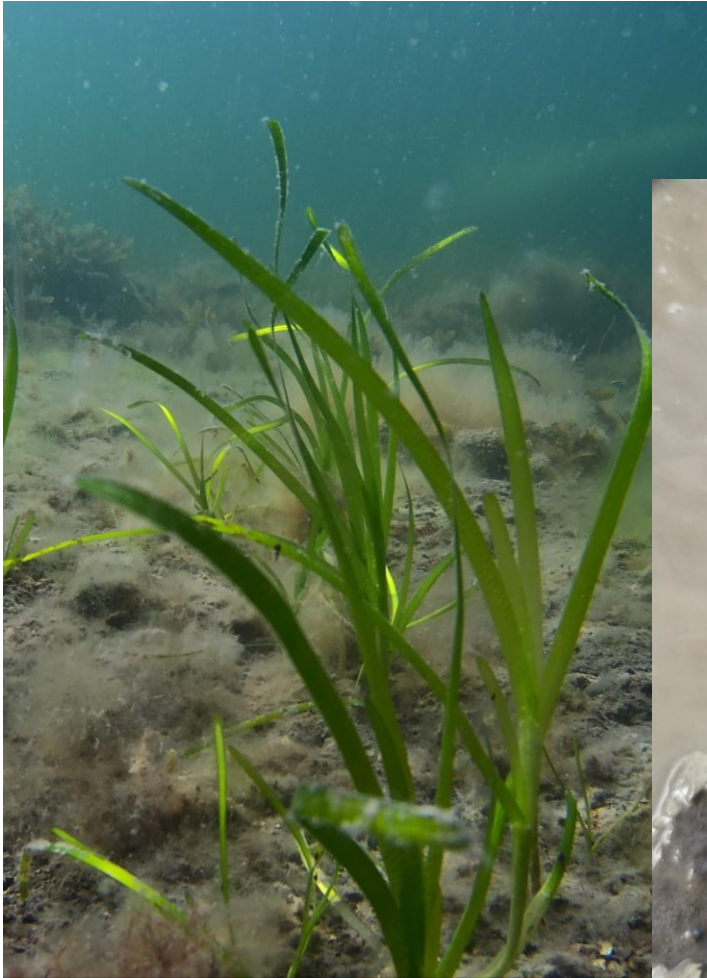




Energistyrelsen



Bundflora og -fauna

Baggrundsnotat

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700

E: ens@ens.dk

www.ens.dk



Miljøovervågning som grundlag for en strategisk og bæredygtig udbygning af havvind i Danmark

Danmark står over for en markant udvidelse af kapaciteten inden for havvindenergi. Som led i den grønne omstilling og målet om klimaneutralitet, planlægges det at etablere en række nye og langt større havvindmølleparker, end tidligere set. Denne udbygning indebærer væsentlige miljømæssige overvejelser, som skal håndteres med omtanke og på et oplyst grundlag.

Energistyrelsen har derfor anmodet NIRAS A/S om at udvikle omfattende og fagligt funderede overvågningsprogrammer for en række centrale miljøparametre. Disse programmer skal bidrage til at skabe et solidt vidensgrundlag og danne et fagligt fundament for fremtidige vurderinger af miljøpåvirkninger fra havvindmølleparker.

Forslag til overvågningsprogram for de udvalgte miljøemner er beskrevet i "datablade" for hvert emne og der er til hvert emne et uddybende "baggrundsnotat". Databladene indeholder konkrete forslag til overvågningsprogrammer, herunder detaljer om antal prøvetagninger, frekvenser og metoder for indsamling af data. Et overvågningsprogram vil altid skulle tilpasses det enkelte projekt, hvorfor de konkrete programmer ikke nødvendigvis følger den fulde metodik i databladene.

Databladene vil løbende og efter behov blive revideret og de nyeste versioner vil være at finde på Energistrelsens hjemmeside.

Produkt: Bundflora og fauna - Baggrundsnotat

Udgiver: Energistyrelsen

Billeder og illustrationer: NIRAS A/S

Dato: september 2025

Version: 1.0



1.	Forord	4
2.	Generel introduktion til fagemnet – Bundflora og -fauna.....	4
2.1	Marine naturtyper under Habitatdirektivet	4
2.1.1	Rev (Naturtype 1170).....	5
2.1.2	Boblerev (<i>Naturtype 1180</i>).....	5
2.1.3	Sandbanker (<i>Naturtype 1110</i>)	5
2.1.4	Vadeflader (<i>Naturtype 1140</i>)	5
2.2	Bundflora	6
2.2.1	Fasthæftede og løst liggende makroalger	6
2.2.2	Rodfæstede planter	6
2.3	Bundfauna	6
2.3.1	Epifauna	6
2.3.2	Infafauna	7
2.4	Substrattyper	7
3.	Erfaring fra tidligere udført effektovervågning af bundflora og – fauna i havvindmølleparker	8
4.	Fokus for effektovervågning af Bundflora og -fauna	9
5.	Potentiel påvirkning fra konstruktionsfasen og i driftsfasen	9
6.	Overvågningsprogrammet	10
6.1	Afgrænsning af overvågningsområde	11
6.2	Referencestationer	11
7.	Referencer	13

Forkortelser og akronymer

BACI	Before-After-Control-Impact (survey design)
DCE	Nationalt Center for Miljø og Energi
CO	Dissolved oxygen
LOI	Loss of ignition (glødetab)
GLM	General lineær model
M-FDC	Det marine fagcenter
NOVANA	Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur
TA	Teknisk anvisning
TOC	Totalt organisk karbon



1. Forord

Databladet med baggrundsnotat (dette dokument) er udarbejdet på opdrag fra Energistyrelsen, og er primært til brug for bygherrer, konsulenter og relevante myndigheder. Det henvises til flere eksempler på god praksis i udførte overvågningsprogrammer for etablerede havvindmølleparker, samt bedste identificeret praksis baseret på tekniske anvisninger fra det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur (NOVANA).

