



DEKOMMISSIONERING AF METROLOGIMAST PÅ STORE MIDDELGRUND

Biologiske samfund på menneskabte strukturer

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 365

2026



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

DEKOMMISSIONERING AF METROLOGIMAST PÅ STORE MIDDELGRUND

Biologiske samfund på menneskabte strukturer

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 365

2026

Helle Buur
Karsten Dahl
Anne Winding
Rumakanta Sapkota

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 365
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Dekommissionering af metrologimast på store Middelgrund
Undertitel:	Biologiske samfund på menneskabte strukturer
Forfattere:	Helle Buur, Karsten Dahl, Anne Winding, Rumakanta Sapkota
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	2026
Redaktion afsluttet:	December 2025
Faglig kommentering:	Teis Boderskov
Kvalitetssikring, DCE:	Anja Skjoldborg Hansen
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Ekstern kommentering:	Vattenfall. Kommentarerne findes her:
Finansiel støtte:	Vattenfall
Bedes citeret:	Buur, H., Dahl, K., Winding, A. & Sapkota, R. .2026. Dekommissionering af metrologimast på store Middelgrund. Biologiske samfund på menneskabte strukturer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 36 s. - Teknisk rapport nr. 365 Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten beskriver den biologiske undersøgelse af meteorologimasten på Store Middelgrund, som blev taget op i december 2024. Skrabeprov fra monopælen blev analyseret med klassisk artsbestemmelse og eDNA. Resultaterne viste flere arter og højere dækningsgrad på sydsiden end nordsiden, især fra ca. 6 meters dybde og ned. Sydsiden var domineret af makroalger, mens faunaen dominerede nordsiden. Kombinationen af metoder gav et godt overblik over artssammensætningen med stort overlap. Øverst på monopælen fandtes blåmuslinger, derefter rur og søanemoner, mens bunden var præget af brødkrummesvamp. Dette faunasamfund med få dominerende arter er typisk for monopæle og adskiller sig markant fra naturlige rev.
Emneord:	monopæle, biodiversitet, vindmøllepyloner, eDNA, stenrev
Foto forside:	Monopile løftes på dæk af Helle Buur
ISBN:	978-87-7648-016-5
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	36

Indhold

Sammenfatning	4
Summary	5
1 Introduktion	6
2 Formål	8
3 Indsamling og oparbejdning af biologisk materiale	9
3.1 Metode for indsamling af biologisk materiale	9
3.2 Klassisk taksonomisk artsbestemmelse af skrabepróver i laboratoriet	10
3.3 ROV og foto til bestemmelse af arter og deres dækning	10
3.4 Analyse af eDNA	11
4 Data fra det nationale stenrevs overvågningsprogram	13
5 Resultater	14
5.1 Beskrivelse af biologiske samfund ved ROV og foto	14
5.2 Artsbestemmelse af indsamlede prøver	18
5.3 Sammenligning af resultater fra DNA-analyser og klassisk taksonomisk artsbestemmelse	20
5.4 Artsdiversitet på det naturlige stenrev på Store Middelgrund	21
6 Diskussion	24
6.1 ROV-undersøgelsen	24
6.2 Artsidentifikation fra skrabepróverne	24
6.3 Brug af eDNA-metoder	25
6.4 Sammenligning af artsdiversitet på MET-masten og naturligt rev	25
6.5 Sammenligning med viden fra vindmøllemonopæle	26
7 Konklusion	28
8 Referencer	29
Bilag	31
Bilag 1: Artsfund v. klassisk taksonomisk artsbestemmelse i de forskellige delpróver	31
Bilag 2: Sammenligning af artsfund ved brug af eDNA og klassisk taksonomisk artsbestemmelse(lab)	32
Bilag 3: Sammenligning af makroalge- og faunaarter på MET-mast og stenrev på dybderne 10 + 12,4 meter i 2024. Vær opmærksom på, at NOVANA-data er indsamlet i sommersæsonen og data fra masten i vintersæsonen.	35

Sammenfatning

Denne rapport beskriver den biologiske undersøgelse af meterologimasten på Store Middelgrund. Masten blev taget op i december 2024 og efter optagning blev der udtaget skrabeprov fra monopælen for at undersøge de biologiske samfund ved brug af klassisk taksonomisk artsbestemmelse og eDNA-analyse.

Resultaterne fra de taksonomiske undersøgelser og ROV/foto viste, at der var flere arter på sydsiden end på nordsiden, og at der var flere samlede antal arter (makroalger og fauna) samt højere dækningsgrad fra ca. 6 meter og ned. Der sås også en forskel i dækningsgrader, da makroalgerne dominerede sydsiden, og faunaen dominerede nordsiden.

Kombinationen af klassisk taksonomisk artsbestemmelse og eDNA-analyse gav et godt billede af artssammensætningen, og der var overlap i fund blandt en stor del af arterne.

Monopælen var i toppen domineret af blåmuslinger, derefter rur og søanemoner, mens brødkrummesvamp var fremherskende tæt på bunden. Denne type faunasamfund, med få dominerende arter, ses ofte på monopæle. Det biologiske samfund på monopælen er markant anderledes end det, der ses på et naturligt rev.

Summary

This report describes the biological investigation of the meteorological mast at Store Middelgrund. The mast was dismantled in December 2024, and following its retrieval, scrape samples were collected from the monopile to examine the associated biological communities using classical taxonomic species identification and environmental DNA (eDNA) analysis.

Results from the taxonomic surveys and ROV/photo documentation revealed a higher species richness on the southern side compared to the northern side, with a greater total number of species (macroalgae and fauna) and higher coverage observed from approximately 6 m depth and downward. A distinct difference in coverage patterns was also noted: macroalgae dominated the southern side, whereas fauna was more prevalent on the northern side.

The combination of classical taxonomy and eDNA analysis provided a comprehensive overview of species composition, with substantial overlap in species detected by both methods.

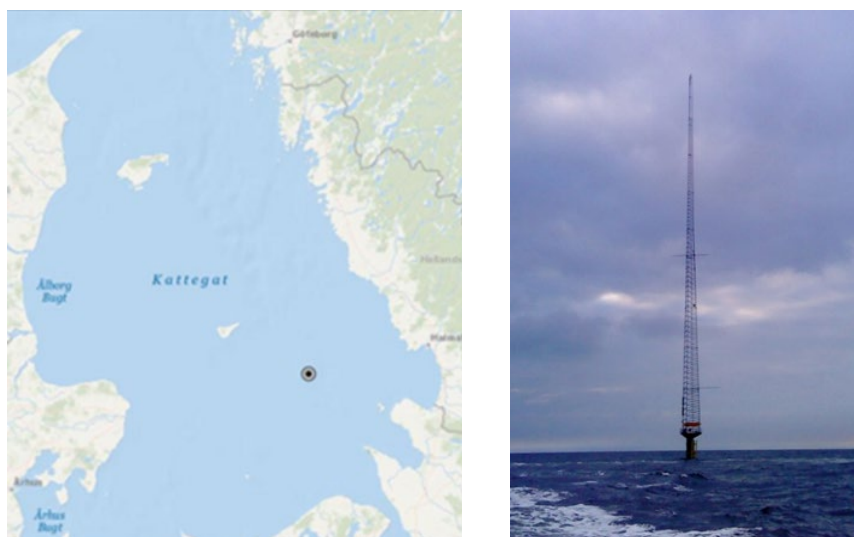
The upper section of the monopile was predominantly colonized by blue mussels, followed by barnacles and sea anemones, while the lower section was characterized by the dominance of breadcrumb sponge. This type of faunal community, with a few dominant species, is commonly observed on monopiles. The biological community on the monopile differed markedly from that typically found on natural reefs.

1 Introduktion

Revområdet Store Middelgrund er beliggende imellem Anholt og Gilleleje nær den dansk-svenske havgrænse. Området er et beskyttet Natura 2000-område med rev og boblerev som særlige naturtyper. I de mest lavvandede dele er området kendetegnet ved større sten, og ellers består havbunden af sten i varierende størrelse i en mosaik med stenblandet sandbund. Vanddybden i området ligger imellem 6 og 24 meter.

I november 2008 blev der opført en metrologimast (MET-mast) i forbindelse med forundersøgelser til et muligt vindmølleprojekt i området. Masten blev banket ned i havbunden ved en vanddybde på 13 m. Der blev ikke anlagt erosionsbeskyttelse i form af mindre sten udlagt på bunden rundt om masten. Vattenfall har ejerskabet over metrologimasten, og det blev i 2023 besluttet, at den skulle fjernes. Se figur 1.1 for placering af MET-masten.

Figur 1.1. Placering af Store Middelgrund og MET-masten.



