anlägga vattenbruk

För det andra exemplet vill vi illustrera hur verksamhetsutövare kan använda modellering för beslut och hur vidare utnyttjande av data kan vara värdefullt. För den modellering som kan vara relevant för vattenbruk är det en del indata som är samma som för regional planering. För enskilda verksamheter kan det vara orealistisk att ta fram all indata som krävs för modelleringen. Det är därför av värde för verksamhetsutövare att det finns en övergripande struktur som möjliggör överordnade sök- och nedladdningsmöjligheter i alla relevanta databaser, deras metadata och data genom ett användbart gränssnitt. Dock kommer man inte undan att verksamhetsutövare behöver genomföra mätningar, och det borde finnas incitament för att dela vid dessa data för vidare utnyttjande. Vi har tagit utgångspunkt i vattenbruk och har gått igenom check-listan från verksamt.se för att anlägga vattenbruk.

1. Var kan man anlägga ett vattenbruk?

Först behöver man veta vilka områden som är planerade för vattenbruk. Detta kan finnas i en översiktsplan och kan kommuniceras genom ett GIS-verktyg. Enligt en kartläggning från Nationellt centrum för marin vattenbruksforskning är det vanligt att ta utgångspunkt i lokal kännedom och anknytning för val av placering av vattenbruk (SWEMARC 2020).

2. Inom detta område var är den bästa placeringen?

Modellering kan ingå för att hitta den bästa platsen för placering av verksamheten inom det planerade området för vattenbruk. För detta kan det vara relevant att modellera strömmar, vattenutbyte, temperatur och vattenkvalitet med en högre upplösning än det som är relevant för regional planering.

3. Är det några känsliga områden man kan påverka negativt?

Eventuell negativ påverkan på närområdet kan undersökas genom att spridningsberäkna emissioner från verksamheten. Detta kan vara aktuellt både under anläggningsfas, driftstid eller särskilda händelser. Detta kan vara relevant när verksamheterna tar fram sin biosäkerhetsplan.

För att hitta känsliga områden, med antingen känsliga biotoper eller områden utsatta för belastning från mänskliga aktiviteter kan verktyg för att bedöma kumulativ belastning i kustzonen vara användbara.

8. Utmaningar och brister

Det finns ett hav av data och modeller som kan vara relevanta för kustzonsplanering och förvaltning. Redan i dag används data och modeller i arbetet, men i denna studie har vi identifierat att det finns potential för att bättre utnyttja data och modeller i en datadriven kustzonsplanering och -förvaltning. I detta kapitel beskriver vi de utmaningar och brister som har identifierats utifrån de riktade intervjuerna, exemplen på praktisk tillämpning och litteratursökningen. Vi kommer enbart diskutera det som berör data, datahantering och modellering.

8.1 Var finns fisken och hur djupt är det?

Arbetet med rumslig förvaltning av naturvärden kräver god kunskap för var arter och biotoper finns samt vilka fysikaliska och biogeokemiska förutsättningar som krävs för att ekosystemen ska vara välmående. Täckande geografiskt fördelade data, såsom batymetri, artförekomst, strömmar, typ av substrat mm, med en rumslig upplösning passande för kustzonsplanering saknas i stor utsträckning. Att grundläggande data om kustzonen saknas kom fram i både kartläggningen av datakällor och i intervjuerna samt att det blev tydligt i exemplen för praktisk tillämpning. I intervjuerna efterfrågades särskilt tillgång till batymetri och artförekomster.

Genomgående i intervjuerna som genomförts samt från författarnas egna erfarenheter är bristen på högupplöst djupdata ett stort problem vid modellering av strömmar mm i kustzonen. Eftersom detta är reglerat av försvaret, är det svårt att komma runt problemet. Det som finns att tillgå är dataprodukter med som bäst ca 150 x 150 m horisontell upplösning för svenska vatten, vilket i kustzonen inte alltid är tillräckligt.

Att veta var olika arter och biotoper finns är grundläggande i planeringen och förvaltningen av kustzonen. Inventeringar är dyra och tidskrävande, och kartläggning av hela Sveriges kust genom inventeringar är svårt att uppnå.

Utan data är det svårt att ta datadrivna beslut. Det är svårt att använda modeller för att förbättra beslutsunderlag, och det finns en risk för att ambitionerna därmed sänks. I en norsk studie beskrivs det hur det fanns ambitioner i kustzonsplaneringen att modellera hur spridningen av laxlus från vattenbruk kunde spridas och därmed kunna ha det med i bedömningen över vilka områden som var mest lämpliga för vattenbruk. Dock kunde det inte genomföras då det inte fanns tillräcklig bra indata för att utföra modelleringen (Movik and Stokke 2021). Att ta fram dataunderlaget ansågs vara för kostsamt och omfattande. En eventuell påverkan på andra områden kunde inte inkluderas i bedömningen, så bedömningen gjordes utifrån bland annat påverkan av transporter och fiske. Detta är ett talande exempel på hur ambitionerna sänks när det saknas grundläggande data.

8.2 Jag hittar inte i datadjungeln!

Kartläggningen av datakällor visar att det finns potential för att utnyttja data mer, men att det är svårt att få en överblick över vilka data som finns. I intervjuerna kom det fram att det inte alltid behövs mer data, men att det är viktigt att de data som finns används rätt. I exemplen för praktisk tillämpning identifierades fler datakällor än miljöövervakningsdata som kan vara värdefulla för kustzonsplanering och förvaltning.

Det finns redan i dag ett antal dataportaler där det går att dela, söka och hämta data. För de dataportaler som finns i Sverige är det huvudsakliga problemet att de generellt inte innehåller speciellt många dataset som är relevanta för kustzonen och för dem som finns saknas oftast metadata av god kvalitet. Bristmässiga metadata gör att existerande data inte kan användas eller riskerar att användas felaktigt. Naturvårdsverket har upprättat ett system med nationella datavärdar i samarbete med bland annat HaV. Datavärdar är myndigheter, till exempel SMHI och SLU, som förvaltar data för Naturvårdsverkets och HaV:s räkning. Datavärdarna spelar en viktig roll för att samla och tillhandahålla relevant data, särskilt miljöövervakningsdata. Miljöövervakningsdata kan dock inte ensamt tillgodose alla de olika behov av underlag som finns inom miljöförvaltningen (SOU 2019).

8.3 Fina kartor och vackra färger

Det har skett en stor utveckling inom visualisering av data under det senaste decenniet, med allt från kartverktyg till virtuell verklighet (VR) och förstärkt verklighet (AR). Dessa visualiseringsmetoder kan vara användbara för att förmedla ett budskap. Men med möjligheten att göra fina grafiska presentation av data följer även risker. Som exempel, det är fullt möjligt att baserat på ett fåtal mätpunkter interpolera data och visualisera med fina färgglada kartor, detta blir en form av ”falsk hög upplösning” och kan leda till allvarliga feltolkningar. En förståelse för dataunderlaget är därför A och O.

Samma princip gäller när man använder kartlager som indata till modeller och verktyg. När du hämtar hem kartlager från en källa, det kan vara från översiktsplaner, modellerade data eller åter-analyserade data från till exempel CAMS, behöver du sätta dig in i hur dessa kartlager tagits fram. Det är också viktigt att ha med sig att kartor inte är neutrala, utan innehåller ofta värderingar (Movik and Stokke 2021). Den som strukturerar systemet väljer till exempel vilka lager som ska vara med samt hur lagren kan användas. Valet av färger och hur kartorna ser ut är inte heller neutralt.

För att förekomma problem med feltolkning eller felanvändning av data behövs standardiserade metadata av god kvalitet, kritiskt tänkande, och kunskap om datahantering hos tjänstepersoner och verksamhetsutövare, samt kunskapsöverföring mellan olika aktörer. Samarbete och kunskapsutbyte mellan olika kommuner och verksamhetsutövare är viktigt.

8.4 Jag vågar inte testa något nytt!

Nya datakällor och nya modeller kan öppna för nya arbetssätt i kustzonsplaneringen och -förvaltning, särskilt för de arbetsuppgifter där det inte finns någon standard eller juridiska krav att förhålla sig till. Kartläggningen av modeller och datakällor visar att det finns förutsättningar för att utveckla nya arbetssätt, men för att man ska kunna våga testa nya arbetssätt och metoder som är under utveckling behöver det utrymme för kreativitet och nytänkande. Det krävs också kunskap och förståelse om möjligheterna och begränsningarna med nya tekniker samt de utmaningar som kan lösas med nya arbetssätt. En viktig del för att lyckas tror vi är att skapa samverkan och bryggor mellan de som arbetar med digitalisering och de som samlar in och använder data.

9. Rekommendationer

Det finns ingen brist i antalet tillgängliga modeller och verktyg som skulle kunna vara användbara för kustzonsarbetet. Hur bra modeller och verktyg som än finns har dock ingen betydelse om underbyggande data är av bristfällig kvalitet eller inte finns tillgänglig överhuvudtaget. Vi anser därför att fokus måste läggas på att ta fram ett adekvat geografiskt fördelat dataunderlag till modeller och planeringsverktyg. Därtill, för att välja ut 30 procent av våra kust- och havsvatten som ska ingå i marina skyddsområden innan 2030, behövs mer information om var känsliga och skyddsvärda biotoper finns.