2. Generel introduktion til fagemnet – Bundflora og -fauna

Dette baggrundsnotat danner baggrund for datablad bundflora og -fauna som indbefatter fasthæftede og løst liggende makroalger og rodfæstede planter (flora), samt fasthæftede og kravlende dyr som lever ovenpå havbunden (epifauna), og nedgravede dyr i havbunden (infauna).

Der vil i databladet blive fremlagt en række metoder og analyser til at foretage effektovervågningen af denne brede gruppe af organismer, i forbindelse med konstruktion og drift af havvindparker (bundfaste turbiner), sammenlignet med baseline, dvs. situationen før etablering af havvindmølleparken. Opfølgende overvågning i forbindelse med dekommissionering af en havvindmøllepark er foreløbig ikke en del af dette datablad, men kan være relevant at inkludere på et senere tidspunkt. For tema bundflora og -fauna er det vurderet som relevant, i tillæg til selve havvindparken, også at inkludere undersøgelser i og ved søkabelkorridor helt frem til i land føring af kabel. Begrundelsen er at udlægningen af søkabler medfører en fysisk forstyrrelse af havbunden, evt. også ved etablering af erosionsbeskyttelse og/eller tildækning: Det kan potentielt føre til en ændring i sammensætning af arter og habitater som følge af forstyrrelsen ved etableringen eller ved introduktion af nyt substrat til området.

Bundflora og -fauna er nøgleorganismer i marine økosystemer, da de ofte danner habitater for andre organismer, udgør fødegrundlag for andre dyr, og de er essentielle for omsætningen af organisk materiale (bundfauna) samt iltning ved havbunden (bundflora). Ændringer i biomasse, artssammensætning eller artsdiversitet hos bundflora og fauna kan betyde markante ændringer i det marine miljø og derfor er disse parametre omdrejningspunktet for effektovervågningen af havvindmølleparker i beskrevet i det tilhørende datablad.

I de efterfølgende afsnit følger en kort redegørelse for de mest centrale marine naturtyper som er beskyttet under Natur-2000-netværket og habitatdirektivet (kap. 2.1). Videre redegøres der kort for de centrale artsgrupper af bundflora og -fauna, inklusiv sårbare arter, både tilknyttet til de nævnte naturtyper, eller knyttet til andre habitater (kap. 2.2 og 2.3). Sammensætning af bundflora- og fauna er i høj grad afhængig af havbundens struktur, beskrevet nærmere i kap. 2.4.

2.1 Marine naturtyper under Habitatdirektivet

I de efterfølgende afsnit følger en kort redegørelse for de mest centrale marine naturtyper som er beskyttet under habitatdirektivet og Natura-2000-netværket. Otte af habitatdirektivets marine naturtyper forekommer i Danmark, henholdsvis *Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand* (sandbanke, 1110), *flodmundinger* (1130), *mudder- og sandflader, der er blottet ved ebbe* (vadeflader, 1130), *kystlaguner og strandsøer* (lagune, 1150) *større lavvandede bugter og vige* (bugt, 1160), *rev* (1170), *boblerev* (1180), samt *undervandsgrotter i havet* (havgrotter, 8330). Alle otte naturtyper er beskyttet som en del af Danmarks



forpligtelser under EU's Habitatdirektiv gennem Natura 2000 netværket. *Havgrotter* findes kun på klippeøen Bornholm (DCE, 2014). De resterende naturtyper *lagune*, *flodmundinger*, og *bugt* er ikke beskrevet nærmere her, da disse forekommer i afgrænsede kystnære områder, og derfor ikke forventes at være relevante for effektovervågning af offshore havvindmølleparker. De fire mest relevante naturtyper gennemgås herunder. De inkluderer *rev* og *boblerev*, som potentielt kan forekomme offshore og inden for kommende havvindmølleområder, samt naturtyperne *sandbanker*, *vadeflader*, der vil kunne træffes langs kysten hvor søkablet trækkes i land.

2.1.1 Rev (Naturtype 1170)

Naturtypen *rev*, som inkluderer stenrev og biogene rev, som banker af blåmusling (*Mytilus edulis*) eller hestemusling (*Modiolus modiolus*), omfatter hårbundsarealer med en stor mangfoldighed af marine arter. I danske farvande kan man finde rev i Nordsøen, samt i nordlige Kattegat og videre ned gennem bælterne til Østersøen omkring Bornholm (Miljøstyrelsen, 2016). Rev findes på forskellige dybder afhængigt af deres placering, men generelt kan de findes fra lavvandede områder tæt på kysten og ned til omkring 10-30 meters dybde. I visse områder, som i Kattegat, kan rev dog findes på dybder helt ned til 50 meter eller dybere. Naturtypen *Rev* er i de danske havområder under pres fra bl.a. introduktion af den ikke-hjemmehørende og invasive Stillehavssøsters (*Magallana gigas*), der vokser på skallen af levende blåmuslinger og danner tætte formationer og dermed kan fortrænge de eksisterende blåmuslingebanker.

