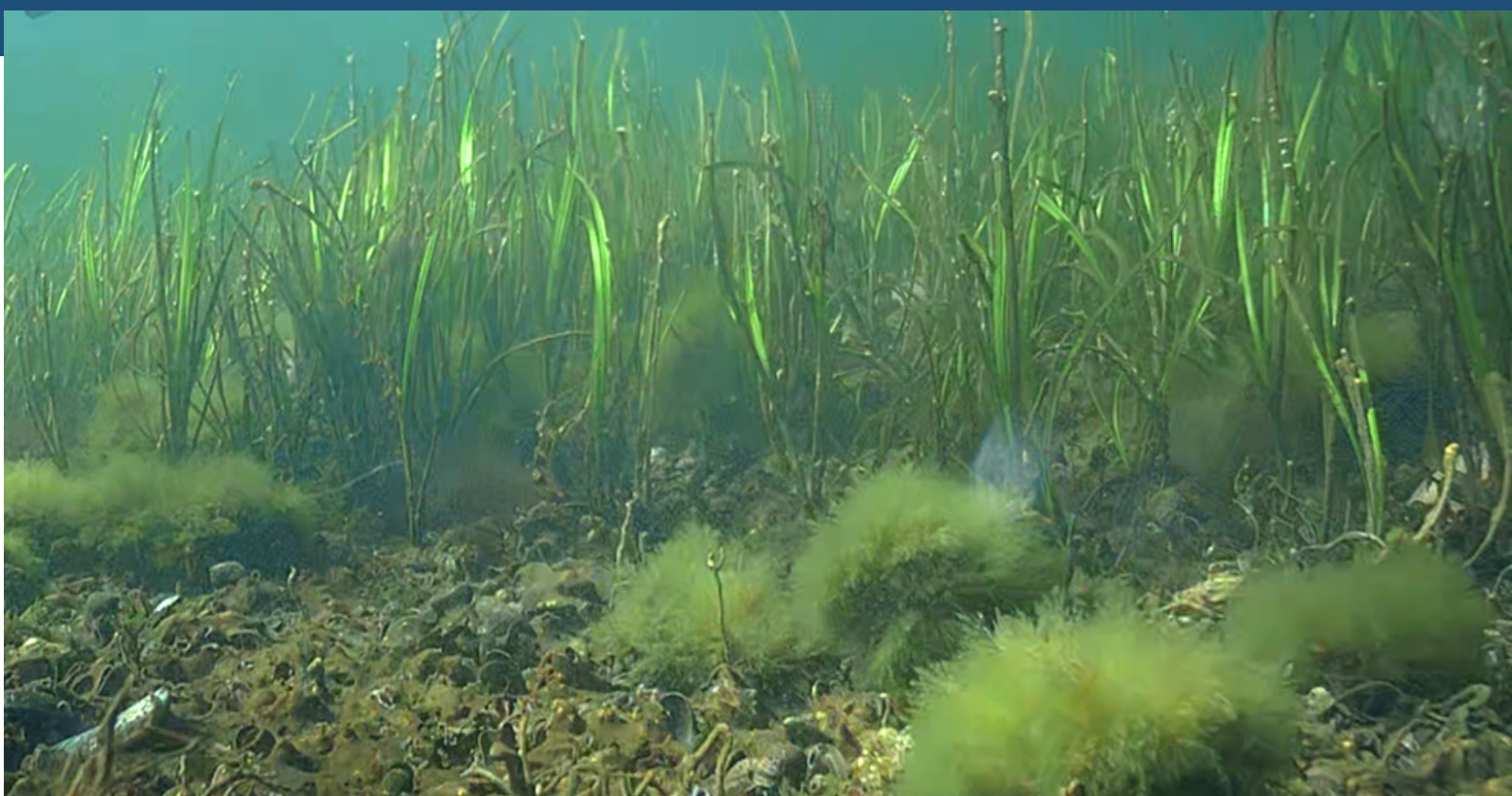


Begreber i relation til marin naturgenopretning



Center for Marin
Naturgenopretning

Begreber i relation til marin naturgenopretning

Videnskabelig rapport fra Nationalt Center for Marin Naturgenopretning – 2024

DTU Aqua, Sektion for Kystøkologi

Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, Sektion for marin biodiversitet og eksperimentel økologi

Biologisk Institut, Syddansk Universitet

Limfjordsrådet, Aalborg Kommune

Kolofon

Titel:	Begreber i relation til marin naturgenopretning (2. reviderede udgave)
Forfattere:	Jens Kjerulf Petersen, Louise Catharina Flensborg, Karsten Dahl, Peter Anton Udpadhyay Stæhr, Mogens Flindt, Torben Bramming Jørgensen
Udgivet:	April 2024
kvalitetskontrol:	Medarbejdere i Center for Marin Naturgenopretning
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen i en tidligere version
Finansieret af:	Miljøstyrelsen & Velux Fonden
ISBN:	
Forsidefoto:	DTU Aqua: Ålegræs og blåmuslinger i Lovns Bredning
Udgivet af:	 Center for Marin Naturgenopretning
Sammenfatning:	Rapporten beskriver centrale begreber og definitioner relateret til marine naturforbedrende aktiviteter. Centret vil med denne gennemgang sikre, at der er klarhed om begreberne på området og hvad disse indebærer, men vil ikke afgøre om de forskellige aktiviteter beskrevet nedenfor kan betragtes som hensigtsmæssige i et natur- eller miljøperspektiv lokalt eller generelt.

Indhold

Begreber i relation til marin naturgenopretning	5
Indledning	5
Begreber	7
Naturgenopretning/restaurering	7
Nature inclusive design	8
Nature based solutions	8
Ecosystem engineering	9
Biomaniipulation.....	10
Kunstige rev	10
Erstatningsnatur	11
Marine virkemidler	11
Habitater	13
Stenrev	14
Ålegræs	15
Biogene rev	16
Sandbanker	17
Blød mudderbund	17
Referencer	17

Begreber i relation til marin naturgenopretning

Indledning

På trods af årtiers indsats for at forbedre vandkvaliteten i vores havmiljø, er den økologiske tilstand i de danske kystvande generelt set utilfredsstillende, beskyttede naturtyper har en ugunstig bevaringsstatus og biodiversiteten er under pres. Danske marine økosystemer er således generelt ikke i en god tilstand, idet blot 5 af 109 vandområder opfylder eller forventes snarligt at opfylde EU's Vandrammedirektiv, og ligeledes er få Natura 2000-områder i gunstig bevaringsstatus (1).