För att förbättra kustzonsplanering och förvaltning behöver flera olika saker tillkomma. I följande avsnitt redovisas möjliga vägar framåt och vad som bör prioriteras utifrån kommunernas och länsstyrelsernas samt Naturvårdsverket (NV) och Havs- och Vattenmyndighetens (HaV) perspektiv.

9.1 Verktygslåda för utförare

Eftersom mycket av det praktiska arbetet med kustzonen ligger på kommuner och länsstyrelser behöver berörda tjänstepersoner tillgång till bra verktyg och data, som är anpassade för uppgiften. Att varje kommun ska ta fram en egen verktygslåda med modeller och data verkar orimligt. Kommunerna och länsstyrelserna bör i samråd med HaV och NV ta fram en verktygslåda som praktiker kan använda och anpassa för sin kustzon. Denna verktygslåda bör inkludera:

- **Digital översiktsplan:** Informationen i översiktsplanen publiceras i form av ett GIS-verktyg som innehåller:
 - Artförekomst och biotoper, nyckelbiotoper
 - Zoner; olika grader av skydd, områden avsedda för vattenbruk, fiskezoner och rekreatiomsområden.
 - Sjöfartsleder, och områden där småbåtar rör sig, se avsnitt 10.4 för vidare diskussion.
 - Visa platser där tidigare miljökonsekvensbeskrivningar och andra utredningar genomförts. Här kan även länkar till data och rapporter ligga, se vidare diskussion i avsnitt 10.2.
 - Var det finns olika typer av vattenbruk idag.
- **Verktyg för ekosystemtjänster:** Ett verktyg för utvärdering av ekosystemtjänster, som exempelvis Mosaik, är viktigt i arbetet med att planera kustzonen. Detta kräver dock geografiskt fördelad information om arter och biotoper, mer om detta i avsnitt 9.2.
- **Verktyg för kumulativ stress:** En kustanpassad version av Symphony skulle också vara önskvärd så att områden med hög kumulativ stress kan identifieras. Att utveckla en kustanpassad kumulativ modell kräver dock många fler datalager än den havsbaserade versionen för att adekvat inkludera interaktionen mellan hav och land, samt ta hänsyn till de komplexa ekosystemen i kustzonen. Utvecklingen av en sådan modell bör prioriteras först efter metoder för inventering av kustmiljön tagits fram och själva arbetet börjat.

- **Kunskap och kunskapsutbyte:** Tjänstepersoner på kommunen ska också ha tillgång till och kunskap om hur den digitala översiktsplanen, verktygen och data bör användas samt hur ytterligare data kan hämtas ur en nationell databas (beskrivs i avsnitt 10.2). Därför behöver det ske en organiserad kunskapsdelning mellan olika kommuner, myndigheter och verksamhetsutövare, detta kan ske via till exempel kommunförbund eller vattenvårdsförbund.

Verksamhetsutövare i kustzonen skulle kunna dra nytta av de verktyg och kunskap som beskrivs ovan. Inför tillståndsansökan kan översiktsplanen användas för att lokalisera potentiella platser för den tilltänkta verksamheten. Det är därför mycket viktigt att det finns tjänstepersoner med god kunskap om tillståndprocesser och de verktyg och data som kan användas.

Verksamhetsutövare bör uppmuntras och ges incitament för att dela data som de samlar in inom sin verksamhet, detta kan röra sig om vattenkvalitetsdata, temperaturer eller strömmar. En möjlighet som bör utvärderas är att ha som krav i miljötillstånd att vissa data ska delas öppet och standardiserat.

9.2 Grundläggande förutsättningar

För en förbättrad kustzonsplanering och förvaltning krävs en långsiktig finansiering vilket kan möjliggöra både utveckling av nya arbetssätt och förvaltning av data och modeller. En möjlig väg framåt är att skapa ett nationellt tvärvetenskapligt program för att möjliggöra en kunskapsbaserad och hållbar förvaltning och näringsutveckling av kustzonen finansierat via statsbudgeten. Ett exempel på ett likande program är det norska Mareno som finansieras av Närings- och fiskeridepartementet och Klima- och miljödepartementet. NV och HaV bör ha ett övergripande ansvar för att ta fram metoder, verktyg och grundläggande data nödvändiga i kustzonsarbetet, men för att lyckas behöver också andra myndigheter involveras, som exempelvis DIGG.

Vi föreslår fokus på följande punkter:

- **Kartlägga:** HaV och NV bör ansvara för ett program där kustzonens arter och biotoper kartläggs. De traditionella inventeringsmetoderna kommer troligen vara alldeles för kostsamma och tidskrävande för att inventera hela Sveriges kustzon, därför rekommenderar vi att nya metoder undersöks. Detta skulle kunna göras genom finansiering av forskningsprojekt där metoder för kostnadseffektiv kartläggning av arter och biotoper tas fram. I avsnitt 10.1 beskriver vi förslag på metoder vi tror kan vara intressanta att utforska. Därefter bör kartläggningen genomföras i regi av kommunerna under översikt av NV och HaV.
- **Uppföljning:** Det behöver också tas fram mer kostnadseffektiva metoder för att följa upp åtgärder och följa utvecklingen i havet. Detta bör vara en enklare metod än kartläggningen, exempelvis skulle uppföljning av effekten av marina skyddsområden kunna ske med miljö-DNA prover för att se förändringar i populationer.
- **Riktlinjer:** Utifrån de två överstående punkterna bör NV och HaV ge riktlinjer för hur kartläggning och uppföljning bör gå till.

- **Batymetri:** Högupplöst batymetri är nyckel till hydrodynamiskmodellering av kustområden. Det hade varit önskvärt att ett sådant dataset fanns tillgängligt, dock har Försvarsmakten stränga restriktioner på delning av batymetri i kustområden. Detta är inget som vi kan se en direkt lösning på. Istället ger vi förslaget att någon myndighet eller institut får tillgång till batymetri och kan räkna hydrodynamik för hela Sveriges kust, och därefter ge fri access till de modellerade resultaten. Vem som skulle få detta uppdrag bestäms av NV och HaV.
- **Datahantering och delning:** Det andra området som identifierats som ett område som bör prioriteras är datahantering och delning av data. Det finns stora datamängder som skulle kunna delas och därmed återanvändas. För att detta ska ske behövs infrastruktur, teknik och kunskap samt incitament för att dela data. Detta arbete bör göras inte bara för data relevant för kustzonen, därför kan detta vara en uppgift även för andra myndigheter än NV och HaV. För att utnyttja den fulla potentialen av all den data som finns idag krävs samverkan mellan de som har kunskap om datahantering och de som samlar in och använder data. Läs mer om insamling och delning av data i avsnitt 10.2.
- **Standardiserade metoder vid framtag av underlag till MKB:er:** Data som tas fram i arbetet med miljöutredningar skulle kunna vara en viktig källa till information om våra kuster. Dagens riktlinjer för insamling av data gör dock att data sällan är jämförbar eller går att återanvända. Idag delas inte denna typ av data i någon större utsträckning. En standardiserad metod för inventering, beräkningar av spridning och konsekvensanalyser skulle kunna generera en källa av data av god kvalitet. NV och HaV bör se över ifall det går att ge incitament eller kravställa delning av icke-företagskänsligdata.

10. Framtida lösningar

Här har vi utforskat hur nya metoder såsom miljö-DNA, sensorer och mobildata i kombination med modellering och AI skulle kunna ge oss den geografiska data vi behöver, samt deras möjliga nytta inom andra delar av kustzonsarbetet (avsnitt 10.1). I avsnitt 10.2 föreslås lösningar för att samla, länka och harmonisera data som gör den användbar för olika aktörer.

En viktig aspekt av kustzonsplanering är kunskap om hur kusten används. Var stora båtar färdas kan vi studera med hjälp av AIS data, men det är småbåtar, som inte behöver delge denna typ av information, som oftast färdas nära vår kust i potentiellt känsliga områden. Inom tidigare forskningsprojekt har rörelsedata (mobildata) används för att undersöka vilka områden som människor vistas i. I avsnitt 9.3 diskuterar vi hur denna teknik skulle kunna vara användbar inom kustzonsarbetet.

10.1 Nya tekniker för insamling av geografiskt täckande data

För att kunna planera och värna våra kustnära ekosystem behövs geografiskt täckande data som visar förekomsten av olika arter och biotoper. Denna typ av data är grundläggande för de flesta planeringsverktyg som finns idag. Fokus behöver därför läggas på att kartlägga var olika arter finns. Att kartlägga hela Sveriges kustzon på ett traditionellt sätt skulle kräva en mycket stor och kostsam insats. Därför föreslår vi att nya tekniker, såsom miljö-DNA och sensorer, tillsammans med modelleringsverktyg och maskininlärningstekniker bör utforskas som ett sätt att kartlägga arter och biotoper i kustzonen. Dessa nya tekniker skulle även kunna vara mycket användbara för att undersöka förändringar över tid, för att detektera spridning av invasiva arter eller bedöma det genetiska underlaget inom en population.