2.1.2 Boblerev (Naturtype 1180)

Boblerev består af sandstensplader eller søjler, dannet ved sammenkitning af sand med karbonatholdig cement som følge af udsivning af metangas fra havbunden (Miljøstyrelsen, 2016). Methanen stammer fra nedbrydning af fossilt plantemateriale. Boblerev findes typisk på dybere vand, ofte mellem 30 og 40 meters dybde. I områder som Kattegat og Nordsøen er boblerev især fundet i disse dybder, men de kan også forekomme på større dybder. Der findes to typer: boblerev og karbonatdannelser i "pockmarks". Boblerev skaber levesteder for alger og invertebrater tilpasset hårde bundtyper, og biodiversiteten øges af dyr, der søger beskyttelse i revets hulheder. Revene kan være søjleformede eller have lagdelte, bladagtige strukturer med huler. Naturtypen er sjælden, men økologisk vigtig, da den understøtter unikke økosystemer.

2.1.3 Sandbanker (Naturtype 1110)

Sandbanker dannes som følge af materialetransport langs kysterne, ofte i form af revler, dvs. lange, smalle sandbanker, der enten kan være uden vegetation eller dækket af ålegræs (DCE, 2014). Sandbanker er lavvandede, undersøiske banker, der primært består af sand, og som er permanent dækket af vand, dog på relativt lav vanddybde (typisk mindre end 20 meter). Sandbanker findes ofte i kystnære områder, men kan også forekomme længere til havs. Sandbanker er vigtige levesteder for en bred vifte af marine arter, herunder fisk og bunddyr, som udnytter bankernes strukturelle variation og relativt stabile sedimentforhold.

2.1.4 Vadeflader (Naturtype 1140)

Naturtypen *vadeflader* omfatter tidevandsområder med eksponerede mudder- og sandflader, som er blottet ved lavvande. Disse flader findes typisk i kystnære områder, som bugter, estuarier og fjorde, hvor tidevandet skaber store, flade arealer. De er karakteriseret ved et blødt substrat, hovedsageligt bestående af sand eller mudder, og de fungerer som vigtige levesteder for bundlevende organismer (infauna), herunder muslinger,



orme og krebsdyr. Vadeblader er særligt vigtige for mange fuglearter, da de tjener som fourageringsområder, hvor fuglene kan finde føde, når fladerne blottes ved lavvande. Denne naturtype er følsom over for forandringer i hydrologi og sedimentdynamik samt menneskelige aktiviteter som landindvinding og udgravning.

2.2 Bundflora

2.2.1 Fasthæftede og løst liggende makroalger

Makroalger, også kendt som tang, kan opdeles i to hovedkategorier: fasthæftede og løst liggende. Fasthæftede makroalger er alger, som fx brunalgerne sukkertang (*Saccharina latissima*) og palmetang (*Laminaria hyperborea*), der er fastgjort til klipper, sten eller andre hårde overflader ved hjælp af strukturer kaldet hæfteskiver. Disse alger spiller en vigtig rolle i marine økosystemer ved at skabe levesteder og føde for mange marine organismer. Løst liggende makroalger, som fx afrevne alger eller skud af butbladet sargassotang (*Sargassum muticum*), flyder frit i vandet eller ligger på bunden, og kan danne store tangmætter. Sidstnævnte art er regnet som en ikke-hjemmehørende art i danske farvande.

Makroalger er essentielle for at opretholde sundheden og biodiversiteten i marine økosystemer og spiller en central rolle i næringsstofcyklusser og bidrager til den overordnede stabilitet og funktion af havmiljøer.

Makroalger er også indikatorer for miljøtilstanden i marine områder, da de hurtigt reagerer på ændringer i næringsstofniveauer og forurening. Derfor overvåges de ofte som en del af miljøprogrammer som NOVANA, hvor de bruges til at vurdere økologisk kvalitet i kystområder (DCE, 2024).

2.2.2 Rodfæstede planter

Marine rodfæstede planter, såsom ålegræs (*Zostera marina*), er en vigtig komponent i kystnære økosystemer. De danner undervandsenge af varierende udbredelse som typisk findes i lavvandede områder med klart vand, hvor sollys kan nå bunden. Disse planter har rødder, som forankrer dem i sedimentet, og lange blade, som strækker sig op mod vandoverfladen. De bidrager til at stabilisere havbunden, forhindre erosion, og de fungerer som vigtige levesteder og fødegrundlag for en bred vifte af marine arter, herunder fisk, krebsdyr og fugle. De marine planter er sårbare over for menneskelig påvirkning, herunder næringsstofbelastning og fysiske forstyrrelser som anlægsarbejde.

Ålegræs indgår i miljøovervågningsprogrammer som NOVANA (DCE, 2024), da de er indikatorer for god miljøtilstand i kystområder (DCE, 2024),

2.3 Bundfauna

2.3.1 Epifauna

Epifauna omfatter de fastsiddende (sessile) og kravlende organismer, som lever oven på havbunden. Disse dyr inkluderer fx muslinger, søstjerner, og krebsdyr, som hæfter sig til eller bevæger sig på overfladen af sten, skaller og sediment. Visse sessile organismer såsom blåmuslinger og søpunge, vil også kunne hæfte sig og danne kolonier på menneskeskabte konstruktioner såsom havvindmøllefundamenter. Epifauna er



afgørende for marine økosystemer, da de filtrerer vandet og skaber levesteder for andre arter. De fungerer også som føde for mange fisk og havpattedyr. Epifauna findes ofte på hårde bundtyper, som rev og sten, men kan også findes i mere bløde sedimenter, afhængigt af artens tilpasninger.