Grundlæggende handler natur- og miljøbeskyttelse om at reducere de menneskeskabte presfaktorer enten ved at gribe ind overfor disse og/eller ved udpegninger af beskyttede områder med få eller helt uden presfaktorer. Fokus i dansk havmiljøpolitik har i mange år været på at reducere eller fjerne de menneskeskabte presfaktorer, mest tydeligt eksemplificeret i vandmiljøplaner med reduktion af tilførslen af næringsstoffer som hovedformål. Der er dog andre vigtige menneskeskabte presfaktorer, som påvirker det danske havmiljø, og også for disse er en væsentlig del af miljøindsatsen at inddæmme og reducere omfanget.

Fredninger og andre beskyttelser har også været brugt i dansk havmiljøpolitik som beskyttelse af både arter og habitater. Arealmæssigt er hovedparten af de marine beskyttede områder udpeget enten på baggrund af EF fuglebeskyttelsesdirektivet eller EU's Habitatdirektiv. De beskyttede områder, som er udpeget på baggrund af de to direktiver, omtales som Natura 2000-områder. I EU's biodiversitetsstrategi er der lagt op til, at 30% af arealet på land og til havs beskyttes og at 10% udpeges som strengt beskyttede områder. Der er ingen officiel dansk definition af "streng beskyttelse", men hvis man læner sig op ad IUCN's definitioner i kategori Ia og Ib (<https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about/protected-area-categories>) vil en sådan beskyttelse stoppe stort set al aktivitet i de udpegede områder og begrænse menneskelig adgang betydeligt, men dog forventeligt tillade naturgenopretningsaktiviteter. I en dansk sammenhæng må retningslinjerne for "fredning" eller "streng beskyttelse" være anderledes, da der stort set ikke findes uberørte marine habitater i danske farvande, og forudsætningerne for at beskytte en upåvirket natur jf. IUCN's definition er derfor næppe til stede. Der er heller ingen garanti for, at marine beskyttede eller strengt beskyttede områder på sigt opnår alle de ønskede målsætninger. Beskyttelse bringer f.eks. ikke opfiskede sten tilbage til det beskyttede område, og fredning af et kystområde bringer ikke nødvendigvis ålegræsbede tilbage og slet ikke på kort sigt. Dertil kommer, at fredning af marine områder ikke i sig selv beskytter mod alle typer presfaktorer, da nogle ikke kan holdes ude af de fredede områder. Det gælder ikke bare i forhold til næringsstoffer og miljøfremmede stoffer, men også f.eks. invasive arter.

Fremme af robuste og artsrige marine økosystemer behøver imidlertid ikke udelukkende at være baseret på restriktioner af menneskelig aktivitet. Aktiv naturgenopretning med henblik på at fremme permanente ændringer i miljø- og naturtilstanden af danske marine områder er et alternativ eller supplement til begrænsning af presfaktorer og fredninger.

Hvor marin naturbeskyttelse kan forbedre naturkvaliteten ved at reducere en række presfaktorer, så kan aktiv naturpleje være et nødvendigt supplement for at opnå målsætningerne om en forbedret miljø- og naturtilstand. Yderligere kan marin naturbeskyttelse være en forudsætning for succesfuld naturgenopretning af et habitat eller en nøgleart indenfor det beskyttede område. En forudsætning for genopretning af tabte eller ødelagte habitater vil dog som oftest være, at der også implementeres en reduktion i de presfaktorer, der har ødelagt habitaterne eller forhindrer dem i at udvikle sig. Det er derfor ofte hensigtsmæssigt at samtænke marin naturbeskyttelse og naturforbedrende tiltag.

Center for Marin Naturgenopretning har som hovedformål at fremme en vidensbaseret implementering af marin naturgenopretning i danske farvande med henblik på at styrke de marine økosystemers modstandsdygtighed, økologiske balance og de økosystemtjenester som sunde habitater og naturtyper leverer. Centralt i dette arbejde vil centret gennem dokumentation, erfaringer og indsamlede data udvikle værktøjer, som kan anvendes i udpegnen af de mest egnede områder til naturgenopretning, samt til at planlægge aktiviteterne og den tilhørende monitoring af områdernes miljø- og naturtilstand. Endvidere vil centret levere metoder til at dokumentere økosystemtjenester af forskellige typer af marine naturgenopretningsaktiviteter ved at sammenstille erfaringer fra sådanne aktiviteter.

Naturforbedrende tiltag omfatter en række forskellige menneskelige aktiviteter med det formål at forbedre natur- og miljøforholdene i havet. Men ikke alle kan karakteriseres som restaurering/naturgenopretning. Ved valg af tiltag er det vigtigt at have for øje, hvad det præcise formål med aktiviteten er. Aktiviteter til fremme af lokale bestande af fisk kan f.eks. omfatte kunstige rev, der dokumenteret lokalt øger forekomsten af nogle fiskearter. Men at udlægge rev, hvor de ikke tidligere har eksisteret eller at sænke udtjente færger eller lignende for at bruge dem som rev, er ikke genopretning af tabt natur. Ligeledes kan marine kvælstof/fosfor-virkemidler som muslinge- og tangopdræt have positive miljøeffekter på vandets klarhed og lokalt øge biodiversiteten, men opdrætsanlæggene er ikke naturlige habitater og aktiviteten kan derfor ikke betegnes som naturgenopretning. Så ikke alle aktiviteter med positive miljø- og/eller naturegenskaber vil i sig selv være marin naturgenopretning.

Dette dokument gennemgår centrale begreber og definitioner relateret til marine naturforbedrende aktiviteter. Centret vil med denne gennemgang sikre, at der er klarhed om begreberne på området og hvad disse indebærer, men vil ikke afgøre om de forskellige aktiviteter beskrevet nedenfor kan betragtes som hensigtsmæssige i et natur- eller miljøperspektiv lokalt eller generelt.

Begreber

Naturgenopretning/restaurering

Naturgenopretning/restaurering er genetablering af forsvundne habitater, hvor de havde kendt forekomst, eller af forsvundne arter i deres naturlige historiske udbredelsesområde og tætheder. Naturgenopretning anvendes her synonymt med naturrestaurering (på engelsk: nature restoration) og defineres som en handling, der genskaber/genopretter naturlige habitater, hydrologiske processer, biologiske mekanismer og/eller bæredygtige forekomster af arter. For habitaterne betyder det, at der helst skal være solide indikationer eller egentlige optegnelser som dokumentation for, at de historisk har været til stede på den pågældende lokalitet. Habitater er i denne sammenhæng f.eks. stenrev, ralbunde, sandbanker, ålegræsbede eller banker af muslingearter (blåmusling, flad østers, hestemusling). Ved genopretning af tabte stenrev er det endvidere relevant at vurdere, hvorvidt det er muligt at genoprette med søsten og at tilstræbe den korrekte konfiguration, f.eks. om stenene tidligere har dannet huledannende rev eller har haft en mere diffus udbredelse.