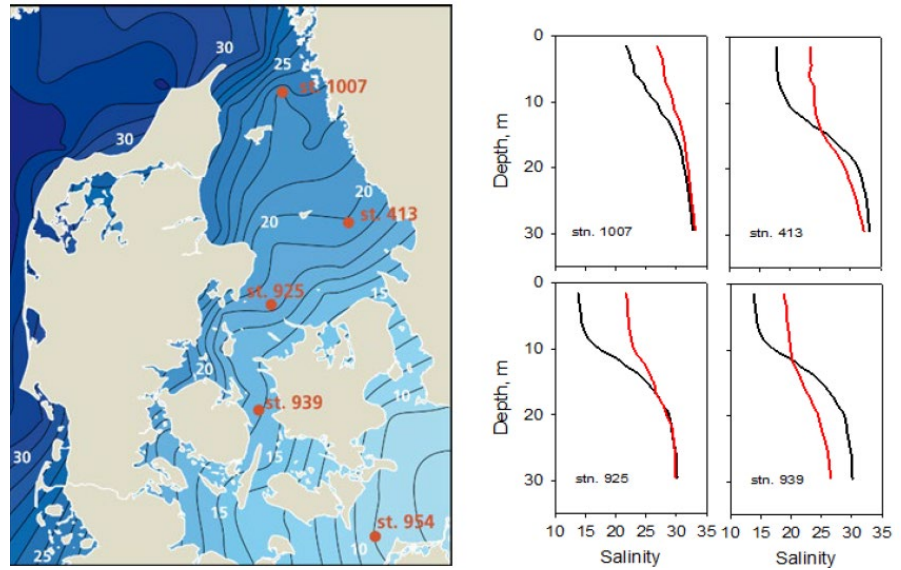
I forbindelse med dekommissioneringen af masten bad Vattenfall AU (Aarhus Universitet, Ecoscience) om at undersøge, hvordan det biologiske samfund havde udviklet sig på monopælen. Den første tentative plan var at optage masten i sommerperioden, men det var først muligt at gennemføre opgaven den 1. december 2024. På det tidspunkt havde masten stået på Store Middelgrund i 16 år.

Monopælstrukturer som MET-masten og tilsvarende vindmøllekonstruktioner bidrager med et kunstigt substrat, som strækker sig fra den eksponerede fotske zone ned til dybder, der er knap så eksponerede og lyspåvirkede. En monopæls lodrette glatte struktur er meget anderledes end det omkringliggende rev (her Store Middelgrund), der som andre rev har en meget kompleks tredimensionel struktur med forskellig stenstørrelse og makroalgeskove, der bidrager til at skabe talrige makro- og mikrohabitater.

I Kattegatområdet befinder monopælen sig i et område, hvor der kan forekomme stratificering af vandsøjlen, dvs. højere salinitet i den nedre del af vandsøjlen og lavere sommertemperaturer. Dette skyldes, at området fungerer som en opblandingszone for det (tunge) salte nordsøvand med det (lette) ferske østersøvand. Haloklinen ligger ofte omkring 15 meter, hvilket tyder på, at MET-mastens biota fortrinsvis har befundet sig ved lavere salinitet og ikke været så udsat for omskiftelige saltindhold.

Store Middelgrund ligger meget tæt på NOVANA-stationen 413, hvor den gennemsnitlige salinitet i den øvre del af vandsøjlen er ca. 19-20 promille om sommeren og 23-25 promille om vinteren, hvilket forventes at være ca. det samme på Store Middelgrund. Se figur 1.2.

Figur 1.2. Venstre: Gennemsnitlige salinitet i overfladen (0-5 m). Højre: Salinitetsprofiler igennem vandsøjlen på fire NOVANA-monitoringsstationer, bl.a. station 413. Rød kurve: vinter, sort kurve: sommer. Fra Dahl et al. (2003).



2 Formål

Den oprindelige projektplan var tiltænkt gennemført i sommerperioden. Fokus var på sammenligning af den biologiske begroning med data fra nærliggende NOVANA-stationer på Store Middelgrund, der indsamles på seks dybder årligt, samt at sammenligne kvantitative biomasseprøver indsamlet på tre forskellige dybder og på nord- og sydsiden ved hjælp af multivariat statistik med andre lignende prøver indsamlet af AU på danske rev.

Det meget sene undersøgelsestidspunkt gjorde sammenligning med andre kvantitative prøver fra stenrev irrelevant, idet det ikke ville være muligt at skelne årstidseffekt fra effekten af fundament versus naturlige stenrev. I tilgift viste det sig, at mange faunaorganismer, særligt søstjerne, slap monopælen i forbindelse med bjergningen, og de visuelle biologiske data indsamlet umiddelbart forud for bjergningen var ikke optimale for en biologiske artsbestemmelse pga. vanskelige hydrografiske forhold på stedet.

Formålet med undersøgelsen blev derfor tilpasset med vægt på:

- at opnå ny detaljeret viden om de biologiske arter og samfund, der udvikler sig på menneskeskabte strukturer såsom monopæle langs en dybdegradient og under mulige forskellige lysforhold på henholdsvis nord- og sydsiden af masten.
- at sammenligne de observerede artslistes på monopælen med tilsvarende artslistes fra stenrevet på Store Middelgrund under hensyntagen til observationsdybder og forskellige undersøgelsestidspunkter.

3 Indsamling og oparbejdning af biologisk materiale

MET-masten på Store Middelgrund blev fjernet i perioden 16. november-2. december 2024. Dekommissioneringen blev udført af firmaet ZITON med jack-up-fartøjet "Wind Pioneer".

Den undersøiske del af monopælen havde en diameter på ca. 2 meter og en længde på ca. 13 meter, som var dækket af begroning.

Monopælen blev løftet op af vandet søndag d. 1. december 2024, og prøvetagningen blev udført kort tid derefter.

Figur 3.1. Monopælen løftes ombord på Wind Pioneer.



3.1 Metode for indsamling af biologisk materiale

Der blev indsamlet biologiske prøver på tre forskellige dybder på monopælen og på de to sider, der vendte mod nord og syd. Prøverne blev indsamlet de steder på pælen, der havde været placeret på 2, 8 og 12 meters dybde. Der blev udtaget dubletprøver på hver dybde til artsbestemmelse og eDNA-analyser. I alt blev der indsamlet 12 prøver.

Derudover blev der indsamlet to store prøver med blandet biologisk materiale fra forskellige dybder – en fra sydsiden og en fra nordsiden. Indsamlingen foregik ved en grundig visuel inspektion af begroningen på pylonen kombineret med fotos (se nedenfor). Formålet var at sikre, at arter, der måske ikke blev registreret ved den systematiske indsamling i rammer, alligevel blev dokumenteret ved undersøgelsen.

De biologiske prøver blev udtaget ved at skrabe alt materialet af med en spatel (rengjort i vand og ethanol imellem hver prøve) fra et areal på 0,1 m² afgrænset af en fleksibel ring (figur 3.2). De biologiske skrabeprøver blev konserveret i ca. 70 % ethanol.

Figur 3.2. Blyring inden for hvilken biologisk materiale blev skrabet af.



3.2 Klassisk taksonomisk artsbestemmelse af skrabeprøver i laboratoriet

Artssammensætningen af makroalger og fauna blev efterfølgende bestemt i laboratoriet til det bedst mulige taksonomiske niveau. Artsbestemmelsen i laboratoriet blev udført vha. stereolup og mikroskop af en erfaren taksonom med brug af nyeste bestemmelseslitteratur og artsdatabaser som WORMS og Algaebase.

Efter at artsbestemmelsen af organismerne i prøverne var afsluttet, blev prøverne overbragt til DNA-laboratoriet.

3.3 ROV og foto til bestemmelse af arter og deres dækning

I forbindelse med planlægningen af dekommissioneringen af MET-masten blev der få dage, inden AU kom ombord på skibet, udført flere ROV-undersøgelser af personale fra ZITON. ROV-undersøgelserne omfattede både selve monopælen og den omkringliggende havbund.

Eftersom ROV-undersøgelserne blev udført, før AU kom ombord på skibet, var det ikke muligt at guide ROV-operatøren, så det indsamlede videomateriale var optimeret til brug for en taksonomiske bestemmelse af arter og deres dækning. Videooptagelserne blev efter togtet gennemset med henblik på at udtrække relevante oplysninger om større genkendelige arters dækning på henholdsvis masten og den omkringliggende hårbund.

Brugen af ROV gav praktiske udfordringer, da der var dårlig sigt, kablet blev viklet ind i monopælen, ROV-videoerne var ikke udført til brug for en biologisk vurdering af monopælen, og optagelserne var ikke struktureret i forhold til afstand til pæl, nord-syd retning og dybder.

Der blev taget et større antal fotos af monopælen på dæk. Fotos dækker henholdsvis sydsiden og nordsiden på hele dybden.