10.1.1 Miljö-DNA

Traditionella metoder för kartläggning av biologisk mångfald i marina miljöer, såsom visuella undersökningar av dykare, är ofta dyra, samt kräver taxonomisk expertis. Vanan och kunskapen hos den som bedömer taxonomin påverkar också resultatet och kan introducera en bias i dataunderlaget ifall olika experter bedömer på olika sätt (Ackerman and Bellwood 2000). Med provtagning av miljö-DNA, kan man undvika bristerna i de traditionella undersökningsmetoderna, och därigenom tillhandahålla en repeterbar metod för att bedöma förekomst av arter och biologisk mångfald (Ficetola, Míaud et al. 2008, Thomsen, Kielgast et al. 2012). Under de senaste åren har intresset för miljö-DNA ökat alltmer i takt med att vi förstår dess potential. Nguyen et al. visade, exempelvis, potentialen med miljö-DNA genom att effektivt karakterisera finskaliga mönster av populationsmansättning i kustnära marina ekosystem (Nguyen, Shen et al. 2020). Det finns till och med indikationer på att det går att se ett samband mellan koncentrationen av miljö-DNA och mängden och/eller biomassan av en specifik art (Rourke, Fowler et al. 2022).

Viktiga abiotiska faktorer för att förstå geografisk fördelning av arter utifrån miljö-DNA är hydrologiska processer som påverkar spridning och persistens av miljö-DNA, särskilt viktigt är vattenflöde och temperatur (Rourke, Fowler et al. 2022). Att använda miljö-DNA tillsammans med maskininlärning och modellering av fysiska och biogeokemiska parametrar för att kartlägga och förstå mänsklig påverkan på marina ekosystem är ett område som bör utforskas. DiBattista et al. använde en kombination av miljö-DNA och algoritmer för maskininlärning för att undersöka hur antropogena belastningar kan ha påverkat förekomsten av marina arter och biologisk mångfald (DiBattista, Fowler et al. 2022).

Vi föreslår att miljö-DNA tillsammans med den ökande kunskapen om maskininlärning och modellering borde ses om en framtida möjlighet för kartläggning av våra kustnära miljöer. Kan rätt provtagningsupplägg (rätt prover på rätt platser) kombineras med strömningsdata, och andra fysikaliska och biologiska parametrar, så finns det en möjlighet att kartläggningen kan ske på ett relativt kostnadseffektivt sätt.

Miljö-DNA kan därtill vara mycket användbart om man vill studera förändringar över tid. Till exempel, hur förändras den biologiska mångfalden i och i närheten av skyddade områden? Ett annat exempel kan vara kartläggning av invasiva arter samt uppföljning över hur deras spridningsmönster förändras över tid.

Det går även med hjälp av miljö-DNA att detektera antropogena utsläpp från båda havs och landbaserade källor, så som avloppsvatten.

10.1.2 Delade modellerade data

Genomgående i intervjuerna som genomförts samt från författarnas egna erfarenheter är bristen på högupplöst djupdata ett stort problem om vi ska modellera strömmar mm i kustzonen. En möjlig väg framåt skulle kunna vara att en myndighet eller ett institut fick i uppdrag att modellera strömmar och andra fysiska parametrar för hela Sveriges kustzon med en så bra upplösning som möjligt, genom att få tillgång till bättre upplöst djupdata. I Sverige är det Sjöfartsverket som efter samråd med Försvarsmakten ger spridningstillstånd till dessa data. Hur högupplöst modellerade data som är möjligt att få med beror på vilken upplösning på djupdata som det kan ges spridningstillstånd för samt beräkningskapaciteten för att köra modellen för hela Sveriges kust. Resultaten görs därefter öppna enligt metoden som beskrivs i avsnitt 10.2. Detta innebär att den strömningsdata som är så viktig del i arbetet med kustzonen kan göras tillgänglig utan att djupdata delas.

10.1.3 Kostnadseffektiva mätningar

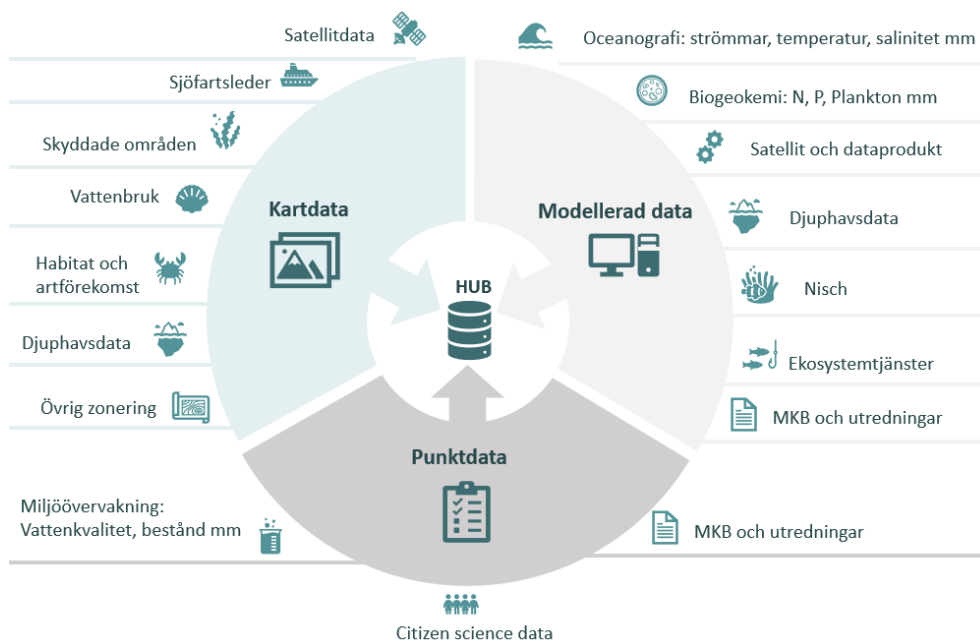
En stor utmaning med att använda modeller i kustzonsplaneringen är att hitta data med rumslig upplösning och mätningar på de platser som är intressanta. Ny teknik utvecklas hela tiden, mätinstrument blir billigare och mätningar blir mer tillgängliga. Detta kan möjliggöra att data samlas in med högre rumslig och tidsmässig upplösning och på fler platser.

Redan i dag samlas det in mängder av data som kan vara användbara som indata till modellering. De samlas in och sparas både av verksamhetsutövare och privatpersoner för olika ändamål. För att kunna öka återanvändningen av data behövs det incitament och system för att dela och tillgängliggöra data. Det behövs också system för att hantera metadata samt kunskap i att bedöma datakvalitet och hur data kan användas.

10.2 Samla, länka och harmonisera data

Det finns stora möjligheter med att använda nya datakällor och ny teknik för data-driven kustzonsplanering och förvaltning, men utan att ha ett system för att hantera data och metadata samt kvalitetssäkra data kan man inte utnyttja potentialen fullt ut. Särskilt vill vi lyfta värdet av att arbeta med länkade data och beständiga identifierare. Genom att arbeta med beständiga identifierare säkerställs att information som publiceras är åtkomlig på samma sätt över tid och är en förutsättning för att kunna arbeta med länkade data. Länkade data kan öka vidareutnyttjande av data och det blir enklare att identifiera relaterad information och nya datakällor. Att arbeta med beständiga identifierare och länkade data kan öka viderutnyttjandet av data. Data som samlas in i ett syfte kan vara relevanta för kustzonsförvaltning, men används ändå inte då de inte är tillgängliggjorda eller enkla att hitta. Myndigheten för digital förvaltning (DIGG) har publicerat 7 principer för tillgängliggörande av information. Att följa principerna kommer underlätta för att vidareutnyttja delade data.

Som studien har visat, så kan alla möjliga typer av data vara relevanta för kustzonsplanering. Det kan röra sig om information om att en MKB har genomförts vid en specifik plats till modellerade strömmar från något forskningsprojekt eller till övervakningsdata från mätbojar och fältkampanjer. Det optimala är att direkt kunna ladda ner data och metadata via ett API eller interface, men det kan även finnas ett värde i att bara få veta att data finns och vem som är ansvarig för datasetet. Figur 8 illustrerar hur data från olika datakällor kan samlas i en hubb. I stället för att skapa en ny dataportal där data från olika källor läggs in föreslår vi att det arbetas med metoder som möjliggör överordnade sök- och nedladdningsmöjligheter i alla relevanta databaser, av såväl metadata som data.



Figur 8. Exempel på ett antal olika datatyper och datakällor som kan användas för kustzonsplanering och förvaltning och hur det kan samlas i en hubb.

För att göra data tillgänglig, så behöver det finnas användarvänliga gränssnitt för tjänstepersoner och verksamhetsutövare med begränsad kunskap om datahantering och dataanvändning. Detta skulle kunna påminna om en digital översiktsplan där man med hjälp av en interaktiv karta kan identifiera och hitta länkar till tillgängliga data. Som exempel i Norra Bohuslän har fyra kommuner gemensamt arbetat med en fördjupade översiktsplan för kustvattendelen och territorialdelen av havet (<https://www.tillvaxtbohuslan.se/bla-op/dokument/>). Den fördjupade översiktsplanen har publicerats som en webbkarta med olika GIS-lager. Webbkartan är ett bra exempel på hur data kan tillgängliggöras och göras användbar. I tillägg till GIS-lager med planbestämmelser, så inkluderas även kartlager som innehåller information om artförekomster. De lagren baseras på olika inventeringar och satellitbaserade analyser. De ger en överblick över vad som finns, så att verksamhetsutövare får undersöka närmare om det behövs. Men om man även hade delat data och tillgängliggjort metadata, så hade man kunnat fått ut så mycket mer från det. Tyvärr utnyttjas inte potentialen och värdet som finns i data i och med att det inte uppmuntras till återbruk och vidareutnyttjande av data.