Epifaunaens sammensætning og diversitet bruges ofte som en indikator for miljøtilstanden i marine områder, da den hurtigt kan påvirkes af ændringer i vandkvalitet eller menneskelige aktiviteter som fiskeri og anlægsarbejde. Dette gøres blandt andet som en del af NOVANA-overvågningen (DCE, 2024).

2.3.2 Infauna

Infauna, også kendt som blødbundsfauna, er defineret som hvirvelløse dyr, der er større end 1 mm, og som lever på overfladen af ler-, mudder- eller sandbund eller nedgravet i sedimentet. Denne artsgruppe består typisk af små organismer, herunder enkelte bløddyr, orme, og krebsdyr. Infaunaen spiller en vigtig rolle i marine økosystemer, da de er med til at nedbryde organisk materiale og omsætte næringsstoffer. Derudover udgør de fødegrundlaget for mange større dyr som fisk og havfugle, og bidrager derved til at opretholde den økologiske balance i de marine fødenet. Blødbundsfaunaen kan opdeles i mikro-, meio- og makroinfauna, baseret på dyrenes størrelse, hvor dette baggrundsnotat og tilhørende datablad omfatter sidstnævnte gruppe. Eksempler på makroinfauna inkluderer børsteorme og muslinger, som graver sig ned i sedimentet for at søge beskyttelse mod prædatorer og for at skaffe føde.

Sammensætningen og udbredelsen af bundflora og -faunasamfund er i høj grad afhængig af substratsammensætning i ethvert givent område. De forskellige substrattyper indenfor overvågningsområdet undersøges og kategoriseres med udgangspunkt i de substrattyper vist i tabel 2.1 **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** (Miljøstyrelsen, 2021).

Blødbundfaunaens sammensætning bruges ofte som indikator for miljøtilstand og påvirkning fra menneskelige aktiviteter som fiskeri, forurening og udbygning af infrastruktur på havet, da de reagerer på ændringer i deres omgivelser. Dette gøres blandt andet som en del af NOVANA-overvågningen (DCE, 2024).

2.4 Substrattyper

I dette datablad tages der udgangspunkt i de substrattyper, som anvendes i de danske råstofsager, substrat- og habitatnaturtypekortlægninger for Miljøstyrelsen o.a. Miljøstyrelsen (2021). Klassifikationen bag substrattyperne forudsætter dog en geofysisk kortlægning med fulddækkende sidescan sonar mosaik, seismisk karakterisering af de overfladenære lag, samt verifikationspunkter. Hvis dette ikke findes eller kan udarbejdes før baseline, kan man benytte andre typer af klassifikationsmetoder som er relevante for bundflora og fauna. Se evt. 'Alternative substrattyper' og 'Overordnede habitattyper' jf. havstrategidirektivet eller 'habitattyper' jf. habitatdirektivet.

Tabel 2.1. Definition af substrattyper anvendt til substratkortlægning efter (Miljøstyrelsen, 2018). Substrattype 2a blev introduceret i Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 2021).

Substrattype	Definition
1a. Blødbund	Homogen siltet sandbund eller dynd, hvor bunden ikke er dynamisk påvirket, og hvor sedimentet består af silt og siltet sand eller dynd.
1b. Sand	Homogen fast sandbund (sand er defineret som kornstørrelse fra 0,06–2,0 mm) præget af en vis form for dynamik med bølgepåvirkning m.m.



	Denne substrattype kan også have varierende indslag af skaller, grus og silt.
1c. Mønstret sandet bund med ler	Område bestående af ler eller større relikte lerblokke på en siltet til sandet havbund, hvor det høj-reflektive ler giver havbunden et mønstret udseende. Disse ler-mønstre kan have meget markante strømstriber.
2a. Sand, grus og småsten	Meget varierende substrattype, domineret af sand og groft sand med varierende mængder af grus og småsten. Substratet består af en blanding af sand, groft sand og grus med en kornstørrelse på ca. 0,06 – 20 mm og småsten med størrelser på ca. 2 til 10 cm.
2b. Sand, grus og småsten samt bestrøning (< 10 %) med sten >10 cm	Meget varierende substrattype, domineret af sand og groft sand med varierende mængder af grus og småsten samt spredte store sten. Substratet består af en blanding af sand, groft sand og grus med en kornstørrelse på ca. 0,06 - 20 mm og småsten med størrelser ca. 2 til 10 cm. Substrattypen kan også indeholde større sten >10 cm, dog kun op til 10 % dækning.
3. Sand, grus og småsten samt bestrøning (10 - 25 %) med sten >10 cm	Område bestående af blandede substrater med sand, grus og småsten og med bestrøning af større sten >10 cm. Substrattypen indeholder et større antal sten >10 cm, oftest som bestrøning med en dækning på 10 % - 25 %.
4. Sten >10 cm dækkende >25 %	Område domineret af sten >10 cm, men også med varierende indslag af sand, grus og småsten. Stenene ligger enten spredt på havbunden eller som et tæt lag af sten med en dækning >25 %.