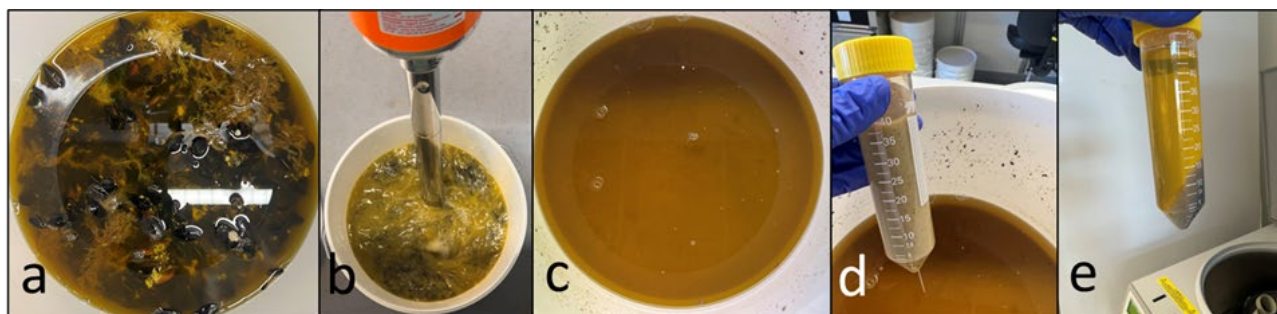
3.4 Analyse af eDNA

3.4.1 Prøvebehandling

De 12 skrabeprovér, der var konserveret i ethanol, blev hver især homogeniseret til en ensartet opløsning ved hjælp af en kraftig stavblender (MDH2000, Dynamic). Mellem prøverne blev blenderen rengjort med postevand for at fjerne alt synligt materiale. Derefter blev blenderens overflade steriliseret med en kloropløsning (0,05-0,50 %) og derefter med 96 % ethanol. Til sidst blev blenderen UV-bestrålet i 1 time for at ødelægge eventuelle resterende DNA-partikler. Suspenderet materiale i de homogeniserede prøver sedimenterede ved stuetemperatur natten over. Tre mindre delprøver blev derefter udtaget fra hver oprindelige skrabeprove ved hjælp af en 10 ml pipette og fordelt i 50 ml centrifugerør og derefter centrifugeret (3000 rpm i 5 minutter) for at fjerne ethanol i supernatanten. Dette trin blev gentaget tre gange for at sikre grundig fjernelse af supernatanten (figur 3.3). Prøverne blev derefter lufttørret i 2 timer ved stuetemperatur for at fjerne spor af ethanol og opbevaret ved -20 °C. Prøverne blev frysetørret i 72 timer og derefter homogeniseret i en bead beater med 15 metalperler med en diameter på 2,4 mm i tre gange 30 sekunder ved en hastighed på 4 m/s (Bead Ruptor Elite, Omni International).

3.4.2 DNA-ekstraktion og -sekventering

Efter homogenisering blev DNA ekstraheret med kittet DNeasy PowerLyser PowerSoil (QIAGEN) i henhold til kittets protokol med følgende mindre justeringer: Halvdelen af den anbefalede prøvemængde (125 mg i stedet for 250 mg) blev brugt til DNA-ekstraktion på grund af den "pulveragtige" konsistens af den homogeniserede prøve, som absorberede store mængder af PowerBead- og C1-opløsningerne, hvilket hæmmede homogenisering og vortexing. Kittet er udviklet til jordprøver, og da skrabeprovér indeholder langt mere organisk materiale og dermed DNA end jord, anses denne justering for forvarlig. Dette blev konfirmeret med kvantificering af DNA i et Qubit 4.0 fluorometer. DNA fra skrabeprovér blev fordelt i flere Eppendorf-rør og opbevaret ved -20 °C indtil metabarcoding-analyse.



Figur 3.3. Behandling af skrabeprovér før DNA-ekstraktion. a: Skrabeprove i en plastspand på 11,4 liter; b: homogenisering med stavblender; c: efter homogenisering; d: fordeling i 50 ml rør; e: efter centrifugering.

I alt 12 skrabeprovér blev analyseret ved hjælp af DNA-metabarcoding målrettet mitokondrielt DNA fra to forskellige organismegrupper, hhv. alle eukaryoter og invertebrater (tabel 3.1).

Tabel 3.1. Genom-region, der sekventeres, primere, sekvenser og referencer.			
Genom-region	Primere	Sekvenser	Referencer
18S rDNA/Eukaryoter	SSU F04	GCTTGTCTCAAAGATTAAGCC	Fonseca et al. 2010
	SSU R22	GCCTGCTGCCCTTCCTTGGA	
COI/Invertebrater	mICOIntF	GGWACWGGWTGAACWGTWTAYCCYCC	Leray et al. 2013
	jgHCO2198	TANACYTCNGGRTGNCCRAARAAYCA	

Efter amplificering med de gruppespecifikke primere (tabel 3.1) blev PCR-produkterne indekseret ved en anden PCR-amplifikation, generelt som beskrevet i Sapkota et al. (2023) med få ændringer i PCR2-protokollen.

PCR-amplifikationen blev udført i en 25 µl reaktionsblanding indeholdende KaPa HiFi HotStart ReadyMix 2x (Roche), forward- og reverse-primere, bovin serum albumin, PCR DNA/RNA-frit vand og DNA-template. PCR-cyklusbetingelserne bestod af en initial denaturering ved 98 °C i 2 minutter, efterfulgt af 25 cyklusser med denaturering ved 94 °C i 30 sekunder, annealing ved hhv. 65 °C, 57 °C og 48 °C for hhv. 18S rDNA og COI primere i 30 sekunder, forlængelse ved 72 °C i 30 sekunder og en afsluttende forlængelse ved 72 °C i 10 minutter.

Dette blev efterfulgt af en anden PCR (PCR2) for indeksering af PCR-produkterne. PCR-betingelserne var en initial denaturering ved 98 °C i 1 minut, efterfulgt af 13 cyklusser med denaturering ved 98 °C i 10 sekunder, annealing ved 55 °C i 20 sekunder, forlængelse ved 68 °C i 40 sekunder og en afsluttende forlængelse ved 68 °C i 5 minutter.

Størrelsen af PCR-produkterne blev bekræftet ved visualisering på en 1,5 % agarosegel farvet med SYBR Green. Herefter blev ampliconprodukterne oprenset ved hjælp af HighPrep™ Magnetic Beads ifølge producentens instruktioner. Koncentrationen af de oprensede ampliconer blev derefter bestemt ved hjælp af et Qubit 4.0 fluorometer. Amplicons blev puljet, og størrelsesfordelingen og koncentrationen af de puljede ampliconer blev kvalitetstjekket ved hjælp af TapeStation 4200 med D1000 ScreenTape assay (Agilent Technologies). Derefter blev DNA-produkterne sekventeret på Illumina MiSeq-platformen ved brug af V2 500-cyklus kemi (Illumina, USA) ved DCE, Aarhus Universitet.

3.4.3 Bioinformatik og dataanalyse

Sekventeringsdata fra Illumina MiSeq blev analyseret ved hjælp af QIIME2 ver. 2020.10.0 (Bolyen et al., 2019). Indledningsvist blev primersekvenser og aflæsninger efter 230 basepar fjernet fra både forward- og reverse-sekvenser for at fjerne lavkvalitetsbaser. Data blev filtreret, denoised, sammensat, tjekket for chimera og derepliceret ved hjælp af DADA2-pluginet i QIIME2 med standardparametre (Callahan et al., 2016). Taksonomisk klassificering af 18S rDNA ASVs (Amplicon Sequencing Variants) blev udført ved hjælp af SILVA rRNA-databasen (v. 138) (Quast et al., 2013). COI-ASVs blev BLAST'et mod BOLD public database ved hjælp af sekvens-id-værktøj (www.gbif.org).

Taksonomiske tildelinger blev kurateret for at øge sikkerheden af arts-/slægtsniveau-tildelinger. I alle tilfælde blev ikke-tildelte ASVs udeladt. ASVs med færre end 10 gentagelser på tværs af alle prøver blev fjernet for at reducere sandsynligheden for PCR- eller sekventeringsfejl. For COI-hvirvelløse dyr blev artsniveau-tildelinger foretaget, hvis ASV'en havde et identitetsmatch på ≥ 99 % over hele ampliconlængden, mens slægtsniveau-tildelinger blev foretaget ved identitetsmatch på ≥ 95 %. For 18S rDNA eukaryot-primeren blev tildelinger begrænset til slægtsniveau accepteret ved identitetsmatch ≥ 99 % over hele ampliconlængden. Arter identificeret under slægtsniveau blev udeladt fra videre analyse. Efter generering af den endelige ASV-tabel blev matricen konverteret til tilstedeværelse/fravær.