För att kunna utnyttja den resurs som delade data är, så behöver användaren förstå avgränsningarna. Hantering av metadata är nyckel för att kunna utnyttja data optimalt. Bristmässiga metadata gör att existerande data inte kan användas eller används felaktigt. Kvalitetsledningssystemet för miljöövervakningen som presenterades i år ger ramarna för datainsamling från miljöövervakningen och gör det enklare att följa standarder (Naturvårdsverket 2022). Kvalitetsledningssystemet kan även användas av andra som samlar in relevanta data för att öka möjligheten för återbruk av data.

I syfte att harmonisera data från olika källor så är det viktigt att metadata har en standardiserad struktur. In akademiska sammanhang har Svensk Nationell Datatjänst, SND, som huvuduppgift att stödja tillgänglighet, bevarande och återanvändning av forskningsdata och relaterat material. Här finns bland annat sökmöjligheter och anvisningar för hur data skall läggas in. Vår föreslagna hub för kustdata skulle kunna organiseras på samma sätt och även inkorporera relevanta länkar till SND.

10.3 Ansvar och förvaltning av data

Med förvaltning av data kommer också en kostnad, därför behöver nyttan för att förvalta data vägas mot kostnaden för att förvalta data. Ökat återbruk av data kan leda till besparingar för verksamheter då det exempelvis kan leda till det i en utredning kan använda grunddata som andra har tagit fram och förvaltar. Den aktör kan dra nytta av att data är tillgängliggjort är inte alltid den som får kostnaden för dataförvaltningen. Det är kostsamt och omständligt att samla in all data centralt, så i arbetet med att samla, dela och harmonisera data har alla aktörer som samlar data ett ansvar. Data som identifieras som särskilt viktiga behöver förvaltas på ett centralt av exempelvis en myndighet. All data kommer inte vara särskilt viktiga och med det kommer det finnas en risk att data försvinner om exempelvis ett företag går konkurs och försvinner. Det är en risk som vi menar att det är värt att ta för att öka delning och återbruk av data.

Hantering av data och möjliggörande för vidareutnyttjande av data kostar i form av exempelvis personal, tid och hårdvara. Det gäller all data, och kompetensen och infrastrukturen för att krävs är inte specifik för kustzonsplanering och -förvaltning. Därför menar vi att för att öka återbruk och vidareanvändning av data så behövs det i varje organisation en funktion som uttalat har ett ansvar för hanteringen av organisationens data och möjliggöra för vidareanvändning.

10.4 Användning av kustzonen

I den här studien har fokus varit på ekologiska och fysiska förutsättningar, men för att lyckas med en kustzonsplanering och förvaltning så behöver också kulturella och sociala aspekter tas hänsyn till. Kustzonen används av många och det kan finnas motstridiga intressen för olika områden. Det kan alltså både bli en konflikt mellan intressenter för olik användning av kustzonen, men också en konflikt om hur olika områden ska användas.

För att minska konflikterna är det en fördel att veta hur folk använder kusten i dag. Användandet kan kartläggas genom traditionella samråd. För att få in mer information kan även andra alternativa metoder användas som ett komplement. Att använda digitala verktyg för att samla in rumslig information om hur medborgare använder kusten kan ge information som kan vara svår att få in via traditionella metoder. Det kan också möjliggöra att man når ut till fler målgrupper än de som man når genom de traditionella processerna. Allmänheten bör uppmuntras att rapportera arter, samt organisera och delta i lokala aktiviteter arbete såsom städning av stränder och om möjligt rehabiliteringsprogram för viktiga naturområden. Detta för att sprida kunskap och engagemang hos befolkningen.

Var stora båtar färdas kan studeras med hjälp av AIS data. Småbåtar behöver inte delge denna typ av information, och det är småbåtar som oftast färdas nära kusten i potentiellt känsliga områden. Rörelsedata (mobildata) kan användas för att undersöka flöden och vilka områden som människor vistas i. Det finns potential för att använda rörelsedata för att hitta vilka områden som används för exempelvis rekreation eller småskaligt fiske, och den informationen kan vara värdefull när det ska göras en prioritering av vilka områden som ska skyddas och vilka områden som ska exploateras.

11. Slutsatser

Den artutarmning och nedläggning av kustfisket som vi nu bevittnar är ett resultat av bristande ansvar, kunskap, inventering, planering och förvaltning. Att genomföra god planering och förvaltning kräver bland annat kunskap om vad som finns under vattenytan.

Denna studie visar att det inte finns någon brist i antalet tillgängliga modeller och planeringsverktyg, men den underliggande data som krävs är oftast bristfällig eller saknas helt. Idag saknas geografiskt täckande data över förekomst och utbredning av arter och habitat, vilket gör det svårt att genomföra konsekvensanalyser vid exempelvis anläggning av nya verksamheter eller identifiering av skyddsvärda områden. De traditionella inventeringsmetoderna kommer troligen vara alldeles för kostsamma och tidskrävande för att inventera hela Sveriges kustzon, därför rekommenderar vi att nya metoder undersöks. Miljö-DNA är en sådan teknik som skulle kunna vara en bra väg framåt, både för att kartlägga förekomst av arter samt följa upp av hur artsammansättningen förändras över tid.

Ett annat problem är att batymeri med hög upplösning inte finns att tillgå, vilket gör det svårt att modellera hydrodynamik och andra processer i kustzonen med en för kusten passande rumslig upplösning. Detta problem går inte att lösa på ett enkelt sätt, men vi föreslår möjligheten att en myndighet eller ett institut kan få i uppdrag att modellera strömmar och andra fysiska parametrar för hela Sveriges kustzon med lämplig upplösning, genom att få tillgång till djupdata med högre upplösning. Modellresultaten görs därefter tillgängliga via en dataportal.

Det finns stora möjligheter med att dela och återanvända data i kustzonsplanering och förvaltning. Denna studie visar dock att det behövs ett system för datahantering och delning. Särskilt vill vi lyfta värdet av att arbeta med länkade data och beständiga identifierare. Arbetet med att länka data och göra dem nationellt sökbara behöver organiseras. Detta arbete är inte specifikt för kustzonsplanering, och DIGG har redan i dag i uppgift att samordna och stödja den förvaltningsgemensamma digitaliseringen. Att följa riktlinjer, rekommendationer och principer från DIGG kommer underlätta vidareutnyttjandet av delade data. Men för att digitaliseringen ska bli ändamålsenlig för kustzonsplanering och -förvaltning behövs samverkan mellan de som arbetar med digitalisering och de som producerar och använder data. Vi tror att en kunskapsbrygga är nödvändig för att få detta att lyfta. Det gäller all data. För att effektivisera digitaliseringen, öka återbruk och vidareanvändning av data så behövs det i varje organisation finnas en funktion som har ett uttalat ansvar för hanteringen av organisationens data.

För att uppnå en långsiktig hållbar förvaltning av våra hav och kuster behöver nya arbetssätt utvecklas. Det finns nya lösningar och tekniker som kan användas för att utveckla mer effektiva arbetssätt för datadriven hållbar kustzonsplanering och -förvaltning, men den utvecklingen kommer kräva engagemang och finansiering. Det krävs även en medveten satsning på förvaltning av data. Med förvaltning av data tillkommer också en kostnad, därför behöver nyttan med att förvalta vägas mot kostnaden. Studien har visat att en del av verktygen och data som kan leda till förbättringar i kommunernas arbete behöver utvecklas och förvaltas nationellt. Det betyder att kostnaden inte alltid kommer hamna direkt i den organisationen där man ser mest nytta.

För att ha en chans att bevara våra kustnära ekosystem och naturvärden måste vi samla kompetens om miljö, digitalisering och näringsliv från såväl myndigheter, forskare och verksamhetsutövare. Det kommer krävas en övergripande långsiktig satsning som inkluderar utveckling av nya metoder och arbetssätt samt förvaltningsgemensam digitalisering.

Tack

Vi vill ge ett stort tack till Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten finansiering av projektet, granskarna Mats Skarp (HaV), Ulf Jennehag (RISE), Per Bröms (RISE) och Fredrik Skargren (DIGG), samt alla som deltagit i intervjuer och/eller delat med sin av sina kunskaper på annat sätt; Pia Andersson (SMHI), Sofia Åström (SMHI), Moa Edman (SMHI), Lena Bram Eriksson (SMHI), Barbro Sundström (Göteborgs Regionen), Hedvig Högfors (HaV), John Munthe (IVL), Mats Töpel (IVL), Martin Sjöberg (IVL), Torsten Linders (GU), Åsa Strand (IVL), Denny Nelson (IVL), Lars Höglund (IVL), Fredrik Hallgren (IVL) m.fl..

12. Källhänvisningar

Ackerman, J. L. and D. R. Bellwood (2000). “Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations.” *Marine Ecology Progress Series* **206**: 227–237.

Anderson, T. R. (2005). “Plankton functional type modelling: running before we can walk?” *Journal of plankton research* **27**(11): 1073–1081.

Anderson, T. R. (2010). “Progress in marine ecosystem modelling and the “unreasonable effectiveness of mathematics”.” *Journal of Marine Systems* **81**(1–2): 4–11.