En række praktiske forhold kan gøre det vanskeligt at opfylde betingelserne for, at et projekt om etablering af habitater kan defineres som naturgenopretning. Det gælder især for kravet om præcis lokalisering af kendte tidligere forekomster, hvis der ikke er dokumentation for tidligere forekomster baseret på f.eks. historiske søkort. Selvom det kan sandsynliggøres, at der er forsvundet mere end 8,3 mio. m³ sten fra danske kystnære områder, og der er viden om, hvor stenfiskerbådene har hørt hjemme, er der meget få præcise optegnelser af, hvor stenene er fjernet eller om de lå som huledannende rev. Tilsvarende medfører en signifikant sammenhæng mellem vandets sigtddybde og udbredelse af ålegræs heller ikke, at hvis blot der bliver tilstrækkelig sigtddybde på en given vanddybde i et specifikt område, så har der været ålegræs i området historisk. Det er endnu vanskeligere for habitattyper som muslingebanker at finde præcis dokumentation for historisk tilstedeværelse. Den generelt manglende dokumentation for præcis lokalisering af tabte vigtige habitater kan gøre det hensigtsmæssigt også at inkludere en sandsynlig tidligere tilstedeværelse af et givent habitat i et specifikt område som værende tilstrækkelig betingelse for naturgenopretning. Alternativt kan etablering af et habitat uden forudgående dokumentation for historisk forekomst falde under kategorien naturvirkemidler (se nedenfor). Specielt for stenrev kan materialevalget endvidere gøre det vanskeligt at opfylde betingelserne for kriterierne for restaurering. Medmindre man genudlægger tidligere indsamlede søsten, der f.eks. anvendes til moler, vil reetablering af stenrev involvere brug af andet materiale end det tabte. Det er i dag alment accepteret at bruge sprængsten til naturgenopretning. Derimod er kunstige hårde materialer som beton mm. ikke accepteret som naturgenopretning/restaurering. For biogene rev kan der opstå en tilsvarende begrænsning i relation til den genetablerede arts genetiske oprindelse. For nogle arter – som f.eks. flad europæisk østers – kan det ikke garanteres, at der findes tilbageværende individer af den oprindelige stamme. Her kan det være nødvendigt at anvende individer fra så geografisk nærtliggende intakte bestande som muligt.

En særlig del af den marine naturgenopretning knytter sig til genopretning af den naturlige hydrologi f.eks. gennem fjernelse af dæmninger, sluser og fysisk kystbeskyttelse hvor en mere oprindelig balance mellem kyst og hav genskabes. Denne type naturgenopretning er udfordret af stigende vandstande som følge af klimaforandringerne, der gradvist ændrer

den naturlige hydrologi og dermed gør det svært at vende tilbage til de forhold som var før de fysiske ændringer blev implementeret. Dette gælder særligt den terrestriske del af det naturgenoprettede område.

Til naturgenopretning hører også forsøg på at genetablere bestande af arter i deres tidligere tætheder. Mange arter er afhængige af egnet habitat som levested, til fødesøgning eller forplantning, og vil gen-indvandre "automatisk", når der genetableres habitater. For andre arter vil der være brug for aktive udsætningsprogrammer. For begge kategorier kan det være svært at skaffe præcise oplysninger om historiske, men nu forsvundne eller reducerede forekomster. Generelt gælder, at jo mere mobil arten er i et eller flere livsstadier, jo mindre vil dokumentationskravet for præcis lokalisering være. For især fuglearter er der endvidere ofte historiske data for udbredelse.

Nature inclusive design

Nature inclusive design (NID, på dansk natur-inkluderende design) er et koncept, der sigter mod at integrere naturen i designet af menneskeskabte strukturer og miljøer. Dette kan understøtte det naturlige miljø og sikre en bæredygtig og gavnlig udvikling for både mennesker og natur (2, 3). NID kan integreres i eller tilføjes til designet af strukturer og miljøer med det formål at fremme rehabilitering af et degraderet habitat, forbedre den økologiske funktion og øge biologisk produktion og mangfoldighed i et område. For eksempel kan NID i offshore vindmølleparker bruges til at minimere påvirkningen af vindmøllerne på marine økosystemer ved at designe vindmølleparker på en måde, der minimerer påvirkningen på marine liv og fremmer sameksistens mellem vindmølleparker og marine økosystemer. NID er en ny form for miljøtiltag og bruges ofte sammen med naturbaserede løsninger (se nedenfor).

Det er vigtigt at bemærke, at de to begreber har forskellige betydning. NID er en måde at designe rum, der integrerer naturen, mens naturbaserede løsninger er handlinger, der bruger naturen til at tackle samfundsmæssige udfordringer.

I forhold til vurderingen af projekters samlede miljøkonsekvenser, er det væsentligt at være opmærksom på, at omfanget af potentielt positive effekter af NID på enkelte habitat-typer, arters overlevelse, presfaktorer eller lignende ikke nødvendigvis er i stand til at stå mål med et projekts overordnede negative konsekvenser på havmiljøet.

Nature-based solutions

Naturbaserede løsninger udspringer af en grundlæggende ide om, at en række nuværende samfundsudfordringer relateret til f.eks. fødevareproduktion og sikkerhed, klimatilpasning, social udvikling mm. mange steder ville kunne helt eller delvist adresseres ved hjælp af løsninger, der imiterer naturlige processer og økosystemer på en sådan måde, at også lokale, regionale eller globale naturværdier kan bevares eller genoprettes samtidig.