4 Data fra det nationale stenrevs overvågningsprogram

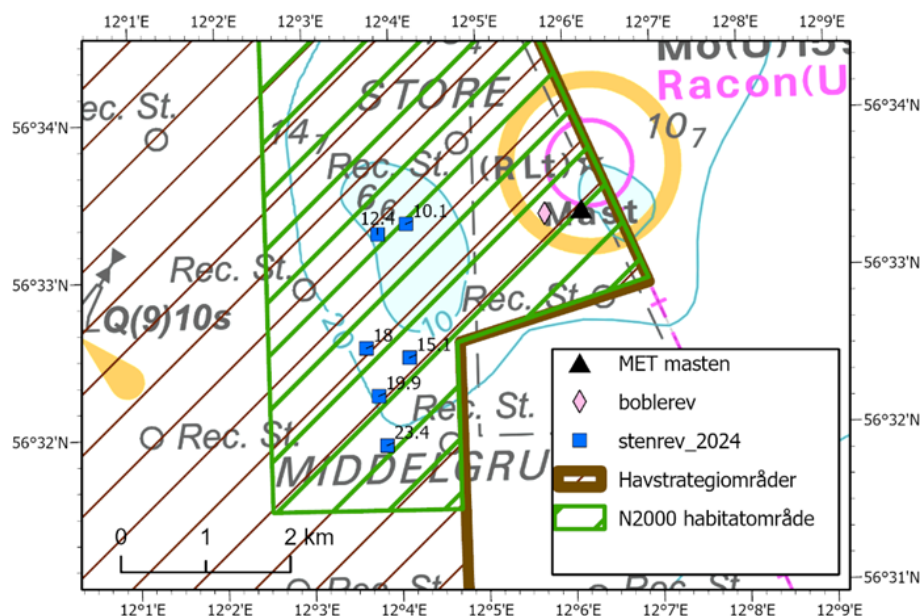
For at sammenligne artssammensætningen på MET-masten med artssammensætningen på det naturlige stenrev er der indhentet overvågningsdata fra det nationale overvågningsprogram NOVANA. Under NOVANA er der siden 1989 indsamlet information om arter og deres dækning på seks dybder på Store Middelgrund.

Overvågningen er fokuseret på stenrev på Store Middelgrund og er udført i henhold til teknisk anvisning M14 (Dahl & Lundsteen, 2018). Overvågningsstationernes placering og dybder kan ses i figur 4.1.

Overvågningen har i de seneste mange år fundet sted i slutningen af august, men tidligere også flere gange om året i april og juni. Til brug for denne undersøgelse er data fra 2024 på de to laveste dybder – 10 meter og 12,4 meter – hentet fra AU's stenrevsdatabase.

Afstanden mellem MET-masten og de to stationer, der er valgt til sammenligning, er ca. 2 km.

Figur 4.1. Placeringen af MET-masten (sort trekant) og NOVANA stenrevsstationer (stenrev 2024). Derudover er afgrænsningen af Natura 2000-området og de nærliggende boblerev angivet.



5 Resultater

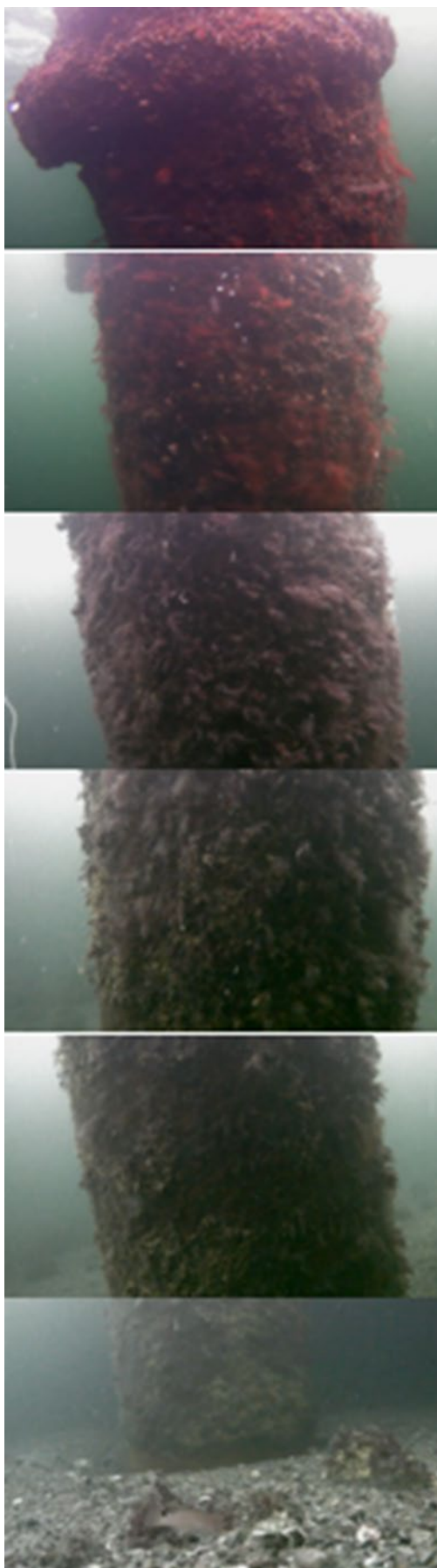
5.1 Beskrivelse af biologiske samfund ved ROV og foto

På ROV-videoerne blev der observeret blåmuslinger (*Mytilus edulis*), filamentøse alger, havsvampe (*Halichondria panicea*), søstjerner (*Asterias rubens*), havkarusser (*Ctenolabrus rupestris*) og almindelig strandkrabbe (*Carcinus maenas*).

Det var kun muligt at bestemme dækningsgraden af relativt få organisme-grupper.

I figur 5.1 ses sammensatte fotos fra ROV-optagelser af monopælen.

Figur 5.1. Fotos taget med ROV
fra bund til top på sydsiden.



Dækningsgraden blev vurderet på identificerbare organismer med udgangspunkt i fotos taget på dækket suppleret med det brugbare ROV-videomateriale. For at vurdere dækningsgraden blev monopælen inddelt i dybdezoner på 0-3 meter, 3-6 meter, 6-10 meter og 10-13 meter i retningerne nord og syd. Inddelingen i dybdezonerne tog udgangspunkt i observation af skift i de biologiske samfund.

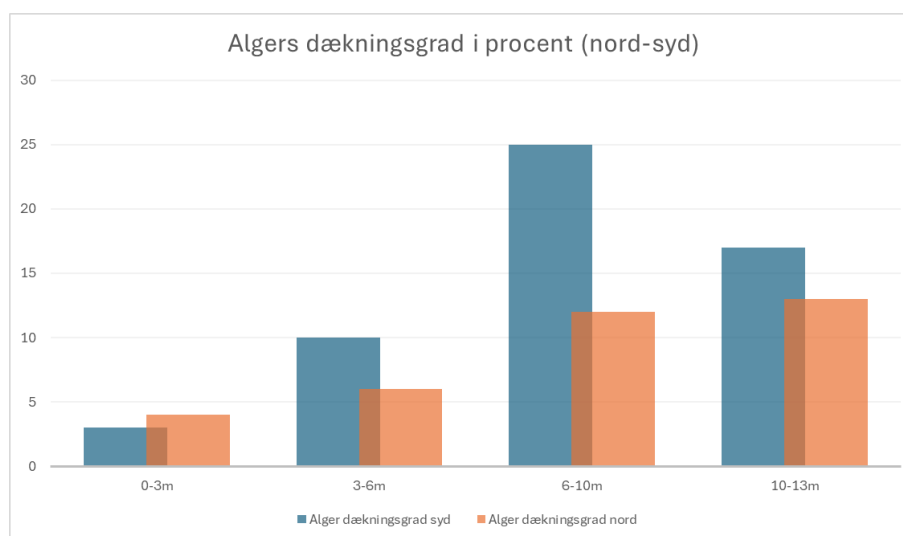
Tabel 5.1 viser dækningsgraden af udvalgte og genkendelige organismegrupper fordelt på de forskellige dybdeintervaller. Her er rur (*Balanidae*) inkluderet i bestemmelsen af dækningsgrader, selvom størstedelen af rursamfundet viste sig at være dødt, dvs. at rurhusene var tomme ved oparbejdning af skrabepróverne. Dækningsgrader for rur er inkluderet i tabel 5.1, da de repræsenterede det normale rursamfund på en monopæl, og rurene sandsynligvis er døde for nylig.

Tabel 5.1. Dækningsgrader (%) af samlet overfladeareal for makroalger og fauna og den samlede dækningsgrad vurderet på baggrund af fotos og ROV-videoer.