'Alternativ substrattypekortlægning' indebærer 1. generation substrattypekort med sidescanner og 2. generation substrattypekort med verifikation fra video med fx ROV (ORBICON, 2017). 2. generations substrattypekort sidestilles med bundfaunaoprøver (HAPS) samt makrofauna og flora fra verifikationsvideo og naturtype/habitattype kort udarbejdes.

3. Erfaring fra tidligere udført effektovervågning af bundflora og – fauna i havvindmølleparker

Bundflora og fauna undersøgelser indgik i nogle af de første danske overvågningsprogrammer iværksat på havvindmølleparker i 1999-2005 for hhv. Nysted og Horns rev havvindmøllepark (Danish Energy Agency, 2006; Bio/Consult AS, 2006). Her fandt man, at indførelsen af et nyt menneskabt habitat med hård bund, som vindmøllefundamenter og erosionsbeskyttelse, medførte en markant stigning i biomasse og ændringer af artsammensætning for projektområdet. Efter ca. 5 års monitorering af driften, var konklusionen, at man ikke forventede yderligere målbare effekter fremadrettet. Således blev overvågning af bundflora og fauna ikke genoptaget i den senere overvågningsfase af havvindmølleparkerne (Danish Energy Agency, 2013). Lignende konklusioner på bundflora og fauna er draget på baggrund af overvågning af en havvindmøllepark i Storbritannien, hvor effekten på bundflora og fauna blev målt op til 10 år efter konstruktionen af havvindmølleparken (Gloyne-Phillips, I., 2023), hvorfor varigheden af effektovervågningen angives til 10 år efter driftsstart. For dette længerevarende monitoringsprogram var det dog en udfordring at bibeholde et kontrol-/referenceområde, som forblev uberørt af andre udviklingsprojekter (Gloyne-Phillips, I., 2023). I Tyskland findes der standarder for miljøovervågning af havvindmølleparker baseret på studier ved den første tyske havvindmøllepark, Alpha Ventus (Gutow, Teschke, Schmidt, & Dannheim, 2014). Resultater fra studierne inden for Alpha Ventus viser lignende resultater som beskrevet ovenfor, med øget produktion og biomasse af bundfauna inden for vindmølleparken (Gutow, Teschke, Schmidt, & Dannheim, 2014; Federal



Maritime Hydrographic Agency, F. M., & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation Nuclear Safety, Nature Conservation Nuclear Safety, 2014).

4. Fokus for effektovervågning af Bundflora og -fauna

Essensen bag nærværende effektovervågning er at undersøge eventuelle ændringer der forekommer i forbindelse med konstruktionen af havvindmølleparker. Dette skal forstås som værende ændringer der overgår den naturlige dynamik, da denne kan tilskrives menneskelig påvirkning. For bundflora og -fauna vil en sådan påvirkning komme til udtryk i ændringer i forekomsten og dækningsgraden af enkelte arter, eller i sammensætningen og udbredelsen af alger, rodfæstede planter eller bunddyrssamfund. Overvågningsprogrammet der er beskrevet i tilhørende datablad er derfor tilrettelagt så det dækker de væsentligste marine habitater, med henblik på at kunne besvare spørgsmål som de nedenstående.

Fokus på blødbunds habitater:

- Er der en signifikant ændring i fauna biomasse/tæthed/diversitet i blødbundshabitater mellem møllerne som følge af konstruktion af vindmølleparken? I så fald redegøres der for hvilke organismegrupper, der har oplevet den største ændring i biomasse, tæthed og diversitet.
- Er der en signifikant ændring i artssammensætningen i blødbundshabitater mellem havvindmøllerne som følge af konstruktion af vindmølleparken? I så fald beskrives denne ændring.
- Er der en signifikant ændring i relevante indekser, for den økologiske tilstand for blødbundsfaunaen, fx AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) eller DKI (Danske Kvalitetsindeks), som følge af konstruktion af vindmølleparken?

Fokus på hårbundshabitater:

- Er der en signifikant ændring i artssammensætningen og fordeling for epifauna/makroalger på hårbundssubstrater i vindmølleparken som følge af påvirkning?
- Hvor stort et areal er ændret til hårbundssubstrat (fundament og erosionsbeskyttelsen, kabelkorridor) efter konstruktion af vindmølleparken?
- Hvad kendetegner det bentiske samfund, fx dominerende flora eller fauna, på de introducerede strukturer som følge af påvirkning (fundament og erosionsbeskyttelse, kabelkorridor)?

5. Potentiel påvirkning fra konstruktionsfasen og i driftsfasen

Bundflora og -fauna vil kunne påvirkes på flere måder; ved sedimentspredning; fra øget turbiditet; permanent eller midlertidigt habitattab, ændrede strømforhold og gradvis ændrede bundforhold i nærheden af fundamenterne og introduktion af hårde substrat habitater.

Områderne, hvor fundamenterne og kabelkorridoren etableres, vil blive totalt forandret (enten permanent eller midlertidigt), og tilførslen af nye substrattyper vil medføre en betydelig forandring af det oprindelige økosystem: Sedimentspild fra anlægsarbejdet vil generelt aflejre sig på havbunden i umiddelbar nærhed af de områder, hvor arbejdet udføres. Spredningsomfang afhænger i stor grad af sedimentets kornfraktioner, hvor mindre partikler typisk vil transporteres længere. Sedimentspild tæt på anlægsarbejdet kan dække



bunddyr, som afhængigt af lagets tykkelse kan blive negativt påvirkede. Hårdbundsfauna er generelt mere følsom over for sedimentdækning end blødbundsfauna (Femern, Sund og Bælt, 2013). Studier viser generelt, at sedimentaflejring har en negativ effekt på fastsiddende hårdbundsfauna, såsom mosdyr, havsvampe, blødkoraller og søpunge, hvilket kan føre til nedsat vækst hos disse arter (Moore, 1972; Slattery & Bockus, 1997; Eckman & Duggins, 1991).