Globalt set blev naturbaserede løsninger defineret af FN's Miljøforsamling i maj 2022 som "*handling der beskytter, bevarer, genopretter, bæredygtig anvender og forvalter naturlige*

og modificerede terrestriske, ferske og marine økosystemer som adresserer sociale, økonomiske og miljømæssige udfordringer effektivt og adaptivt, samtidig med at levere velfærd for mennesker, økosystemtjenester, modstandsdygtighed og fordele for biodiversitet". Definitionen udgør den første globalt politisk konsoliderede definition. Behovet for en fælles global definition udsprang af en stigende bekymring for at det stigende niveau af investeringer i såkaldt natur-baserede løsninger kunne ende i enten bevidst eller ubevidst green-washing. Operationaliseringen af denne definition på projektniveau, indeholder dog stadig i en marin og kystnær sammenhæng en række uafklarede spørgsmål vedrørende bl.a. hvordan man bør prioritere mellem forskellige potentielt modsatrettede sociale, økonomiske og miljømæssige mål, relevant effektskala, behov for livscyklusvurderinger, interressentinddragelse mm. Afgrænsningen af hvornår projekter bør karakteriseres som natur-baserede løsninger, forventes derfor at udvikle sig hastigt de kommende år i takt med at bl.a. pågående EU-projekter får udviklet bl.a. minimumskriterier for implementeringsprocesser. Fortolkningsmæssigt pointeres, at "naturinkluderende design" generelt opfattes som et virkemiddel til at rykke infrastrukturprojekter som kystsikring, vindmøllefundamenter mm. tættere på den kategori af projekter, som potentielt ville kunne opfattes som naturbaserede løsninger. Ligeledes skal det noteres at naturgenopretning på den anden side godt i sig selv kan forstås som en naturbaseret løsning, om end der oftest vil være en tydelig forventning om, at løsningen implementeres på en måde, så den også bidrager til løsning af andre samfundsudfordringer. Der findes en del litteratur om NbS (se f.eks. 3, 5 og 6).

Ecosystem engineering

Ecosystem engineering eller ecological engineering er en teknik, der kombinerer økologiske processer og organismer med teknologiske løsninger til at forudsige, designe, konstruere eller genoprette og forvalte økosystemer, med henblik på at integrere det menneskelige samfund med dets naturlige miljø til gavn for begge (7). Begrebet må ikke forveksles med ecosystem engineers, der er organismer, der påvirker deres omgivende miljø ved at skabe strukturer eller habitater som f.eks. ålegræs, store brunalger eller blåmuslinger. Ecosystem engineering dækker over en række forskelligartede indsatser (7) som: i) Brug af økosystemer til at mindske et forureningsproblem, f.eks. anlæg af vådområder til optag af næringsstoffer; ii) Restaurering eller genetablering af tabte økosystemfunktioner i relation til ressourceudnyttelse eller forurening, f.eks. skovrejsning eller sø-restaurering; iii) Modificering af økosystemer på en økologisk ansvarlig måde, f.eks. selektiv skovning, biomanipulation og introduktion af rovfisk for at reducere planktonædende fisk eller introduktion af planktonædende organismer; iv) Såkaldt bæredygtig udnyttelse af økosystemer brugt til gavn uden at ødelægge balancen, f.eks. IMTA (Integrated Multi Trophic Aquaculture). Begrebet dækker således over en lang række aktiviteter inkluderende elementer af naturgenopretning med variabel grad af dokumentation og er i et vist omfang blevet erstattet af NbS eller "marine virkemidler" afhængigt af aktiviteten.

Bio-manipulation

Bio-manipulation i form af regulering af arter er kendt fra terrestrisk naturpleje og ferskvandssystemer, men er ikke i samme omfang taget i anvendelse i marine områder. Overordnet kan bio-manipulationer eller artspleje opdeles i 2 grupper: i) Øgning af ønskede arter gennem udsætningsprogrammer. Øgning af ønskede arter kan også opnås ved at tilvejebringe flere nøglehabitater, og er dermed dækket af de habitatdannende natur-virkemidler; ii) Reduktion af tætheden af "skadevoldere" med henblik på at mindske uønskede effekter på økosystemer, habitater eller nøglearter.

Fra marine områder kendes udsætning af arter primært fra den marine fiskepleje, som har som primært formål at øge udbyttet af fangede fisk i det rekreative fiskeri. Der er udsætningsprogrammer for marine arter som ørreder, ål, skrubbe og pighvar. Der er meget lidt dokumentation af udsætningsprogrammernes effektivitet som redskab til at øge fangster og endnu mindre i forhold til lokale bestande af de udsatte fisk (8). Alligevel bruges der hvert år midler på at udsætte forskellige arter i udvalgte områder.

Begrænsning af arter med en mere eller mindre erkendt påvirkning af nøglehabitater eller nøglearter kan f.eks. omfatte bekæmpelse af strandkrabber i relation til udplantning af ålegræs, søstjerner i relation til blåmuslingebanker, søpindsvin på hårbundsområder eller skarv og sæl i relation til fiskebestande. Der er også eksempler på bekæmpelse af stillehavsøsters og Sargassotang som en del af begrænsningen af effekter af invasive arter. Begrænsning af arter vil normalt forde en dokumentation af deres skadevirkning og at de regulerede bestande for hjemmehørende arters vedkommende kan tåle en reduktion i tæthed eller størrelse. Alternativt kan indsatserne begrænses til udvalgte områder som f.eks. nyanlagte habitater. Der er få erfaringer med begrænsning af marine arter. Forsøgene med at begrænse bestande af skarv er bedst kendt og har været medvirkende til at stoppe stigningen i bestanden på nationalt plan. I muslingeerhvervet er der også erfaringer med at fiske søstjerner på kulturbanker, men erfaringerne er ikke fuldt dokumenterede eller entydige og sandsynligvis ikke direkte anvendelige i relation til natur-virkemidler.

Kunstige rev

Kunstige rev har gennem mange år (se f.eks. 9) været et kendt virkemiddel i relation til at øge lokale bestande af fisk og krebsdyr og vil også kunne øge den lokale biodiversitet af epibentiske organismer og associeret mobil epibentisk fauna. Ved at placere ofte store og rumligt komplekse faste struktur på bløde bundtyper vil der skabes nye levesteder, der fungerer både som levested og strømlæ. I de senere år er der især i forbindelse med vindmøllefundamenter lavet en del undersøgelser, der dokumenterer sådanne effekter. Der er for fiskebestande en løbende diskussion om de kunstige rev fungerer gennem tiltrækning eller om de også fører til øget produktion og dermed på regional skala øger fiskebestandene. Øget tiltrækning af fisk, som ikke er udtryk for øget produktion, kan potentielt gøre de pågældende bestande mere sårbare f.eks. i relation til fiskeritryk. Gruppen af kunstige rev omfatter: i) Vindmølleplatforme, bropyloner og lignende konstruktioner som ofte er af beton eller lignende materialer. For mange af disse strukturer er der desuden tilknyttet erosionsbeskyttelse på havbunden, som kan være lavet af sten, og hvor optimeret design kan

øge den lokale biodiversitet gennem øget rumlig heterogenitet af strukturerne; ii) Dekommissioneret materiale som f.eks. udtjente olieplatforme, færger og tanks; iii) Kunstige rev designet til specifikke formål, som er kendt fra udlandet fra både aktiv fiskeriforvaltning af kommercielle arter og i relation til private foreningers aktiviteter for at fremme lokale fiskepladser for lystfiskere (9).