Arter	0-3 m syd	3-6m syd	6-10m syd	10-13m syd	0-3 m nord	3-6 m nord	6-10 m nord	10-13 m nord
<i>Filamentøse rødalger</i>	1	5	5	10	3	5	10	10
<i>Carradoriella elongata</i>	2	5	15	2	1	1	1	
<i>Delesseria sanguineus</i>			5	5			1	3
Dækningsgrad makroalger	3	10	25	17	4	6	12	13
<i>Asterias rubens</i>	2	3	1	1	3	3	1	1
<i>Aconthearia indet.</i>	1	2	5	5	10	10	30	10
<i>Mytilus edulis</i>	100	80	5		100	80	10	
<i>Balanidae</i>	1	10	30	10	5	10	50	3
<i>Halichondria panicea</i>			15	15			20	40
Dækningsgrad fauna	104	95	56	31	118	103	111	54
Samlet dækningsgrad	107	105	81	48	122	109	123	67

Den samlede dækningsgrad er højere i retning nord end i retning syd på tilsvarende dybdeintervaller (tabel 5.1). Den højere samlede dækningsgrad på nordsiden skyldes faunadelen. Der ses en tendens til, at dækningsgraden af fauna, som domineres af søanemoner og havsvampe og muligvis også rur, er højere i den nordlige retning. Modsat er dækningsgraden af makroalger højere på den sydvendte del af monopælen (figur 5.2).

Figur 5.2. Samlet dækningsgrad af makroalger syd og nord opdelt i dybdeintervaller. Rød: nord, blå: syd.

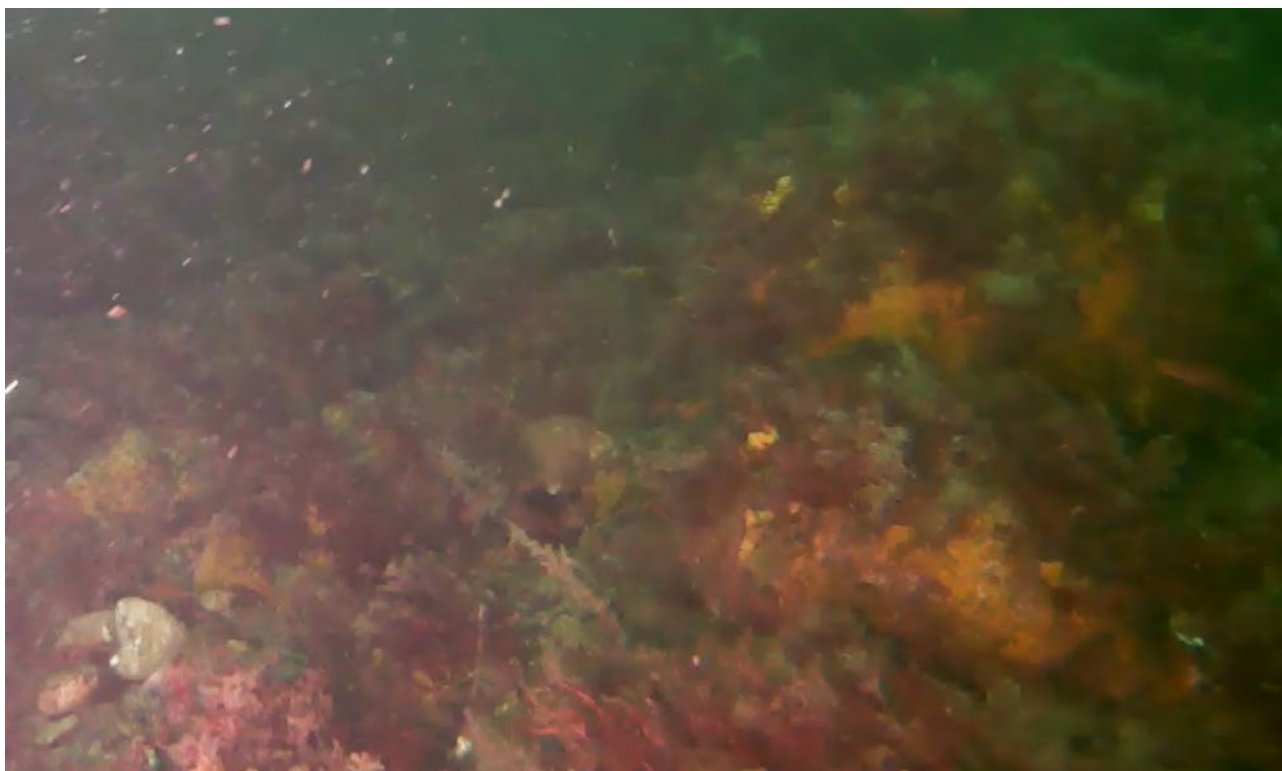


ROV-undersøgelser af havbunden omkring monopælen viste, at tæt på pælen var bunden meget domineret af grusede sedimenter, og det var tydeligt, at monopælen var dynamisk og i bevægelse i den nederste del.

ROV-undersøgelser ud til ca. 40 meters afstand fra pælen viste et diversit stenrev, som kendes fra NOVANA-undersøgelser i området. Det vurderes, at ROV-undersøgelsen af bunden omkring monopælen var i ca. samme dybdeinterval (13 meter). ROV-undersøgelsen viste, at revet bestod af sten i forskellige størrelser med en stor artsdiversitet domineret af større rødalgearter som blodrød ribbeblad (*Delesseria sanguinea*), bugtet ribbeblad (*Phycodrys rubens*), flerårige brune bladtangarter og skorpede formede alger. Af fauna sås bl.a. havsvampe, mosdyrsbelægninger og revfisk som havkarusser.

Dækningsgraden af makroalger på den omkringliggende hårbund var ca. 40-60 % på stenene, hvilket er ca. dobbelt så højt sammenlignet med den observerede dækningsgrad på den dybeste del af monopælen, som lå imellem 13-25 %.

Til sammenligning er der i august måned ved de årlige NOVANA-stenrevsundersøgelser observeret dækningsgrader af makroalger imellem 113-171 % i de seneste 10 år på ca. 13 meters dybde.



Figur 5.3. ROV-foto, eksempel på den stenede havbund omkring MET-masten.

5.2 Artsbestemmelse af indsamlede prøver

Der er ved den klassiske taksonomiske artsbestemmelse af skrabep prøverne fra de tre forskellige dybder samlet set registreret 15 forskellige makroalgearter og 42 faunaarter (taxa) (se bilag 1 for liste over arter og fund i de enkelte delprøver (2 meter, 8 meter og 12 meter)).

Der er ikke observeret markante forskelle imellem artsfund og antal arter i de enkelte delprøver, og på artslisten ses, at forskellene ofte skyldes mobile arter som snegle, krebsdyr og havbørsteorme. I den videre behandling af resultaterne er de to delprøver derfor puljet.

De fundne makroalger udgøres primært af rødalger. Rødalgerne bestod af filamentøse alger som korssky (*Antithamnion* sp.), rødtot (*Bonnemaisonia hamifera*), tæt rødsky (*Callithamnion corymbosum*), klotang (*Ceramium* sp.), fin ledtang (*Polysiphonia stricta*), havdun (*Pterothamnion plumula*), almindelig ledtang (*Vertebrata fucoides*) og pudderkvastalge (*Spermothamnion repens*). Større flerårige rødalgearter registreret var blodrød ribbeblad (*Delesseria sanguinea*), bugtet ribbeblad (*Phycodrys rubens*) og fligget rødblad (*Phyllophora pseudoceranoides*) samt den grove ledtangart langstrakt ledtang (*Carradoriella elongata*).

Derudover blev der fundet en enkel flerårig brun bladtang (*Laminaria* sp.) i ekstraprøven udtaget i retning syd samt grønalgen rørhinde (*Ulva* sp.) på 8 meter i retning nord.

I kontrast til makroalgerne var diversiteten af den fauna, som blev registreret på monopælen, meget høj og repræsenterede en lang række arter inden for grupperne havbørsteorme, hydroider, mosdyr, snegle og muslinger, krebsdyr og havsvampe.

På monopælen blev der fundet tre ikke hjemmehørende arter, som ofte ses på menneskeskabte strukturer som bøjler og havneanlæg etc. Arterne var japansk

skeletreje (*Caprella mutica*), registreret første gang i Nordsøen i 2005, brakvandsrur (*Amphibalanus improvisus*), som blev introduceret i midten af 1800-tallet til Østersøområdet, samt rødalgen rødtot (*Bonnemaisonia hamifera*), der kom til Europa fra Asien for over 100 år siden.