Buonocore, E., U. Grande, P. P. Franzese and G. F. Russo (2021). “Trends and evolution in the concept of marine ecosystem services: an overview.” *Water* **13**(15): 2060.

Clark, J. R. (2018). *Coastal zone management handbook*, CRC press.

Conley, D. J., J. Carstensen, J. Aigars, P. Axe, E. Bonsdorff, T. Eremina, B.-M. Haahti, C. Humborg, P. Jonsson and J. Kotta (2011). “Hypoxia is increasing in the coastal zone of the Baltic Sea.” *Environmental science & technology* **45**(16): 6777–6783.

Costanza, R., R. d’Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O’neill and J. Paruelo (1997). “The value of the world’s ecosystem services and natural capital.” *nature* **387**(6630): 253–260.

Crain, C. M., B. S. Halpern, M. W. Beck and C. V. Kappel (2009). “Understanding and managing human threats to the coastal marine environment.” *Annals of the New York Academy of Sciences* **1162**(1): 39–62.

Denman, K. L. (2003). “Modelling planktonic ecosystems: parameterizing complexity.” *Progress in Oceanography* **57**(3–4): 429–452.

DiBattista, J. D., A. M. Fowler, I. J. Riley, S. Reader, A. Hay, K. Parkinson and J.-P. A. Hobbs (2022). “The use of environmental DNA to monitor impacted coastal estuaries.” *Marine Pollution Bulletin* **181**: 113860.

Domínguez-Tejo, E., G. Metternicht, E. Johnston and L. Hedge (2016). “Marine Spatial Planning advancing the Ecosystem-Based Approach to coastal zone management: A review.” *Marine Policy* **72**: 115–130.

Fabry, V. J., B. A. Seibel, R. A. Feely and J. C. Orr (2008). “Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes.” *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* **65**(3): 414–432.

Ficetola, G. F., C. Miaud, F. Pompanon and P. Taberlet (2008). “Species detection using environmental DNA from water samples.” *Biology letters* **4**(4): 423–425.

Franklin, J. (2013). “Species distribution models in conservation biogeography: developments and challenges.” *Diversity and distributions* **19**(10): 1217–1223.

Fulton, E. A., A. D. Smith and C. R. Johnson (2003). “Effect of complexity on marine ecosystem models.” *Marine Ecology Progress Series* **253**: 1–16.

- Fulton, E. A., A. D. Smith and C. R. Johnson (2004). "Effects of spatial resolution on the performance and interpretation of marine ecosystem models." *Ecological Modelling* **176**(1–2): 27–42.
- Galparsoro, I., K. Pınarbaşı, E. Gissi, F. Culhane, J. Gacutan, J. Kotta, D. Cabana, S. Wanke, R. Aps and D. Bazzucchi (2021). "Operationalisation of ecosystem services in support of ecosystem-based marine spatial planning: insights into needs and recommendations." *Marine Policy* **131**: 104609.
- Ganju, N. K., M. J. Brush, B. Rashleigh, A. L. Aretxabaleta, P. del Barrio, J. S. Grear, L. A. Harris, S. J. Lake, G. McCardell, J. O'Donnell, D. K. Ralston, R. P. Signell, J. M. Testa and J. M. P. Vaudrey (2016). "Progress and Challenges in Coupled Hydrodynamic-Ecological Estuarine Modeling." *Estuaries and Coasts* **39**(2): 311–332.
- Gao, J., C. Xie and C. Tao (2016). *Big data validation and quality assurance--Issues, challenges, and needs*. 2016 IEEE symposium on service-oriented system engineering (SOSE), IEEE.
- Gehlen, M., R. Barciela, L. Bertino, P. Brasseur, M. Butenschön, F. Chai, A. Crise, Y. Drillet, D. Ford and D. Lavoie (2015). "Building the capacity for forecasting marine biogeochemistry and ecosystems: recent advances and future developments." *Journal of Operational Oceanography* **8**(sup1): s168–s187.
- Gimpel, A., V. Stelzenmüller, B. Grote, B. H. Buck, J. Floeter, I. Núñez-Riboni, B. Pogoda and A. Temming (2015). "A GIS modelling framework to evaluate marine spatial planning scenarios: Co-location of offshore wind farms and aquaculture in the German EEZ." *Marine Policy* **55**: 102–115.
- GR (2019). "Fördjupad strukturbild för kustzonen - Överenskommelser för framtida planering i Göteborgsregionen, Orust och Uddevalla." *Rapport Göteborgsregionen*.
- Guerry, A. D., M. H. Ruckelshaus, K. K. Arkema, J. R. Bernhardt, G. Guannel, C.-K. Kim, M. Marsik, M. Papenfus, J. E. Toft and G. Verutes (2012). "Modeling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning." *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* **8**(1–2): 107–121.
- Gustavsson, B. M., J. Magnér, B. C. Almroth, M. K. Eriksson, J. Sturve and T. Backhaus (2017). "Chemical monitoring of Swedish coastal waters indicates common exceedances of environmental thresholds, both for individual substances as well as their mixtures." *Marine pollution bulletin* **122**(1–2): 409–419.
- Hagström, B., J. Wanemark, L. Samuelsson, H. Bok and Å. Watne (2020). "The LoV-IoT project: Air and water monitoring with Internet of Things Data platform." *The City of Gothenburg, R2020:20*.
- Halpern, B. S., S. Walbridge, K. A. Selkoe, C. V. Kappel, F. Micheli, C. d'Agrosa, J. F. Bruno, K. S. Casey, C. Ebert and H. E. Fox (2008). "A global map of human impact on marine ecosystems." *science* **319**(5865): 948–952.
- Hammar, L., S. Molander, J. Pålsson, J. S. Crona, G. Carneiro, T. Johansson, D. Hume, G. Kågesten, D. Mattsson and O. Törnqvist (2020). "Cumulative impact assessment for ecosystem-based marine spatial planning." *Science of the Total Environment* **734**: 139024.

- Harley, C. D., A. Randall Hughes, K. M. Hultgren, B. G. Miner, C. J. Sorte, C. S. Thornber, L. F. Rodriguez, L. Tomanek and S. L. Williams (2006). “The impacts of climate change in coastal marine systems.” *Ecology letters* **9**(2): 228–241.
- HaV (2018). “Symphony, Integrerat planeringsstöd för statlig havsplanering utifrån en ekosystemansats.” *Rapport 2018:1*.
- Hietala, R., A. Ijäs, T. Pikner, A. Kull, A. Printsman, M. Kuusik, N. Fagerholm, P. Vihervaara, P. Nordström and K. Kostamo (2021). “Data integration and participatory process in developing integrated coastal zone management (ICZM) in the northern Baltic Sea.” *Journal of Coastal Conservation* **25**(5): 1–15.
- Hogfors, H., F. G. Fyhr and A. Nyström Sandman (2020). Mosaic-verktyg för ekosystembaserad rumslik förvaltning av marina naturvärden: Version 1, Havs- och vattenmyndigheten.
- Ismail, K. and M. R. Al-Shehhi (2022). “Reviews and syntheses: Assessment of Biogeochemical Models in the Marine Environment.” *Biogeosciences Discussions*: 1–38.
- Lester, S. E., C. Costello, B. S. Halpern, S. D. Gaines, C. White and J. A. Barth (2013). “Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning.” *Marine Policy* **38**: 80–89.
- Lester, S. E., A. K. Dubel, G. Hernán, J. McHenry and A. Rassweiler (2020). “Spatial Planning Principles for Marine Ecosystem Restoration.” *Frontiers in Marine Science* **7**.
- Linhoss, A. C., R. Camacho and S. Ashby (2016). “Oyster habitat suitability in the northern Gulf of Mexico.” *Journal of Shellfish Research* **35**(4): 841–849.
- Lu, Y., J. Yuan, X. Lu, C. Su, Y. Zhang, C. Wang, X. Cao, Q. Li, J. Su and V. Ittekkot (2018). “Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability.” *Environmental Pollution* **239**: 670–680.
- Ménesguen, A., P. Cugier, S. Loyer, A. Vanhoute-Brunier, T. Hoch, J.-F. Guillaud and F. Gohin (2007). “Two-or three-layered box-models versus fine 3D models for coastal ecological modelling? A comparative study in the English Channel (Western Europe).” *Journal of Marine Systems* **64**(1–4): 47–65.
- Moges, E., Y. Demissie, L. Larsen and F. Yassin (2021). “Review: Sources of Hydrological Model Uncertainties and Advances in Their Analysis.” *Water* **13**(1): 28.
- Movik, S. and K. B. Stokke (2021). “Asserting authority through mapping: the politics of re-scaling coastal planning in western Norway.” *Landscape Research* **46**(2): 197–210.
- Naturvårdsverket (2022). “Systematiskt kvalitetsledningsarbete för samordnad miljöövervakning.” *NV-09591-20*.
- Nelson, E., G. Mendoza, J. Regetz, S. Polasky, H. Tallis, D. Cameron, K. M. Chan, G. C. Daily, J. Goldstein and P. M. Kareiva (2009). “Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales.” *Frontiers in Ecology and the Environment* **7**(1): 4–11.
- Nguyen, B. N., E. W. Shen, J. Seemann, A. Correa, J. L. O’Donnell, A. H. Altieri, N. Knowlton, K. A. Crandall, S. P. Egan and W. O. McMillan (2020). “Environmental DNA survey captures patterns of fish and invertebrate diversity across a tropical seascape.” *Scientific reports* **10**(1): 1–14.