Kunstige rev kan potentielt medføre en række uønskede sideeffekter knyttet til valg af materiale, placering af revene og hvad revene bruges til. Etablering af nye spredningsveje (trædesten) for ikke hjemmehørende arter er en af dem. For kunstige rev af dekommissioneret materiale er der især fokus på problemer med udsivning af miljøfremmede stoffer og manglende genanvendelse. Etablering af kunstige rev kan endvidere ske på bekostning af den eksisterende oprindelige natur i områder, der ikke naturligt har haft hårde substrater. Om dette vil have en signifikant effekt, afhænger af lokale forhold.

Erstatningsnatur

Erstatningsnatur (biodiversity offsetting) er et begreb, der anvendes om aktiviteter, hvor naturområder og levesteder for arter tabes typisk som følge af anlægsarbejder, så som motorveje og anden infrastruktur, og hvor den tabte natur forsøges kompenseres ved at anlægge erstatningsnatur i form af at etablere nye naturområder eller levesteder for arter (10). Erstatningsnatur er primært kendt fra land og ferskvandsområder (11), men vinder også indpas ved større anlægsarbejder kystnært. Erstatningsnatur er den "sidste udvej", og har til hensigt at kompensere for miljøtab for at sikre, at der oprettes nye naturområder, når menneskelig aktivitet skader naturen. Erstatningsnatur bør jf. "afværgelseshierakiet" kun implementeres, når alle foranstaltninger er truffet for at undgå og minimere påvirkninger og for at genoprette biodiversitet på stedet. Det er vigtigt at sikre sig, at erstatningsnaturen på sigt kan udvikle en kvalitet, der som minimum svarer til den nedlagte natur inden for en rimelig årrække og at der anvendes metoder, som ikke er destruktive for etableret natur i relation til f.eks. ålegræs transplantationer (se retningslinjer herfor på centrets hjemmeside). Det er nødvendigt med et solidt empirisk grundlag for en sådan udviklingsindikator, da den både skal forholde sig til habitatkvalitet, habitatets sjældenhed, sandsynligheden for, at et erstatningsnaturareal udvikler sig til den planlagte naturtype, udviklingens hastighed samt områdets beskyttelsesgrad. Ikke alt natur kan erstattes. En række naturtyper er så unikke, at de i princippet er uerstattelige.

Marine virkemidler

Marine virkemidler dækker over en lang række forskellige aktiviteter med specifikke formål i relation til specifikke natur- eller miljømål. Som koncept er marine virkemidler i Danmark i høj grad udviklet i relation til at opnå målene i vandområdeplanerne, men marine virkemidler kan forstås i en bredere sammenhæng. Marine virkemidler er således ikke udelukkende defineret i relation til reduktion/binding af næringsstoffer, men kan også anvendes til f.eks. habitatforbedring.

Kvælstof/fosfor-virkemidler

Kvælstof/fosfor-virkemidler tager primært sigte på at reducere effekterne af eutrofiering gennem immobilisering og efterfølgende fjernelse eller lagring af næringsstoffer i havbunden. De enkelte virkemidler kan have andre økosystemtjenester relateret til miljøindikatorerne i vandrammedirektivet, men er i høj grad blevet vurderet på deres effektivitet til immobilisering/fjernelse af næringsstoffer. I det seneste katalog over marine virkemidler (12) omfatter disse i) ekstraktionskulturer som dyrkning af tang og muslinger, og ii) tiltag der binder næringsstoffer i havbunden og i stående biomasse eller fremmer afgang af kvælstof som etablering af ålegræsbede.



Figur 1. Muslingeopdræt med langliner. Fotograf: Daniel Taylor

Ekstraktionskulturer

Ekstraktionskulturer baserer sig på, at der i specialindrettede strukturer dyrkes enten muslinger (blåmuslinger) eller tang (sukkertang). De dyrkede arter binder næringsstoffer, som når de høstes - bringer næringsstofferne tilbage på land og dermed fjerner dem fra det lokale havområde. Fordi der er tale om ny produktion og uden tilsætning af gødning/hjælpestoffer vil høsten medføre en netto fjernelse af næringsstoffer fra systemet. Ekstraktionskulturer bibringer en række andre økosystemtjenester, men har hver især også en række afledte effekter, som ikke er naturlige i den forstand, at ekstraktionskulturerne koncentrerer organismer i store tætheder på mindre arealer. Man kan læse mere om ekstraktionskulturer i (12).

Immobilisering af næringsstoffer kan også ske ved at etablere forhold, der binder næringsstofferne i havbunden eller øger afgang af kvælstof (denitrifikation) i sedimentet. Udplantning af ålegræs vil således binde næringsstoffer i rodstænglerne og medføre en gradvis opbygning og delvis begravelse af næringsstoffer i sedimentet indtil steady-state opnås. Etablering af ålegræsbede (og herunder sandcapping) og stenrev vil have en række afledte naturmæssige effekter (se nedenfor). For effektivitet af immobilisering af næringsstoffer af disse virkemidler se (12).

Høst af vilde bestande af arter, der optræder i tætte forekomster ofte helt eller delvist betinget af antropogene presfaktorer, som f.eks. søsalat, søstjerner eller strandkrabber medfører også en fjernelse af næringsstoffer fra havet, men høst/fiskeri af sådanne arter kan ikke udgøre et marint virkemiddel i relation til næringsstoffer, fordi der ikke er tale om ny produktion. Regulering af bestande i ubalance kan medføre en øget miljøbelastning, men kan dog også have miljøforbedrende effekter, og skal i sidste tilfælde primært betragtes som naturvirkemiddel. For yderligere information om effekter af høst af søsalat se (13).