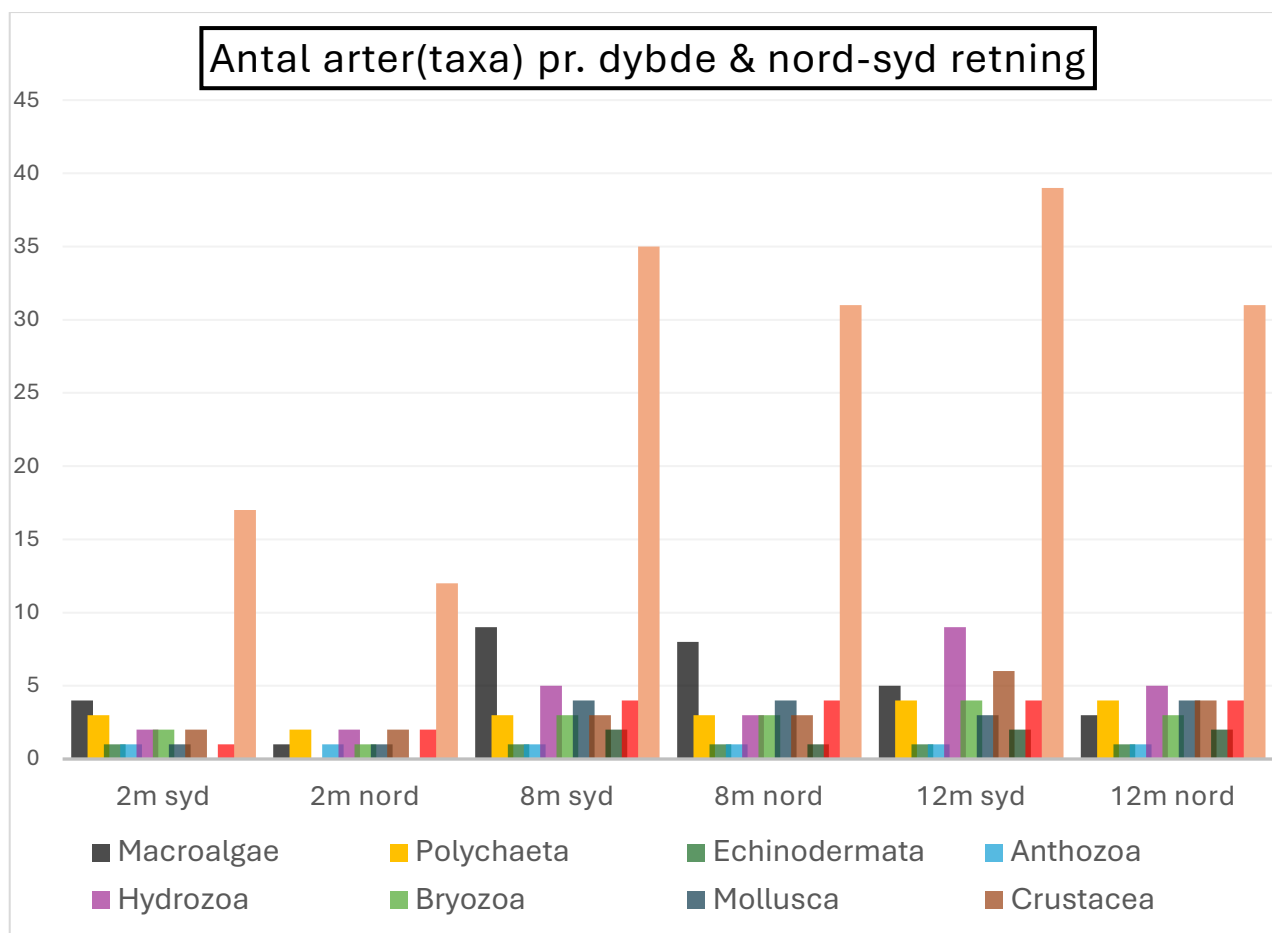
På baggrund af fotos og observationer på dækket blev størstedelen af biomassen vurderet til at bestå af blåmuslinger (*Mytilus edulis*), søstjerner (*Asterias rubens*), almindelig søanemone (*Metridium senile*) og brødkrummesvamp (*Halichondria panicea*). Store dele af monopælen var også dækket af kalkhuse fra brakvandsrur (*Amphibalanus improvisus*), hvoraf stort set alle var døde.

Figur 5.4 viser, hvordan antallet af arter var fordelt på artsgrupperne på de enkelte dybder (delprøver puljet) i retningerne syd og nord.

På 2 meters dybde blev der registreret flere arter på sydsiden end på nordsiden, hvilket primært skyldes et større antal rødalger på sydsiden (4 arter) end på nordsiden (1 art).

Den højeste biodiversitet blev registreret på 12 meters dybde på sydsiden (39 arter 7 taxa). Artsdiversiteten af polypdyr (*Hydrozoa*) var meget høj (9 taxa). og der blev bl.a. observeret *Callopora syringa*, *Clava multicornis*, *Ectopleyra larynx*, *Eudendrium sp.*, *Coryne pussila* og forskellige *Obelia*-arter.

På alle tre dybder blev der registreret flere arter på sydsiden end på nordsiden og ca. en dobbelt så stor artsdiversitet ved 8 og 12 meter end ved 2 meter.



Figur 5.4. Antal arter fordelt på grupper og samlet på de enkelte dybder i retningerne nord og syd.

5.3 Sammenligning af resultater fra DNA-analyser og klassisk taksonomisk artsbestemmelse

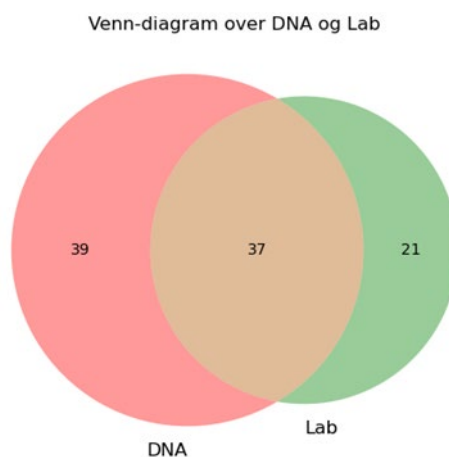
Der blev vha. eDNA-analyserne detekteret et stort antal arter. For at kunne sammenligne resultaterne fra klassisk taksonomisk artsbestemmelse af biota på monopælen med eDNA-resultaterne blev mikroskopiske zoo- og fytoplankton arter samt pelagiske arter som fisk og gopler udeladt.

I bilag 9.2 findes lister over arter, der er registreret vha. eDNA puljet fra de forskellige delprøver, sammenlignet med artsfund på baggrund af taksonomiske undersøgelser.

Der blev registreret 76 arter/taxa ved eDNA og 58 arter/taxa ved klassisk taksonomisk artsbestemmelse (lab).

Overlap af antal artsfund imellem de forskellige analysemetoder ses i figur 5.5.

Figur 5.5. Fordeling af arter fundet ved henholdsvis eDNA-analyse (DNA) og klassisk taksonomisk artsbestemmelse (Lab).



Figur 5.5 viser et relativt stort overlap imellem fund (37 arter/taxa), og det ses, at de to metoder supplerer hinanden med identifikation af forskellige arter.

Ved hjælp af eDNA-analysen findes flere arter af mindre børsteorme (Polychaeta) samt flere forskellige arter tanglopper (*Amphipoda*), som det ikke var muligt at bestemme i laboratoriet, samt en del små rødalgarter.