Effektovervågningen vil også afdække eventuelle positive effekter for bundflora- og fauna som følge af havvindparkudviklingen, som fx følge af forbud mod fiskeri/trawling samt effekten af introduktionen af kunstige rev i form af vindmøllefundamenter og erosionsbeskyttelse.

6. Overvågningsprogrammet

Effektovervågningen bruges til at måle om og hvilke effekter der er ved installation af havvindmølleparker i dansk farvand. Denne viden kan anvendes til vidensopbygning.

Observeres der effekter i enten konstruktions- og/eller driftsfasen, anbefales det, at overvågningen af bundflora og -fauna justeres for at afdække effekterne mere nuanceret (dvs. varighed og udstrækning af effekter). Dette kan evt. gøres fremadrettet for andre havvindmølleparker.

Viser dele af effektovervågningen derimod, efterhånden som data tilvejebringes, at der ikke kan påvises statistiske signifikante effekter fra havvindmølleparker på bundflora og -fauna, bør man ud fra en faglig vurdering overveje at lade de dele af overvågningen for bundflora og -fauna udgå fra overvågningen af fremtidige havvindmølleparker.

Viden om påvirkninger af bundflora og -fauna i havmiljøet er i konstant udvikling, og det vil derfor ikke være usandsynligt, at listen med relevante arter og naturtyper til overvågning løbende udvides, i takt med at vidensgrundlaget opbygges. Derudover er tendensen sandsynligvis, at havvindmølleparkerne kun bliver større og derved dækker større områder. Overvågningsprogrammet skal derfor ses som et "minimumsprogram", hvor der ved hvert enkelt projekt skal foretages en faglig vurdering af, om antal stationer og undersøgte habitater er tilstrækkelige eller om de bør suppleres med ekstra stationer og/eller suppleres med andre former for prøvetagning jf. Datablad for Bundflora og -fauna.

Der vil i databladet blive henvist direkte til flere tekniske anvisninger udarbejdet af Nationalt Center for Miljø og Energi – [DCE](#) (DCE, 2024), som bruges i den danske marine overvågning (NOVANA). De relevante tekniske anvisninger for dette baggrundsnotat, og tilhørende datablad, omfatter:

- M12 – Makroalger på kystnær hårbund (TA M12),
- M14 – Makroalger og bundfauna på sten- og boblerev (TA M14),
- M17 – Fauna på kystnær hårbund (TA M17),
- M18 – Ålegræs (TA M18),
- M19 – Blødbundsfauna (TA M19).

I databladet indgår udvalgte dele af ovenstående tekniske anvisninger med relevans for effektovervågningen af bundflora og -fauna. Enkelte steder er metoden tilpasset effektovervågningen, fremfor at følge metoden



for den nationale overvågning, hvilket dog ikke vurderes at have betydning for sammenligneligheden efterfølgende. Hvor det er vurderet hensigtsmæssigt, er der også refereret til andre relevante standarder, samt monitoringsundersøgelser der er foretaget i både danske og udenlandske havvindmølleparker.

6.1 Afgrænsning af overvågningsområde

Undersøgelsesområdet inddeles i fire områder: Havvindmøllepark, kabelkorridor, bufferzone og referenceområde.

Havvindmøllepark defineres som området indenfor hvilket der påtænkes at opstille havmøller, inklusiv en ydre ring i en 1 km afstand af de yderste vindmøller som skal anlægges. Dette defineres som det primære påvirkningsområde ligestillet med kabelkorridor. Der opstilles ikke nødvendigvis vindmøller i hele området.

Kabelkorridor defineres som området hvor kabelkorridoren anlægges, samt mindst 5 m på hver side af kablet. Dette defineres som det primære påvirkningsområde ligestillet med havvindmølleparken.

Bufferzone defineres som en bufferzone rundt om de primære påvirkningsområder, havvindmølleparken og kabelkorridor. Bufferzonen vi have en bredde på 10-30 km målt fra ydergrænsen af havvindmølleparken, baseret på det teoretiske influensområde for vindmøllefundamenterne jf. tilhørende datablad. Langs kabelkorridoren etableres en bufferzone på, baseret på en konkret faglig vurdering for det enkelte projekt se Datablad for Bundflora og -fauna. Bufferzonen defineres også som det sekundære påvirkningsområde. Referenceområde defineres som et område der vurderes sammenligneligt med de primære påvirkningsområder havvindmølleparken og kabelkorridor før påvirkning. Der skal være en stærk forventning om, at der inden for overvågningsperioden ikke udvikles havvindmølleparker eller anden offshore udbygning i dette område, og at det ligger i en sådan afstand til den planlagte havvindmøllepark, at det ikke kan forventes påvirket af denne. se præcisering af dette under kap. 6.2.