Natur-virkemidler

Natur-virkemidler virker primært ved at etablere natur gennem f.eks. at skabe nye habitater eller ved at regulere i eksisterende naturlige sammenhænge f.eks. ved at udsætte fisk eller skaldyr eller regulere top prædatorer. Natur-virkemidler vil have afledte effekter udover at skabe nye habitater eller øge/mindske tætheder af specifikke arter. Etablering af ålegræsbede, stenrev og banker af muslingearter er de mest foretrukne habitatskabende marine natur-virkemidler i Danmark. Naturgenopretning kan betragtes som et delelement af naturvirkemidler, men naturvirkemidler kan også implementeres, hvor habitatet ikke naturligt har forekommet, alene ud fra et ønske om mere af den pågældende natur i f.eks. habitat-forarmede områder.

Habitatdannende natur-virkemidler har ændret biodiversitet som en vigtig økosystemtjeneste. Herudover kommer tjenesteydelser som sedimentstabilisering, forebyggelse af kysterosion og immobilisering af næringsstoffer samt generel fremme af modstandsdygtige (resiliente) økosystemer. En række af de projekter, der er gennemført i Danmark, falder under kategorien "habitatdannende natur-virkemidler" uden at være restaureringsprojekter.

Der kan være en række udfordringer ved anvendelse af habitatdannende natur-virkemidler og deres placering. Hvis der f.eks. etableres stenrev på en sandbund, vil der ganske vist ske en forøgelse af den lokale biodiversitet, men det vil blive på bekostning af den artsammensætning, der er karakteristisk for sandbunde og dermed vil nogle specifikke habitater og økosystemfunktioner gå tabt. Denne problemstilling vil afhænge af omfanget af de etablerede stenrev og det habitat, de placeres i. Ved etableringen kan man også risikere at introducere spredningsveje for ikke hjemmehørende arter (trædesten), og der er også en etisk problemstilling knyttet til, i hvilket omfang vi vil ommøblere vores marine landskab. Etablering af biogene rev kan lokalt medføre en organisk berigelse af sedimentet i form af biodeposition, som ellers ikke ville være forekommet med de deraf følgende ændringer i forholdene for bunddyrene i sedimentet.

Habitater

Uanset hvilken af ovennævnte aktiviteter, der tages i brug, er det vigtigt at forstå, hvordan de vil vekselvirke med eksisterende naturlige habitater. Nogle habitater er defineret i henhold til Habitatdirektivet, mens andre er udpeget som nøglehabitater i danske farvande. Nedenfor er gennemgået karakteristika for nogle i genopretningsmæssig sammenhæng relevante habitater, med *udgangspunkt* i definitionerne i Habitatdirektivet. Med implementering af EU's Forordning om Naturgenopretning vil naturtyperne beskrevet i Habitatdirekti-

vet blive udvidet med en mere detaljeret beskrivelse i henhold til EUNIS (<https://eunis.eea.europa.eu/about>) og bilagslisten jf. Naturgenopretningsforordningen (14). Det kan for nogen af de nedenstående naturtyper medføre yderligere overvejelser omkring vekselvirkningen mellem naturligt forekommende habitater og habitater, der ønskes etableret.

Stenrev

Stenrev er biologisk set et område, som hæver sig fra den omkringliggende havbund og består af et hårdt substrat som sten eller klippe, der skal dække mindst 5% af havbundens overflade, og arealet skal have en størrelse på mindst 10 m².



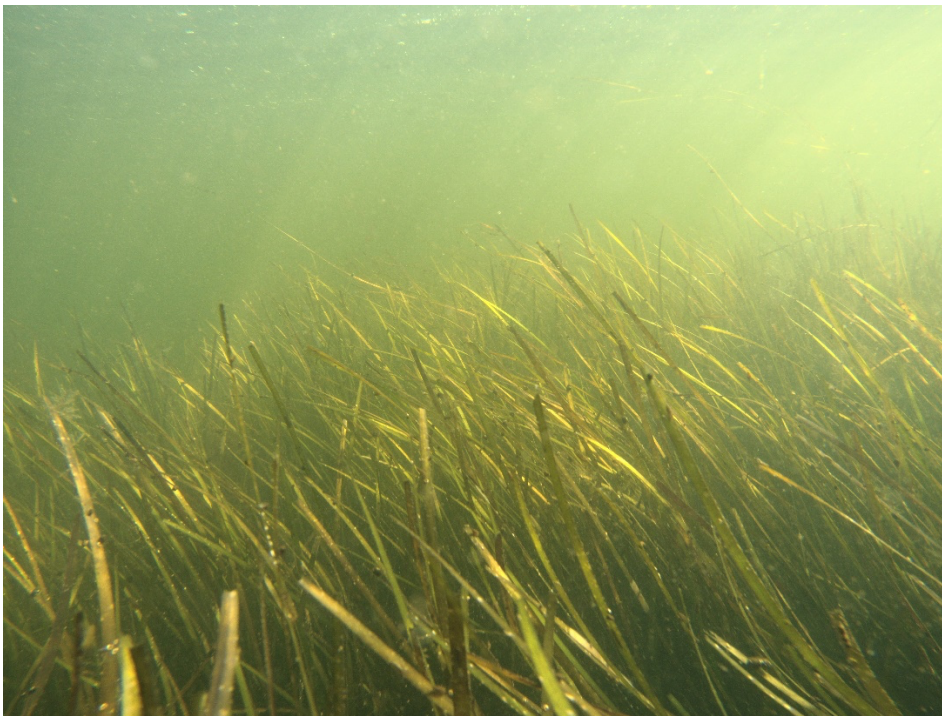
Figur 2. Skitse af et stenrev med tilknyttet vegetation og dyreliv. Tegnet af Tinna Christensen

Er der tale om et rev med bankestruktur, dvs. rev opdelt i mindre samlinger af sten, afgrænses revet af en linje rundt om alle banker, som hver især lever op til kravene om størrelse og dækning (15). I relation til habitatdirektivets naturtype stenrev defineres rev ifølge Miljøministeriet som en bund, hvor stendækket er mindst 25% og hvis et sådant kerneområde findes med en grænse til bundtyper som f.eks. sand og grus ned til 10-25% sten. Ifølge Habitatdirektivet (16) er stenrev defineret som områder i havet med hårde kompakte substrater på fast eller blød bund, som rager op fra havbunden på dybt eller lavt vand således, at revet er topografisk distinkt ved at adskille sig og rager op fra den omgivende havbund. Geogene rev (stenrev) kan være i form af hydrotermiske habitater, lodrette klippewægge, stendynger, vandrette klippehylder, overhængende sten, søjler, rygge, toppe, skrånende eller flad klippe, kampestens- og stenrev. Revet kan eventuelt være blottet ved ebbe. Afgrænsning af et rev mod omgivende havbund går der, hvor det ikke længere kan erkendes, at der er tale om en opragende del af havbunden, eller hvor der ikke længere er præg af hårdt bundsubstrat. Hvor der i udpegningsgrundlaget for Habitatdirektivet udelukkende er beskrevet stenrev som substrat for makroalger, optræder der i bilaget til EU's forordning om Naturgenopretning (14) over "Makroalgeskove" 8 forskellige overordnede makroalgevegetationstyper for det Atlantiske område og 5 for Østersøområdet. Nogle af disse

er mest relevante for ral-bunden og ikke for egentlige stenrev. I bilagslisten for makroalgeskove henvises der til en række EUNIS-numre for forskellige naturtyper, herunder en række undernumre med specifikke arter og substrattyper.