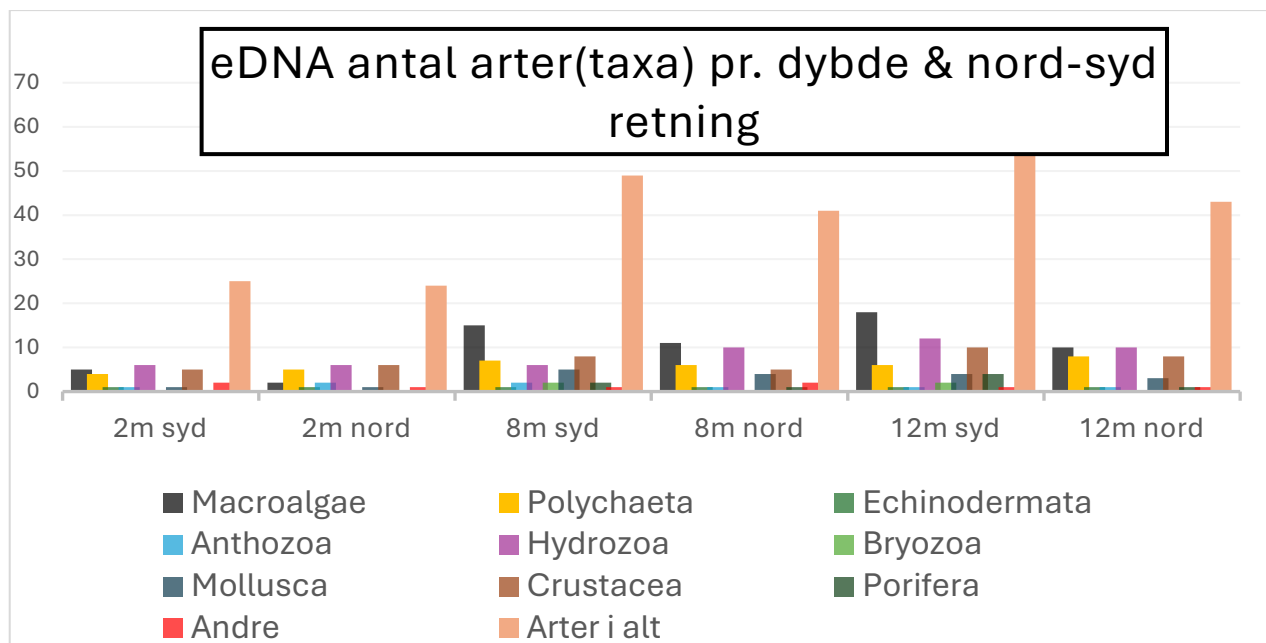
Blandt de 21 arter, som ikke blev registreret med eDNA, men kun ved den klassiske taksonomiske artsbestemmelse, var bl.a. brunalger (Ochrophyta) og grønalger (Chlorophyta).

Der blev også registreret fem ikke hjemmehørende arter vha. eDNA: rødtot, *Bonnemaisonia hamifera*, havbørsteormen, *Alitta succinea*, brakvandsrur, *Ampeliscus improvisus*, marmorert tangloppe, *Jassa marmorata*, og den forholdsvis sjældne orangestribede søanemone, *Diadumene lineata*.

Figur 5.6 viser, hvordan antal arter var fordelt på artsgrupperne på de enkelte dybder (delprøver og resultater fra COI/18S puljet) i retningerne syd og nord.

Figur 5.6 viser samme tendenser som i figur 5.4, der illustrerer resultatet af den klassiske taksonomiske artsbestemmelse. Der er generelt flere arter på den sydlige side af monopælen, hvor det største antal er fundet i 12 meters dybde i retning syd, og der er flere arter af makroalger i retning syd end nord.

Der er registreret et stort antal rødalgearter vha. eDNA (21) sammelignet med den klassiske taksonomiske artsbestemmelse, hvor der kun blev identificeret 12 arter.



Figur 5.6. Antal arter (eDNA) fordelt på grupper og samlet på de enkelte dybder i retningerne nord og syd

5.4 Artsdiversitet på det naturlige stenrev på Store Middelgrund

På det naturlige stenrev tæt ved masten blev der i 2024 identificeret 32 makroalgearter og 29 faunaarter (bilag 3). På revet er alle arter hjemmehørende, med undtagelse af rødalgen *Bonnemaïsonia hamifera*.

I tabel 5.2 og tabel 5.3 ses dækningsgraden af makroalger og faunaarter på Store Middelgrund på henholdsvis 10 meter og 12,4 meter i 2024.

Dækningsgraden af makroalger er meget høj i august, mens der for fauna ses meget lave dækningsgrader med undtagelse af brødkrummesvamp og enkelte mosdyrsarter (Bryozoa).

Tabel 5.2. Dækningsgraden af makroalger på 10 m og 12,4 m i 2024.

ALGER	Arter (taxa)	10 m 2024	12,4 m 2024
Rhodophyta	<i>Acrochaetium</i> sp.		0,1
Rhodophyta	<i>Ahnfeltia plicata</i>	0,1	
Rhodophyta	<i>Bonnemaisonia hamifera</i> lign.		10
Rhodophyta	<i>Callithamnion corymbosum</i>		0,1
Rhodophyta	<i>Carradoriella elongata</i>	2	0,1
Rhodophyta	<i>Ceramium</i> sp.	0,1	
Rhodophyta	<i>Ceramium virgatum</i>	40	0,1
Rhodophyta	<i>Chondrus crispus</i>	2	5
Rhodophyta	<i>Coccotylus truncatus</i>		0,1
Rhodophyta	<i>Corralina officinalis</i>	0,1	2
Rhodophyta	<i>Cystoclonium purpureum</i>	5	
Rhodophyta	<i>Delesseria sanguinea</i>	5	15
Rhodophyta	<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>		0,1
Rhodophyta	<i>Lithothamnion glaciale</i>		10
Rhodophyta	<i>Membranoptera alata</i>	2	
Rhodophyta	<i>Phycodrys rubens</i>	40	1
Rhodophyta	<i>Plumaria plumosa</i>		0,1
Rhodophyta	<i>Phyllophoracea</i> (<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>)	70	10
Rhodophyta	<i>Pterothamnion plumula</i>	0,1	10
Rhodophyta	<i>Red calcified crust</i>	50	40
Rhodophyta	<i>Red crust</i>	30	40
Rhodophyta	<i>Spermothamnion repens</i>	30	10
Rhodophyta	<i>Vertebrata byssoides</i>	8	5
Rhodophyta	<i>Vertebrata fucoides</i>	2	3
Chlorophyta	<i>Chaetomorpha melagonium</i>	0,1	0,1
Phaeophyta	<i>Chaetopteris plumosa</i>	0,1	0,1
Phaeophyta	<i>Desmarestia aculeata</i>		0,1
Phaeophyta	<i>Halidrys siliquosa</i>	10	75
Phaeophyta	<i>Laminaria digitata</i>	0,1	1
Phaeophyta	<i>Saccharina latissima</i>		2
Phaeophyta	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	1	40

Tabel 5.3. Dækningsgraden af makroalger på 10 m og 12,4 m i 2024

FAUNA	Arter(taxa)	10 m 2024	12,4m 2024
Polychaeta	<i>Spirorbinae indet.</i>	0,1	0,1
Polychaeta	<i>Spirobranchus triqueter</i>	0,1	
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>	0,1	0,1
Echinodermata	<i>Echinus esculentus</i>		0,1
Echinodermata	<i>Psammechinus miliaris</i>		0,1
Anthozoa	<i>Aconthearia(Metridium senile)</i>		
Anthozoa	<i>Sagartiogeton undatus</i>	0,1	
Hydrozoa	<i>Clytia hemispherica</i>	0,1	0,1
Hydrozoa	<i>Obelia geniculata</i>	0,1	0,1
Hydrozoa	<i>Obelia longissima</i>	0,1	
Hydrozoa	<i>Sertularella rugosa</i>		0,1
Hydrozoa	<i>Sertularia cupressina</i>	0,1	
Bryozoa	<i>Alcyonidium diaphanum</i>	0,1	
Bryozoa	<i>Alcyonidium gelatinosum</i>		0,1
Bryozoa	<i>Alcyonidium hirsutum</i>	0,1	
Bryozoa	<i>Amphiblestrum auritum</i>		0,1
Bryozoa	<i>Crisia sp.</i>		0,1
Bryozoa	<i>Electra pilosa</i>	60	10
Bryozoa	<i>Escharella immersa</i>		0,1
Bryozoa	<i>Membranipora membranacea</i>	1	1
Bryozoa	<i>Plagioecia patina</i>		0,1
Bryozoa	<i>Securiflustra securifrons</i>	0,1	
Mollusca	<i>Hiatella arctica</i>	0,1	
Mollusca	<i>Littorina littorea</i>	0,1	0,1
Mollusca	<i>Polyplacophora indet.</i>		0,1
Crustacea	<i>Balanus balanus</i>	0,1	0,1
Crustacea	<i>Caprella linearis</i>		0,1
Crustacea	<i>Carcinus maenas</i>	0,1	0,1
Porifera	<i>Halichondria panicea</i>	30	5

6 Diskussion

Optagningen af meteorologimasten fandt sted den 1. december 2024 efter flere udsættelser af opgaven. Desværre var tidspunktet, hvor monopælen endelig lå på dækket, mange måneder senere end det tidspunkt, hvor overvågning af hårdbundsflora og -fauna skal finde sted. I henhold til de tekniske retningslinjer skal overvågningen foregå mellem 1. august og 5. september. Mange makroalger er enårige, og langt de fleste har deres optimum i forårshalvåret. Andre flerårige arter mister dele af thallus hen over vinteren og har derfor en lavere dækning på det hårde substrat. Det sene tidsrum for undersøgelsen kan derfor give et andet billede af artssammensætningen og dækningen, end hvis undersøgelsen var gennemført om sommeren.