- Nichols, C. R. and K. Raghukumar (2020). “Marine Environmental Characterization.” *Synthesis Lectures on Ocean Systems Engineering* **1**(1): 1–103.
- Nihoul, J. C. (2011). *Modelling of marine systems*, Elsevier.
- Reckhow, K. H. and S. C. Chapra (1983). “Confirmation of water quality models.” *Ecological Modelling* **20**(2–3): 113–133.
- Rourke, M. L., A. M. Fowler, J. M. Hughes, M. K. Broadhurst, J. D. DiBattista, S. Fielder, J. Wilkes Walburn and E. M. Furlan (2022). “Environmental DNA (eDNA) as a tool for assessing fish biomass: A review of approaches and future considerations for resource surveys.” *Environmental DNA* **4**(1): 9–33.
- SOU (2019). “Sveriges miljöövervakning – dess uppgift och organisation för en god miljöförvaltning Del 1 & 2.” *SOU 2019:22*.
- St-Pierre, A. P. and P. Gagnon (2020). “Kelp-bed dynamics across scales: Enhancing mapping capability with remote sensing and GIS.” *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **522**: 151246.
- Stamoulis, K. A. and J. M. Delevaux (2015). “Data requirements and tools to operationalize marine spatial planning in the United States.” *Ocean & Coastal Management* **116**: 214–223.
- Stock, C. A., M. A. Alexander, N. A. Bond, K. M. Brander, W. W. Cheung, E. N. Curchitser, T. L. Delworth, J. P. Dunne, S. M. Griffies and M. A. Haltuch (2011). “On the use of IPCC-class models to assess the impact of climate on living marine resources.” *Progress in Oceanography* **88**(1–4): 1–27.
- Suchanek, T. H. (1994). “Temperate coastal marine communities: biodiversity and threats.” *American Zoologist* **34**(1): 100–114.
- SWEMARC (2020). “Etablera och utveckla vattenbruk i sverige.” *Rapport Göteborgs universitet*
- Tanhua, T., S. Pouliquen, J. Hausman, K. O’Brien, P. Bricher, T. de Bruin, J. J. H. Buck, E. F. Burger, T. Carval, K. S. Casey, S. Diggs, A. Giorgetti, H. Glaves, V. Harscoat, D. Kinkade, J. H. Muelbert, A. Novellino, B. Pfeil, P. L. Pulsifer, A. Van de Putte, E. Robinson, D. Schaap, A. Smirnov, N. Smith, D. Snowden, T. Spears, S. Stall, M. Tacoma, P. Thijsse, S. Tronstad, T. Vandenberghe, M. Wengren, L. Wyborn and Z. Zhao (2019). “Ocean FAIR Data Services.” *Frontiers in Marine Science* **6**(440).
- Thomas, J., A. Jones, T. Saxby, T. Carruthers, E. Abal and W. Dennison (2006). *Communicating science effectively*, IWA Publishing.
- Thomsen, P. F., J. Kielgast, L. L. Iversen, P. R. Møller, M. Rasmussen and E. Willerslev (2012). “Detection of a diverse marine fish fauna using environmental DNA from seawater samples.”
- Townsend, M., K. Davies, N. Hanley, J. E. Hewitt, C. J. Lundquist and A. M. Lohrer (2018). “The challenge of implementing the marine ecosystem service concept.” *Frontiers in Marine Science* **5**: 359.
- Trouillet, B. (2020). “Reinventing marine spatial planning: a critical review of initiatives worldwide.” *Journal of Environmental Policy & Planning* **22**(4): 441–459.

Turicchia, E., C. Cerrano, M. Ghetta, M. Abbiati and M. Ponti (2021). “MedSens index: The bridge between marine citizen science and coastal management.” *Ecological Indicators* **122**: 107296.

Watne, Å. K., J. Linden, J. Wilhelmsson, H. Fridén, M. Gustafsson and N. Castell (2021). “Tackling Data Quality When Using Low-Cost Air Quality Sensors in Citizen Science Projects.” *Frontiers in Environmental Science*: 461.

Wilhelmsson, J., Å. Strand, A.-L. Wrangé, K. Hunter and T. Johansson (2020). “Klassificering av ostronyngel med hjälp av artificiell intelligens.” *IVL Report C 509*.

Wilkin, J., L. Rosenfeld, A. Allen, R. Baltes, A. Baptista, R. He, P. Hogan, A. Kurapov, A. Mehra and J. Quintrell (2017). “Advancing coastal ocean modelling, analysis, and prediction for the US Integrated Ocean Observing System.” *Journal of Operational Oceanography* **10**(2): 115–126.

Bilaga 1: Metod litteraturstudien

Tabell 1.1 visar sökord som användes i litteratursökningen. Sökningen begränsades till databasen SCOPUS. Tabell 1.1 visar antal studier publicerade mellan 2017 och 2021 för de olika sökorden. Sökstrategin säkerställde att aspekter som är relevanta för hållbar datadriven kostnadsplanering och förvaltning täcktes.

Tabell 1.1. Sökord och antalet artiklar per sökord.

Search term	# Results
Costal planning	259
Costal planning and data driven	2
Costal planning and modelling	40
Costal planning and citizen science	0
Costal zoning	13
Costal zoning and data driven	0
Costal zoning and citizen science	0
Costal zoning and modelling	0
Costal management and data driven	10
Costal management and modelling	289
Costal management and citizen science	16
Blue growth	367
Blue growth and data driven	0
Blue growth and modelling	22
Blue growth and citizen science	3

Många artiklar hittades i fler av de olika sökkombinationerna. Efter att duplikat tagits bort och publikationer publicerade mellan åran 2017 och 2022 valts ut fanns 834 artiklar kvar. Från titeln ansågs 83 artiklar vara relevanta att läsa abstraktet på. Artiklar där det framkom från titeln att studierna har utförts i andra regioner än Norden, Baltikum eller Storbritannien exkluderades samt artiklar där det tydligt framgick att det handlade om policy och inte fysisk planering. Efter att ha läst abstraktet var det 19 artiklar som bedömdes som relevanta för att läsa i sin helhet. Urvalet av dessa studier baserades huvudsakligen på detaljer om metoder som beskrevs i abstraktet. Av dessa artiklar var det inga svenska publikationer. Tabell 1.2 visar vilket år artiklarna som var relevanta att läsa abstraktet och hela artikeln blev publicerade.

Tabell 1.2. Antal publikationer per år för de artiklar som var relevanta att läsa abstract samt att läsa i sin helhet.

Publikationsår	#Abstract	# Läst i helhet
2022	0	0
2021	40	12
2020	16	3
2019	11	2
2018	9	2
2017	5	0