Ålegræs

Et ålegræsbed er domineret af arten ålegræs (*Zostera marina*) og kan være suppleret med dværgålegræs (*Zostera noltii*) og andre rodfæstede makrofyter som f.eks. havgræsser (*Ruppia*), vandaks (*Potamogeton*) eller vandkrans (*Zannichellia*). Ålegræsbede findes på den sandede bund i lavvandede kystnære områder og saltvandspåvirkede flodmundinger i tempererede områder. Danmark er et hotspot for ålegræsudbredelse i den nordiske region og Østersøregionen (17, 18). Planten forekommer typisk på lavt vand (<4-6 m) langs de fleste danske strande hvor skuddene kan blive 30-140 cm høje og danner tætte bestande med stor biomasse (18). Tætte udstrakte ålegræsbede betegnes ålegræsenge.



Figur 3. Ålegræsbed i Roskilde Fjord. Fotograf: Peter A.U. Stæhr

I Miljøstyrelsens overvågning af ålegræs kategoriseres dækningsgrader af ålegræs på <10% ikke længere som ålegræsbede. Ålegræs dominerede i begyndelsen af 1900-tallet havbunden langs sandede kystområder og de fleste danske fjorde og voksede betydeligt dybere end i dag. Ålegræsset sammen med 50 års menneskets påvirkning af havet har imidlertid presset bestandene ind på lavt vand, hvor ålegræsset har svært ved naturligt at reetablere sig. Der er ikke et ålegræshabitat i udpegningsgrundlaget for Habitatt direktivet, men der optræder 3 forskellige overordnede havgræstyper for det Atlantiske område og 8 for Østersøområdet i bilaget til EU's forordning om Naturgenopretning (14) over "Havgræsenge". De refererede havgræstyper henviser til EUNIS naturtyper herunder en række undernumre med specifikke arter og havbundsforhold.

Biogene rev

Biogene rev er biogene konkretioner i form af hårde kompakte substrater på fast og blød bund, som rager op fra havbunden i den sublitorale og littorale zone. Biogene konkretioner defineres som: konkretioner, skorper, korallogene konkretioner og toskallede muslingebanker, der stammer fra døde eller levende dyr, dvs. biogen hård bund, der er levested for arter, der lever på overflader. Ifølge Habitatdirektivet (16) er biogene rev en underafdeling af habitattypen rev og adskiller sig udelukkende ved karakteren af det hårde materiale. For biogene rev, f.eks. muslingebanker, hæver strukturen sig ofte gradvis og måske kun 20-30 cm fra havbunden således at kriteriet om, at bunden rager op, ikke er så relevant som for stenrev. Biogene rev er i Danmark kun defineret for arterne blåmusling (*Mytilus edulis*) og hestemusling (*Modiolus modiolus*), mens der i andre lande er definitioner for ledorme (sabelsider), koldtvandskoraller og koralskorpealger. For blåmuslinger er den danske definition (19): Sammenhængende arealer på minimum 2500 m² med en gennemsnitlig dækningsgrad af blåmuslinger på minimum 30% og tilstedeværelse af mindst 3 kohorter af blåmuslinger. En muslingebanke defineres som hestemuslingerev, når banken er minimum 100 m² og hvor der er en central dækningsgrad på 20% hestemuslinger og skaller, hvoraf 10% er levende hestemuslinger og hovedsageligt består af hestemuslinger, som er over 4 cm lange (19). Typisk vil hestemuslinger findes på en havbund, hvor der også findes sten. Der er ligeledes givet en definition for kombinerede sten og biogene rev i (19). I bilaget til EU's forordning om Naturgenopretning (14) over "Skaldyrsbanker" optræder der 5 forskellige overordnede typer for det Atlantiske område og 7 for Østersøområdet, hvoraf ikke alle er relevante i en dansk naturgenopretningskontekst. I de relevante typer skaldyrsbanker henvises til EUNIS naturtyper herunder en række undernumre med specifikke arter og havbundsforhold.

Kystlaguner

Kystlaguner er en prioriteret naturtype, hvilket jf. Habitatdirektivet betyder, at medlemsstaterne er forpligtede til at iværksætte de foranstaltninger, der er nødvendige for at opretholde eller genoprette naturtyper og bestande af vilde dyr og planter i en gunstig tilstand. Kystlaguner er ifølge Habitatdirektivet (16) vandarealer ved kysten med mere eller mindre lavt vand af varierende saltholdighed, som er helt eller næsten helt adskilt fra havet af strandvoldsdannelser, strandeng, klitter, eller i sjældne tilfælde af klipper således, at der fortsat er en vis vandudveksling med havet - evt. blot i form af tidvise oversvømmelser eller ved sivning gennem jordlag. Saltholdigheden varierer typisk temmelig meget afhængig af balancen mellem nedbør, fordampning og tilførsel af havvand under storme, tilfældige vinteroversvømmelser eller tidevandsskift. Vandet kan derfor variere fra stort set ferskt til meget saltholdigt alt efter lagunens geografiske placering og vandbalance. Kystlaguner kan være bevoksede eller vegetationsløse, og placering og omfang kan ændres under oversvømmelser. Kystlaguner kan omfatte alt fra større vandområder som Nissum Fjord, men også strandsøer og vandhuller på strandenge og bag strandvolde hører under definitionen. Modificerede og inddæmmede vandarealer kan i denne sammenhæng også opfattes som kystlaguner, såfremt arealet oprindeligt var lagune eller strandområde, forudsat

der er tale om arealer med begrænset påvirkning fra menneskelig udnyttelse, så arealet ikke er meget kulturpræget. Laguner kan forekomme i mosaik med strandenge- og -sumpe, idet de fleste vandsamlinger sådanne steder vil opfylde betingelserne for at være kystlagune. Strandsumpe domineret af f.eks. strand-kogleaks eller tagrør vil således være kystlagune, hvor planterne vokser i vand, mens det vil være strandenge, hvor planterne vokser på land (16).