6.2 Referencestationer

Referencestationer anvendes for at give viden om omfanget af den naturlige variation, og for direkte at kunne sammenligne bundflora og -faunaen i et påvirket område, med bundflora og -fauna uden for det forstyrrede og påvirkede område. Der er som udgangspunkt foreslået en konservativ tilgang til omfang af referencestationer, for at imødegå behovet for tilstrækkelig data til statistisk analyse og effektvurdering.

Referencelokaliteter skal i størst mulig grad repræsentere den naturlige tilstand uden indflydelse fra menneskeskabte påvirkninger, og bør give et mål for den naturlige tidsmæssige og rumlige variation i benthiske habitater og samfund. Fysiske forstyrrelser som fiskeri, kan vanskeliggøre analyse og tolkning af resultaterne. Både i forhold til at referenceområdet kan blive forstyrret, men også effekten af at evt. fiskeriaktiviteter ophører i projektområdet ifm. opførslen af havvindmølleparken. Påvirkning fra disse forstyrrelser varierer over tid og sted, og skal om muligt og ud fra en konkret faglig vurdering, inddrages i tolkningen af data. Undersøgelserne skal udføres med tilsvarende metoder og under lignende forhold (samme sæson) som i havvindmølleparken.



Statistiske overvejelser og den påkrævede præcision af resultaterne dikterer antallet af referencestationer, og antallet af replikater pr. prøvetagningsstation der kræves. Dette gennemgås sammen med de prøvetagningsmetoder som skal anvendes (Energistyrelsen, Datablad for Bundflora og -fauna, 2025a).

Anbefalinger til valg af referenceområder er beskrevet nærmere i Datablad for Bundflora og -fauna.

Der skal også tages højde for, og løbende undersøges om referenceområdet påtænkes inddraget i andre projekter, eller påvirket af anden aktivitet. Dette skal noteres og inddrages i BACI analysen som forklarende faktor. Hvis REF-området inddrages som en del af et andet havvindmølle projekt, så kan det dog ikke bruges i BACI analysen. Det anses imidlertid som mindre sandsynligt at en tilstødende havvindpark bliver etableret inden overvågningsperioden på 10 år er færdig.



7. Referencer

- Rumohr, H. (2009). *Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. Copenhagen: International Council for the Exploration of the Sea, 2009. 20 p. (Techniques in marine environmental sciences, No. 43.*
- Rutherford, V., & Lancaster, D. (2013). *Analysis of Marine Ecology Monitoring Plan Data from the Robin Rigg Offshore Wind Farm, Scotland (Operational Year 2) Technical Report Chapter 3: Benthic Ecology*. Retrieved from https://marine.gov.scot/datafiles/lot/robin_rigg/Monitoring/Robin%20Rigg%20Memp%20Ops%20Yr%202%20-%20Chp%203%20-%20Benthic%20Ecology.pdf
- AlgaeBase. (n.d.). *Listing the World's Algae*. (AlgaeBase) Retrieved 2024, from <https://www.algaebase.org/Bio/Consult>
- Bio/Consult AS. (2006). *Benthic Communities at Horns Rev Before, During and After Construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final Report Annual Report 2005* .
- BioApp. (n.d.). *BioApp - specialister i eksternt miljø*. Retrieved 2024, from <https://bioapp.dk/>
- Borja, A., Josefon, A. B., Miles, A., Muxika, I., Olsgard, F., Phillips, G., . . . Rygg, B. (2007). *An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive*. *Mar. Pollut. Bull.* 55: 42-52.
- Danish Energy Agency. (2006). *Danish Offshore Wind, Key Environmental Issues*. Retrieved from <https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Vindenergi/miljoeovervaagningsrapport.pdf>
- Danish Energy Agency. (2013). *Danish Offshore Wind, Key Environmental Issues - a Follow-up*. Retrieved from https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Vindenergi/havvindmoellebog_web1.pdf
- DCE. (2014). *Bevaringsstatus for naturtyper og arter - Habitatsdirektivet Artikel 17 rapportering. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus Universitet*.
- DCE. (2024). *Gældende tekniske anvisninger for marin overvågning i NOVANA-programmet udarbejdet af Nationalt Center for Miljø og Energi*. Retrieved from <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/fagdatacentre/marint-fagdatacenter/gaeldende-tekniske-anvisninger>
- DCE. (2024). *Gældende tekniske anvisninger for marin overvågning i NOVANA-programmet udarbejdet af Nationalt Center for Miljø og Energi*. Retrieved from <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/fagdatacentre/marint-fagdatacenter/gaeldende-tekniske-anvisninger>
- DCE. (2024). *Marine områder 2022 - NOVANA - Aarhus Universitet DCE - Nationalt Cneter for miljø og energi. nr. 592*. Retrieved from https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR592.pdf
- Direktoratsgruppen for gennemføringen av vannforskriften. (2018). *Klassifiseringsveileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemiskklassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver*.
- Eckman, J., & Duggins, D. (1991). Life and death beneath macrophyte canopies: effects of understory kelps on growth rates and survival of marine, benthic suspension feeders. *Oecologia*, 87: 473-487.
- Energistyrelsen. (2025a). *Bagrundsnotat for Datablad Bundflora og -fauna*.
- Energistyrelsen. (2025a). *Datablad for Bundflora og -fauna*.
- European Commission. (2021). *European Marine Observation and Data Network (EMODnet)*. Retrieved 2024, from <https://emodnet.ec.europa.eu/en/euseamap-2021-emodnet-broad-scale-seabed-habitat-map-europe>