Tabell 1.3. Lista över rapporter som lästes i helhet

1.	V. Barale, "A supporting marine information system for maritime spatial planning: The European Atlas of the Seas," <i>Ocean and Coastal Management</i> , Article vol. 166, pp. 2–8, 2018, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2018.03.026.
2.	F. De Serio, E. Armenio, M. Mossa, and A. F. Petrillo, "How to define priorities in coastal vulnerability assessment," <i>Geosciences (Switzerland)</i> , Article vol. 8, no. 11, 2018, Art no. 415, doi: 10.3390/geosciences8110415.
3.	P. Farcy <i>et al.</i> , "Toward a European coastal observing network to provide better answers to science and to societal challenges; the JERICO research infrastructure," <i>Frontiers in Marine Science</i> , Review vol. 6, no. SEP, 2019, Art no. 529, doi: 10.3389/fmars.2019.00529.
4.	K. Vos, M. D. Harley, K. D. Splinter, J. A. Simmons, and I. L. Turner, "Sub-annual to multi-decadal shoreline variability from publicly available satellite imagery," <i>Coastal Engineering</i> , Article vol. 150, pp. 160–174, 2019, doi: 10.1016/j.coastaleng.2019.04.004.
5.	G. Coro, "Open science and artificial intelligence supporting blue growth," <i>Environmental Engineering and Management Journal</i> , Article vol. 19, no. 10, pp. 1719–1729, 2020. [Online]. Available: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099810343&partnerID=40&md5=840c867d4fbbbaa0e9b5e86b588f4db7 .
6.	S. Movik and K. B. Stokke, "Asserting authority through mapping: the politics of re-scaling coastal planning in western Norway," <i>Landscape Research</i> , Article pp. 1–14, 2020, doi: 10.1080/01426397.2020.1778659.
7.	A. G. Rumson, A. P. Garcia, and S. H. Hallett, "The role of data within coastal resilience assessments: an East Anglia, UK, case study," <i>Ocean and Coastal Management</i> , Article vol. 185, 2020, Art no. 105004, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.105004.
8.	S. Engen <i>et al.</i> , "Blue justice: A survey for eliciting perceptions of environmental justice among coastal planners' and small-scale fishers in Northern-Norway," <i>PLoS ONE</i> , Article vol. 16, no. 5 May, 2021, Art no. e0251467, doi: 10.1371/journal.pone.0251467.
9.	I. Galparsoro <i>et al.</i> , "Operationalisation of ecosystem services in support of ecosystem-based marine spatial planning: insights into needs and recommendations," <i>Marine Policy</i> , Article vol. 131, 2021, Art no. 104609, doi: 10.1016/j.marpol.2021.104609.
10.	R. Hietala <i>et al.</i> , "Data integration and participatory process in developing integrated coastal zone management (ICZM) in the northern Baltic Sea," <i>Journal of Coastal Conservation</i> , Article vol. 25, no. 5, 2021, Art no. 47, doi: 10.1007/s11852-021-00833-4.
11.	C. Kelly, B. McAteer, F. Fahy, L. Carr, and D. Norton, "Blue Growth: A Transitions Approach to Developing Sustainable Pathways," <i>Journal of Ocean and Coastal Economics</i> , Article vol. 8, no. 2, 2021, Art no. 8, doi: 10.15351/2373-8456.1143.
12.	J. Kyrönviita, D. Langlet, N. Soininen, A. Belinskij, S. Kymenvaara, and E. M. Basse, "Achieving blue growth post-weser: A study of aquaculture regulation in the nordic region," <i>Journal for European Environmental and Planning Law</i> , Review vol. 18, no. 3, pp. 256–274, 2021, doi: 10.1163/18760104-18030005.
13.	S. M. Petrea <i>et al.</i> , "A forecasting and prediction methodology for improving the blue economy resilience to climate change in the romanian lower danube euroregion," <i>Sustainability (Switzerland)</i> , Article vol. 13, no. 21, 2021, Art no. 11563, doi: 10.3390/su132111563.
14.	N. Plink, V. Semeoshenkova, T. Eremina, A. Ershova, and I. Mushket, "Improvement of maritime management as a key aspect of sustainable development and blue growth in the Russian Federation," <i>Journal of Marine Science and Engineering</i> , Article vol. 9, no. 11, 2021, Art no. 1212, doi: 10.3390/jmse9111212.
15.	A. M. Queirós <i>et al.</i> , "Bright spots as climate-smart marine spatial planning tools for conservation and blue growth," <i>Global Change Biology</i> , Article vol. 27, no. 21, pp. 5514–5531, 2021, doi: 10.1111/gcb.15827.
16.	T. Rubilar and D. Cardozo, "Blue growth: Sea urchin sustainable aquaculture, innovative approaches," <i>Revista de Biología Tropical</i> , Article vol. 69, pp. 474–486, 2021, doi: 10.15517/rbt.v69iSuppl.1.46388.
17.	R. E. Short, D. T. C. Cox, Y. Ling Tan, A. Bethel, J. F. Eales, and R. Garside, "Review of the evidence for oceans and human health relationships in Europe: A systematic map," <i>Environment International</i> , Review vol. 146, 2021, Art no. 106275, doi: 10.1016/j.envint.2020.106275.
18.	E. Turicchia, C. Cerrano, M. Ghetta, M. Abbiati, and M. Ponti, "MedSens index: The bridge between marine citizen science and coastal management," <i>Ecological Indicators</i> , Article vol. 122, 2021, Art no. 107296, doi: 10.1016/j.ecolind.2020.107296.
19.	C. Venier <i>et al.</i> , "Multi-objective zoning for aquaculture and biodiversity," <i>Science of the Total Environment</i> , Article vol. 785, 2021, Art no. 146997, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146997.

Bilaga 2: Exempel på olika kategorier av modeller som kan vara användbara för kustzonsplanering och förvaltning

Typ av modell	Namn	Förkortning	Beskrivning	Länk	
Hydro-geochemical models	Regional Ocean Modeling System	ROMS	ROMS är en hydrodynamisk modell med öppen källkod som används för att simulera strömmar och vattenegenskaper i havs, kust- och flodmynningsregioner.	https://www.myroms.org/	
	Nucleus for European Modelling of the Ocean	NEMO	NEMO är avsett att vara ett flexibelt verktyg för att studera havet och dess interaktioner med de andra komponenterna i jordens klimatsystem (atmosfär, havs, biogeochemiska processer mm) över ett brett spektrum av rumsliga- och tidsmässiga skalor.	https://www.nemo-ocean.eu/	
	HYbrid Coordinate Ocean Model	HYCOM	HYCOM är en del av U. S. Global Ocean Data Assimilation Experiment (GODAE). Målen med GODAE är att ge en tredimensionell avbildning av havstillståndet med fin upplösning i realtid, tillhandahålla randvillkor för kust- och regionala modeller och tillhandahålla oceaniska randvillkor för en global kopplad havs-atmosfärsprediktionsmodell	https://www.hycom.org/	
	3-Dimensional coupled Hydrodynamic-Aquatic Ecosystem Model,	AEM3D	HydroNumerics utvecklar, använder, säljer och stöder den 3-dimensionella kopplade hydrodynamiska-akvatiska ekosystemmodellen, AEM3D för simulering av alla vattenresurser, inklusive sjöar, reservoarer, flodmynningar och havs kusten.	https://www.hydronumerics.com.au/software/aquatic-ecosystem-model-3d	
	Sparse Hydrodynamic Ocean Code	SHOC	Det är en tredimensionell hydrodynamisk modell, baserad på de primitiva ekvationerna. Utdata från modellen inkluderar tredimensionella fördelningar av hastighet, temperatur, saltinnehåll, densitet, passiva spårämnen, blandningskoefficienter och havsnivå.	https://research.csiro.au/cem/software/ems/hydro/structured-shoc/	
			Delft3D	Deltares har utvecklat en unik, helt integrerad datorprogramvara för ett tvärvetenskapligt tillvägagångssätt och 3D-beräkningar för kust-, flod- och flodmynningsområden. Delft3D modellerna kan utföra simuleringar av flöden, sedimenttransporter, vågor, vattenkvalitet, morfologisk utveckling och ekologi. Den har utformats för både experter och icke-expert. Delft3D-sviten består av flera moduler; flöde, vågor, vattenkvalitet och partikelspårning.	https://oss.deltares.nl/web/delft3d https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf
		High Resolution Operational Model for the Baltic Sea	HIROMB BS01	HIROMB BS01 är en oceanografisk prognosmodell som beskriver havets tillstånd för ett antal fysiska parametrar. En 60-timmarsprognos körs var 6:e timme och bygger på dataassimilering av tidigare observationer.	https://www.smhi.se/en/services/open-data/model-data-hiromb-bs01-1.33361

Typ av modell	Namn	Förkortning	Beskrivning	Länk
Hydrologiska och akvatiska vattenkvalitet	Hydrological Predictions for the Environment	S-HYPE	Hype-modellen är en avrinningsmodell som simulerar vattenflöde och transport av ämnen från nederbörd till havet.	https://www.smhi.se/forskning/forskningsenheter/hydrologisk-forskning/s-hype-hype-modell-for-hela-sverige-1.560
	Water Quality Analysis Simulation Program	WASP	Denna modell hjälper användare att tolka och förutsäga hur vattenkvaliteten påverkas av naturfenomen och emissioner av föroreningar. WASP är ett dynamiskt fackmodelleringsprogram för vattensystem, inklusive både vattenpelaren och underliggande sediment.	https://www.epa.gov/ceam/water-quality-analysis-simulation-program-wasp
Hydrodynamiska och biologiska	Environmental Modelling Suite	EMS	Programvara som möjliggör undersökning av fysikaliska, sediment- och biogeokemiska processer i marina miljöer. Detta uppnås genom en "driver" hydrodynamisk kod i vilken är kopplade olika bibliotek för att utföra sedimenttransport och biogeokemi.	https://research.csiro.au/cem/software/ems/
	Corps of Engineers-Quality-Width Averaged 2D	CE-QUAL-W2	Är en tvådimensionell, longtudinell/vertikal, hydrodynamisk och vattenkvalitetsmodell.	https://reviewboard.ca/upload/project_document/EA1314-01_CE-QUAL-W2_2D_Laterally-Averaged_Hydrodynamic_and_WQ_Model_-_User_Manual.PDF
Biogeokemiska och ekosystemsmodeller	Kustzonsmodellen (Swedish Coastal zone Model)	SCM	Kustzonsmodellen är en del i SMHIs modellsystem för beräkning av vattenkvalitet inom svenska vattenförekoster.	https://www.smhi.se/forskning/kustzonsmodellen-1.19391
	Swedish Coastal and Ocean Biogeochemical model	SCOBI	SCOBI-modellen används för att studera hur klimatförändringar och mänskliga aktiviteter påverkar biologiska och kemiska processer och kretsloppet av näringsämnen i haven kring Sverige.	https://www.smhi.se/en/research/research-departments/oceanography/scobi-1.8680
	Carbon, Silicate, Nitrogen Ecosystem	CoSiNE	CoSiNE används för modellering av havets biogeokemiska processer i områden kring Stilla havet	http://ccrm.vims.edu/schismweb/CoSiNE_manual_ZG_v5.pdf
	NORwegian Ecological Model system	NORWECOM	NORWECOM, är ett kopplat 3-dimensionellt fysiskt, kemiskt, biologiskt modellsystem för studier av primärproduktion och spridning av partiklar (såsom fisklarver och föroreningar). Modellen utvecklades ursprungligen för simuleringar i Nordsjön och Skagerrak, men har även använts i Norska havet, Barents hav och Benguela.	http://www.iuib.no/~morten/norwecom.html
	European Regional Seas Ecosystem Model	ERSEM	ERSEM behandlar biogeokemiska och ekologiska system i många tillämpningar i regionala hav och på senare tid även i det globala havet, och deltar i en rad problemlösnings-, prediktiva och effektstudier.	https://pm.l.ac.uk/science/projects/ERSEM-(European-Regional-Seas-Ecosystem-Model)