Sandbanker

Sandbanker er ifølge Habitatdirektivet (16) topografiske elementer i havet i form af opragende eller forhøjede dele af havbunden, som hovedsagelig er omgivet af dybere vand på op til 20 m dybde, og som ikke blottes ved lavvande. De består hovedsagelig af sandede sedimenter, men andre kornstørrelser i form af mudder, grus eller store sten kan også være til stede på en sandbanke. De har ofte en afrundet eller aflang form, men kan også have uregelmæssige former, f.eks. i form af revler. Deres sider kan strække sig ned på dybere vand end 20 m. Områder med mudder, grus eller større sten på en banke hører med til typen, så længe der hovedsagelig findes dyr og planter knyttet til sandbund på arealet, også selvom der kun er tale om et tyndt lag sand på et hårdere underlag af f.eks. ler. Sandbanker kan træffes tæt på kysten i forbindelse med f.eks. revledannelser eller som mere permanente banker længere fra kysten (16).

Blød mudderbund

Den bløde mudderbund er et naturligt habitat i sedimentationsområder. Disse findes i de fleste fjorde, mange bugter og dybere havområder, hvor den fysiske effekt af bølger og høje strømhastigheder er begrænset. I disse områder er bundforholdene defineret ved et højere indhold af finkornet (kornstørrelser $<63\ \mu\text{m}$) organisk materiale, som også resulterer i et højere vandindhold. Mudderbunden varierer mht. organisk indhold fra 2-10% organisk tørstof. Det høje organiske indhold med lav densitet medfører at der ikke opstår en fysisk kompaktion af bunden. Mudderbunde med et lavt organisk indhold (2-5%) karakteriserer f.eks. åbne områder i Kattegat.

Derudover er en række andre marine naturtyper defineret i Habitatdirektivet (16) og bilaget til EU's forordning om Naturgenopretning (14).

Referencer

1. Bendtsen J, Canal-Vergés P, Dinesen L, Hansen JLS, Holmer M, Kaiser B, Lisbjerg D, MacKenzie BR, Markager S, Nissen T, Petersen IK, Kjerulf Petersen J, Richardson K, Roth E, Støttrup JG, Stæhr PA, Svendsen JC, Sørensen TK, Wisz MS 2021. Genopretning af marin biodiversitet og bæredygtig anvendelse af havets ressourcer. Rapport fra IPBES i Danmark.

2. Hermans A, Bos OG, Prusina I 2020. Nature-Inclusive design: a catalogue for off-shore wind infrastructure. Technical Report. The Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, The Netherlands.
3. Pardo JCF, Aune M, Harman C, Walday M, Skjellum SF 2023. A synthesis review of nature positive approaches and coexistence in the offshore wind industry. ICES Journal of Marine Science <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad191>
4. Cohen-Shacham E, Walters G, Janzen C, Maginnis S (eds.) 2016. Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>
5. Eggermont H, Balian E, Azevedo JMN, Beumer V, Brodin T, et al.. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe Nature-based Solutions, an Emerging Term. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, Oekom Verlag, 2015, 24 (4) <https://hal-univ-perp.archives-ouvertes.fr/hal-01245631/file/Eggermont%20et%20al.%202015%20%28NBS%29.pdf>
6. Simonsen CF, Fabi G, van Hoof L, Holmgren N, Marino G, Lisbjerg D 2022. Marine nature-based solutions: Where societal challenges and ecosystem requirements meet the potential of our oceans. Marine Policy 144, 105198.
7. Mitsch WJ, Jørgensen SE 1989. Ecological Engineering: An Introduction to Eco-technology. New York: John Wiley and Sons.
8. Nicolajsen H 2005. Skrubbeundersøgelser i Limfjorden 1993-2004. DFU rapport 144-05. https://www.aqua.dtu.dk/Om_DTU_Aqua/Publikationer/Rapporter/Rapporter-1996-2007
9. Støttrup JG, Stokholm H 1997. Kunstige rev – Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande. DFU-rapport 42-97 samt bilagsrapport 42a-97.
10. Nygaard B, Oddershede A, Høye TT 2018. Erstatningsnatur - erfaringer og muligheder. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 186 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 266 <http://dce2.au.dk/pub/SR266.pdf>
11. McKenney BA, Kiesecker JM 2010. Policy development for biodiversity offsets: a review of offset frameworks. Environmental management, 45, 165-176.
12. Bruhn A, Flindt MR, Hasler B, Krause-Jensen D, Larsen MM, Maar M, Petersen JK & Timmermann K 2020. Marine virkemidler – beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi - Videnskabelig rapport nr. 368, <http://dce2.au.dk/pub/SR368.pdf>
13. Bruhn A, Rasmussen MB, Thomsen M 2020. Høst af eutrofieringsbetingede masseforekomster af søsalat – status på viden om miljøeffekter og økonomi. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 17 s. Notat nr. 2020-20 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_20.pdf
14. [Europa-Kommissionen 2022. Bilag til forslag til Europa-Parlamentets og Rådets forordning om naturgenopretning.](#)
15. Dahl K, Lundsteen S, Helmig S 2003. Stenrev - havets oaser. Gads Forlag.
16. Miljøstyrelsens habitatbeskrivelser årgang 2016 <https://mst.dk/media/128611/habitatbeskrivelser-2016-ver-105.pdf>

17. Boström C, Baden S, Bockelmann AC, Dromph K, Fredriksen S, Gustafsson C, ... Rinde E 2014. Distribution, structure and function of Nordic eelgrass (*Zostera marina*) ecosystems: implications for coastal management and conservation. Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems 24(3), 410-434.
18. Krause-Jensen D, Gundersen H, Björk M, Gullström M, Dahl M, Asplund ME, Boström C, Holmer M, Banta G, Graversen AEL, Pedersen MF, Bekkby T, Frigstad H, Skjellum SF, Thormar J, Steen Gyldenkerne, Howard J, Pidgeon E, Ragnarsdóttir SB, Mols-Mortensen A, Hancke K 2022. Nordic Blue Carbon ecosystems: Status and outlook. Frontiers in Marine Science. doi: 10.3389/fmars.2022.847544.
19. Dahl K, Petersen JK 2018. Definition af biogene rev. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1992, 978-87-71175-612-8, 26 pp.