- Federal Maritime Hydrographic Agency, F. M., & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation Nuclear Safety, Nature Conservation Nuclear Safety. (2014). *Ecological Research at the Offshore Windfarm Alpha Ventus: Challenges, Results and Perspectives (2014th ed.)*. Springer Vieweg. in *Springer Fachmedien Wiesbaden*. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-658-02462-8>
- Femern, Sund og Bælt. (2013). Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Fauna and Flora – Impact Assessment. Benthic Fauna of the Fehmarnbelt Area. *Report No. E2TR0021 - Volume I*.
- Gloyne-Phillips, I. (2023). *Greater Gabbard year 10 post construction benthic survey*. Niras Group (UK) - *Technical report for Greater Gabbard Offshore Wind LTD.* .
- Gutow, L., Teschke, K., Schmidt, A., & Dannheim, J. (2014). *Rapid increase of benthic structural and functional diversity at the alpha ventus offshore test site*. *Ecological research at the Offshore Windfarm alpha ventus: Challenges.*
- Hansen, S., & Høgslund, J. (2024). (red.) 2024. *Marine områder 2022*. NOVANA. Aarhus.
- Hiscock, K. (1996). *JNCC - SACFOR abundance scale used for both littoral and sublittoral taxa from 1990 onwards*.
- Lacoste, É., Weise, A. M., Drouin, A., Archambault, P., & McKindsey, C. W. (2018). *Low benthic impact of an offshore mussel farm in Îles-de-la-Madeleine, eastern Canada*.
- Lundsteen S, Andersen OGN. (2014). *Om artsbestemmelse af dyr fra jævn- bund og blandet bund i danske farvande*. *Forum om marin bundfauna og – flora*, 43 s. Retrieved from <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/temasider/forum-om-marin-bundfauna-og-flora>
- Lundsteen S, Andersen OGN. (2014). *Om artsbestemmelse af dyr fra jævn- bund og blandet bund i danske farvande*. *Forum om marin bundfauna og – flora*, 43 s. Retrieved from <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/temasider/forum-om-marin-bundfauna-og-flora>
- Miljøstyrelsen. (2016). *Habitatbeskrivelser, årgang 2016. Beskrivelse af danske naturtyper omfattet af habitatdirektivet*. Retrieved from <https://mst.dk/media/pj3afex3/habitatbeskrivelser-2016-ver-105.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2018). *Kortlægning af Natura 2000-områder Marin habitatkortlægning i Skagerrak og Nordsøen 2017-2018. Udført af GEUS og Orbicon for Miljøstyrelsen*.
- Miljøstyrelsen. (2021). *Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020. Udført af GEUS og WSP*. Miljøstyrelsen. Retrieved from <https://mst.dk/media/acffpsxv/kortlaegning-af-havbundens-habitater-i-nordsoeen-i-2019-2020.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2024). *NOVANA - overvågning af natur og vandmiljø*. Retrieved from Miljøministeriet: <https://mst.dk/erhverv/rig-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe/hav-og-fjord>
- Miljøstyrelsen. (2024). *NOVANA - overvågning af natur og vandmiljø. Miljøministeriet*. Retrieved from <https://mst.dk/erhverv/rig-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe>
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. (2024, 5 23). *fvm.dk*. (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri) Retrieved 9 26, 2024, from <https://fvm.dk/nyheder-og-pressemeddelelser/2024/maj/regeringen-vil-forbyde-fiskeri-med-bomtrawl>
- Moore, P. (1972). Particulate matter in the sublittoral zone of an exposed coast and its ecological significance with special reference to the fauna inhabiting kelp holdfasts. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 10, 59-80.
- Nielsen (f. 1944), R., & Lundsteen, S. (2019). *Danmarks havalger. Bind 2 : Brunalger (Phaeophyceae) og grønalger (Chlorophyta)*. Retrieved from <https://bibliotek.dk/serie/danmarks-havalger/work-of:870970-basis:47909341>



- Nielsen R. (2005). *Marine macroalgae of Denmark. List of Species. List of Danish names. Notes to species with references. Distributional Index. Botanisk Have, Statens Naturhistoriske Museum*. Retrieved from <http://snm.ku.dk/samlingerne/toer-og-vaadsamli>
- ORBICON. (2017). *Jammerland Bay Nearshore A/S - GEOFYSSK TEKNISK NOTAT*. Retrieved from https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Vindmoller_hav/baggrundsrapport_-_geofysisk_teknisk_notat_2017.pdf
- Slattery, M., & Bockus, D. (1997). Sedimentation in McMurdo Sound, Antarctica: a disturbance mechanism for benthic invertebrates. *Polar Biology*, 18: 172-179.
- Standard Norge. (2013). *ISO 16260:2012. Vannundersøkelse Visuelle bunnundersøkelser med fjernstyrte og/eller tauete observasjonsfarkoster for innsamling av miljødata*.
- Standard Norge. (2014). *NS-EN ISO 16665:2013 - Norsk Standard - Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014)*.
- Wegeberg, S., Mols-Mortensen, A., & Nielsen, R. (2019). *Danmarks havalger. Bind 1 : Rødalger (Rhodophyta)*. Retrieved from <https://bibliotek.dk/serie/danmarks-havalger/work-of:870970-basis:47909341>
- WoRMS Editorial Board. (2017). *World Register of Marine Species*. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ.
- Aarhus Universitet. (2023). *Den Danske Rødliste*. Retrieved 2024, from <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/temasider/redlist>