Typ av modell	Namn	Förkortning	Beskrivning	Länk
Trajektorie modeller	Larval TRANSport Lagrangian model	LTRANS	LTRANS är en partikelspårningsmodell som drivs med 4D-hydrodynamik från en hydrodynamiskmodell, generellt Regional Ocean Modeling System (ROMS)	https://northweb.hpl.umces.edu/LTRANS.htm
	Connectivity Modeling System	CMS	CMS är ett modelleringsystem utvecklad för att studera komplexa larvmigrationer och ge sannolikhetsuppskattningar av marin populationskonnektivitet. Dessutom kan CMS också ge en Lagrangiansk beskrivning av oceaniska fenomen, såsom advektion, och spridning, och kan användas i ett brett spektrum av applikationer, från spridning och öde av föroreningar till marin rumslig bevarande.	https://physical-biological-interactions.earth.miami.edu/connectivity-modeling-system/index.html
	OpenDrift		OpenDrift är ett mjukvarupaket för modellering av trajektorier och öde för föremål eller ämnen som driver i havet, eller till och med i atmosfären.	https://opendrift.github.io/
Verktyg för ekosystem-trajster	MOSAIC		MOSAIC är ett verktyg utvecklad av Havs- och vattenmyndigheten för svenska förhållanden för att identifiera värdefulla marina områden med hög biologisk mångfald och ekosystemtjänster	https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledningar/ovriga-vagledningar/mosaic --- ett verktyg-till-stod-for-forvaltning-av-naturvar-den-i-marina-omraden.html
	Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs	InVest	InVest är en serie verktyg som används för att kartlägga och värdera ekosystemtjänster från naturen som upprätthåller och förbättrar människors livskvalitet. Det hjälper till att utforska hur förändringar i ekosystem kan leda till förändringar i ekosystemtjänster, samt avser underlätta beslut vid intressekonflikter.	https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest
Kumulativ konsekvensbedömning	Symphony		Det GIS-baserade datorprogrammet Symphony är ett integrerat planeringsstöd för statlig havsplanering utifrån en ekosystemansats, skapat av Havs- och vattenmyndigheten. Det bygger på kumulativ konsekvensbedömning.	https://www.havochvatten.se/en/eu-and-international/marine-spatial-planning/swedish-marine-spatial-planning/the-marine-spatial-planning-process/development-of-plan-proposals/symphony --- a tool-for-ecosystem-based-marine-spatial-planning.html
	Baltic Sea Impact Index tool	Helcom BSI	Baltic Sea Impact Index beräknar den rumsliga fördelningen av kumulativa effekter på Östersjön.	https://maps.helcom.fi/website/bsii/

Typ av modell	Namn	Förkortning	Beskrivning	Länk
Verktyg för rumslig planering	Marxan		Marxan är ett set av verktyg designade för att hjälpa beslutsfattare att hitta bra lösningar på miljöförhållningsproblemen. Marxan kan användas som ett led i att prioritera skydd av rätt områden genom att ställa bidrag till olika ekosystemtjänster mot kostnader och olika aktörers intressen.	https://marxansolutions.org/
	Zonation		Zonation producerar en hierarkisk prioritering av landskapet baserat på förekomstnivåer av biologisk mångfald i olika områden genom att iterativt ta bort den minst värdefulla kvarvarande områdena samtidigt som man tar hänsyn till konnektivitet mellan områden. Målet är att identifiera områden som är viktiga för att bibehålla livsmiljökvalitet och konnektivitet för många arter, med det indirekta syftet se till arters långvariga beståndighet	https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Nature/Specialist_work/Zonation_in_Finland/Zonation_software
	Miradi		Miradi använder flera analysverktyg, datavyer, rapporter för att hjälpa naturvårdsarbetet, för att se till att bra, evidensbaserad naturvård uppnås. Målet är att ge vägledning och verktyg för att implementera "Conservation Measures Partnership's Open Standards for the Practice of Conservation".	https://www.miradishare.org/ux/home
Emissionsmodell	Ship Traffic Emission Assessment Model	STEAM	STEAM kan tillhandahålla fullt dynamiska inventeringar av fartygsutsläpp som återspeglar förändringarna i ruten och driften av fartyg. STEAM modellen är baserad på Automatic Identification System (AIS) data.	https://en.ilmatieteenlaitos.fi/surveying-maritime-emissions

Bilaga 3: Lista över länkar till datakällor

Här är en lista över några internetlänkar som vi träffat på under arbetet med rapporten:

Artdatabanken – SLUs databas för arter och naturtyper, artdatabanken tillgängliggör data via API:er så att myndigheter, företag, föreningar och privatpersoner på ett enkelt sätt kan visa information om arter i sin egen applikation.

<https://www.artdatabanken.se/>

Blue-Cloud är ett EU HORIZON 2020-program med mål att samla in, lagra och tillhandahålla marina data.

<https://data.blue-cloud.org/>

Blå översiktsplan för norra Bohuslän.

<https://www.tillvaxtbohuslan.se/bla-op/dokument/>

Copernicus Marine Service tillhandahåller satellitdata och andra dataprodukter baserade på satellit- och mätdata från olika källor (mätstationer, flygburna- och havsbaserade mätsystem).

<https://resources.marine.copernicus.eu/products>

DIGG – Myndigheten för digital förvaltning leder arbetet med att etablera en förvaltningsgemensam digital infrastruktur för att information ska kunna utbytas på ett säkert och effektivt sätt. En hel del myndighetsdata nås via Sveriges dataportal

<https://www.dataportal.se/sv>

HaV – Fångstdata från yrkesfiskare kan snart rapporteras elektroniskt till HaV och ersätter då kustfiskejournal och förhandsanmälningstelefonamtal.

<https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/data-och-statistik.html>

ICES – International Council for the Exploration of the Sea – Ingång till databaserna DATRAS och “Acoustic travel surveys” som omfattar Nordsjön och Östersjön

<https://www.ices.dk/data/dataset-collections/Pages/Fish-trawl-survey.aspx>

Jordbruksverket – Ingång till Jordbruksverkets databaser

<https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/>

KUL – Databasen för provfiske vid kusten

<https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/databaser/kul/>

Länsstyrelserna – Geodatakatalogen är en applikation för att söka och hantera metadata om länsstyrelsernas geodata

<https://ext-geodatakatalog.lansstyrelsen.se/GeodataKatalogen/>

Naturvårdsverket. hemsida för verkets databaser

<https://opnadata.naturvardsverket.se/>

National Center for Biotechnology Information

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Naturhistoriska riksmuseet och svenska Universitet

<https://biodiversitydata.se/>.

ODF – Ocean Data Factory Sverige

<https://oceandatafactory.se/>

SCB – En bra sammanställning över myndighetsdata finns hos SCB

<https://www.scb.se/hitta-statistik/>

SGU – Ingång till öppna data om marinekologi och miljöövervakning

<https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/oppna-data>

SHARK – SMHIs databas för biologiska, fysikaliska och kemiska marina miljöövervakningsdata

<https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/>

SLU – Ingång till SLU:s cirka 30 databaser

<https://www.slu.se/miljoanalys/statistik-och-miljodata/sok-data/>

SLU – Ingång till SLUs datamodeller

<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/vattennav/modeller/>

SLU – Ingång till SLUs datavärdskap, t.ex FD2, Fiskdata2 – databasen för fiske i havet

<https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/databaser/>

SMHI – Ingång till cirka 140 databaser och datavärdskap

<https://www.smhi.se/data/>

SND – Svens Nationell Datatjänst, tillhandahåller en nationell forskningsdatakatalog dit alla universitet är anslutna

<https://snd.gu.se/sv/catalogue>

SWEMARC – Göteborgs Universitets nationella centrum för marin vattenbruksforskning

<https://www.gu.se/swemarc-marint-vattenbruk/forskning>

Vattenbruk check lista

<https://www.verksamt.se/>

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Hållbar datadriven kustzonsplanering och förvaltning

En syntes av dagens möjligheter och utmaningar

I syntesrapporten utvärderas hur data, modeller och planeringsverktyg för kustzonsplanering och förvaltning används idag och hur de skulle kunna användas i framtiden.

Resultaten visar att nuvarande inventering och kartering av arter och flora i kustzonen är otillräcklig som underlag för tillförlitlig planering.

I komplement till traditionell inventering föreslås att nya tekniker och metoder bör utforskas, exempelvis att kombinera miljö-DNA, maskininlärningstekniker, modellering och mätningar med nya lågkostnadssensorer för att samla in geografiskt fördelade data över arter och biotoper.

Resultaten visar även att det finns stora möjligheter att dela och återanvända data i kustzonsplanering och förvaltning, men att ett system för datahantering och delning behövs. Forskarna pekar på värdet av att arbeta med länkade data och beständiga identifierare, samt att det krävs en övergripande långsiktig satsning för att bevara kustnära ekosystem och naturvärden. Satsningen bör inkludera utveckling av nya metoder och arbetssätt samt en förvaltningsgemensam digitalisering.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag som finansierar forskning till stöd för Naturvårdsverkets och Havs- och vattenmyndighetens kunskapsbehov.