6.1 ROV-undersøgelsen

ROV-undersøgelser er med succes brugt til at beskrive overordnede samfund på forskellige bundtyper og på monopæle inden for vindmølleparker (Kriegers Flak: Dahl et al., 2025b, Anholt: Dahl et al., 2025a). Videooptagelser fra ROV-arbejde har sin styrke, når store arter af alger og dyr er til stede i et enkelt lag. Der er også andre tilfælde, hvor værdien af ROV-optagelser har vist sig at være begrænset eller endog meget begrænset, hvor fine trådformede alger dækker for fauna og flerårige makroalger (Taarbæk Rev: Dahl et al., 2022). Ved denne undersøgelse var det ikke muligt at afgøre, om størsteparten af rurhusene på monopælen var tomme. Det kunne først konstateres, da pælen var taget op og undersøgt visuelt i forbindelse med skrabeprovtagningen.

I denne undersøgelse havde muligheden for at kombinere ROV-observationer i vandet med faktiske observationer af arter vha. fotos af monopælen på dækket været optimal i forhold til vurderingen af dækningsgrader. En forudsætning for dette ville være, at ROV-undersøgelsen havde været udført efter de behov, man har for en videnskabelig undersøgelse, hvilket først og fremmest havde være en kort afstand fra monopælen, en langsom hastighed af ROV'en – evt. med stop undervejs for at sikre optimale billedoptagelser af arter. Den konkrete afstand mellem ROV og objekt afhænger af det anvendte kamera. Angivelse af dybde i det optagne videomateriale er også vigtigt. Undersøgelsen var udfordret af strømforhold, meget marint sne i vandet og problemer med kablet. Problemer med marint sne kan minimeres med monteret belysning fra siderne og igen en kort afstand mellem ROV-kameraet og objektet, der undersøges.

6.2 Artsidentifikation fra skrabepøverne

De registrerede makroalger var generelt små og svære at identificere pga. årstiden. Makroalgernes størrelse og repræsentation medførte, at fund ikke er sammenlignelige med alger, der registreres i samme område i forbindelse med NOVANA-stenrevsmonitoringen på Store Middelgrund i august måned. Dette medførte, at arter manglede (vinterform/1-årige), at små arter var svære at identificere, og at biomassen var meget lille.

I de indsamlede prøver viste der sig at være meget lidt forskel i fund af antal arter i de to delprøver for såvel de klassisk taksonomiske artsbestemmelser og eDNA-analyserne. Dette tyder på en lille variation i artssammensætningen i de enkelte dybder og retning syd/nord.

Større algedækning, større dækning af flerårige algearter og flere algearter på sydsiden hænger sandsynligvis sammen med, at den direkte lysindstråling er størst på sydsiden, hvor der ikke er en skyggeeffekt af tårnet, når indstrålingen er størst.

Der er også en markant effekt af dybden, idet der var lavere artsdiversitet på 2 meters dybde for såvel makroalger som fauna og en meget lav dækningsgrad af makroalger på 2 meter, hvor blåmuslinger dominerede monopælen. Samme effekt blev observeret på monopæle i vindmølleparkerne Krigers Flak og Anholt (Dahl et al., 2025a,b).

På naturlige rev og langs kysterne ser man færre algearter og en lavere kumulativ dækning af algevegetation på lav vanddybde. Dette skyldes den fysiske eksponering fra vind og bølger og mulig udtørring, der betyder højt fysisk stress for algerne (Petersen et al., 2005))

Brugen af klassisk taksonomi i kombination med eDNA bidrager til et mere fyldestgørende billede af, hvilke arter der er repræsenteret på monopælen, og Venn-diagrammet viser et pænt overlap af artsfund ved de to forskellige metoder.

6.3 Brug af eDNA-metoder

Ved vurdering af artsfund registeret ved DNA-metoder som DNA-metabarcoding skal man være opmærksom på forskellige muligheder/risiko for fejl-registreringer.

Her blev brugt gruppespecifikke primere målrettet to forskellige organisme-grupper, eukaryoter og invertebrater. eDNA-analyserne i dette projekt er målrettet organismerne i skrabepøverne og ikke de pelagiske organismer. Der var dog forskel i artsfund ved brug af de to forskellige primere, dvs. at de ikke altid helt kunne detektere samme art entydigt i prøven. Dette skyldes muligvis, at teknikken stadig er under udvikling, og at referencebibliotekerne ikke er fuldstændige og under stadig udvikling. Erfaringer med brugen af metabarcoding viser bl.a., at lav abundans af en art giver et svagt signal, at ikke alle primere er lige egnede, og at der er behov for videreudvikling af bioinformatikken (referencebiblioteket) (Sapkota et al., 2023)

6.4 Sammenligning af artsdiversitet på MET-masten og naturligt rev

Monopælen på MET-masten spænder over dybder fra 0 til 13 meter og sammenlignes her med data fra to NOVANA-stenrev stationer på henholdsvis 10,1 og 12,4 meters dybde, som blev undersøgt i august 2024. Se arter og antal i bilag 3.

NOVANA-stenrevsovervågningen foregår på et større areal (25 m²) med eftersøgning af arter og beskrivelse af deres dækning og efterfølgende artsidentifikation/verifikation af de indsamlede prøver i laboratoriet. Til sammenligning er der kun undersøgt ca. 1,2 m² på henholdsvis 2, 8 og 13 meters dybde på monopælen.

Ved sammenligningen af artsfund bør man også tage højde for, at monopælen dækker fund over en stor dybdegradient på 0-13 meter, mens det ved stenrevsmonitoringen undersøges to velafgrænsede dybder.

På monopælen blev der fundet 14 arter af makroalger ved den klassiske taksonomiske artsidentifikation, mens der på stenrevet blev registeret i alt 30

arter. Denne forskel kan skyldes forskel i prøvetagningstidspunktet, idet der observeres flere større identificerbare makroalger i sommermånederne, hvilket også er afspejlet i den tekniske NOVANA-anvisning for stenrevsovervågning, M14 (Dahl & Lundsteen, 2018). Forskellen kan imidlertid også skyldes, at den vertikale vækst på masten udgør et mindre attraktivt habitat for makroalger end stenrev, hvilket understøttes af den højere algedækning, der blev observeret med ROV på samme tidspunkt på revet. Ved sammenligning med fund af makroalger vha. eDNA-analyserne er forskellen på antal artsfund ikke så stor, da der blev registeret 21 arter af makroalger, men eDNA-analyserne har dog kun registeret rødalger og ingen brun- og grønalger.

For at kunne sammenligne faunaen er artsfund på MET-masten såsom havbørsteorme i kalkrør (*Polychaeta*), mindre sneglegrupper (*Hydrobia* og *Rissoa/Rissoidae*) samt tanglopper (*Amphipoda*) udeladt, da de ikke indgår i NOVANA-stenrevsovervågningen. I modsætning til makroalger blev der registreret flere arter af fauna på masten end på det naturlige rev. Der blev fundet 32 faunaarter på masten og samlet 29 forskellige arter på 10 meter og 12,4 meter. Her kan mastens vertikale struktur have betydning for, hvilke arter der trives. Data viser bl.a. en tendens til, at polypdyr (*Hydrozoa*) trives bedst på monopælen, mens mosdyr (*Bryozoa*) trives bedst på de mere komplekse stenrevsstrukturer. Samtidigt ses det, at arter, der ofte er tilknyttet menneskeskabte strukturer, som fx det ikke hjemmehørende krebsdyr *Caprella mutica* og arterne *Jassa marmorata* og sønellike (*Metridium senile*) optræder på monopælen, men ikke på revet.

Om den vertikale struktur og den store dybdegradient, som monopælen dækker over, også havde betydning for fundet af antallet af faunaarter, sammenlignet med fund på revet på et mindre dybdeinterval, er ikke entydigt, men data fra denne undersøgelse viser en tendens til, at det ikke er de samme arter, der optræder i de to forskellige habitater.

6.5 Sammenligning med viden fra vindmøllemonopæle

Forskellige undersøgelser af vindmøllemonopæle viser, at de biologiske samfund, der udvikler sig over tid, er forholdsvis ensartede (Degraer et al., 2020). Den nye hårde struktur bliver koloniseret af hårbundsfaunaarter og makroalger. Monopælstrukturer kan give mulighed for to forskellige typer kunstige habitater, den hårde vertikale struktur (som på MET-masten) og en hård horisontal struktur, der kan være meget forskellige, hvis der er samlinger eller andre strukturer på monopælen.

Som observeret ved nye strukturer, der sættes ud i havet (stenrev, havnekonstruktioner og andre offshore menneskeskabte strukturer), sker der en hurtig kolonisering, men først efter en årrække er der udviklet et forholdsvis stabilt biologisk samfund.

I et 10-årigt langtidsstudie beskriver Kerckhof et al. (2019), at koloniseringen af monopælstrukturer ofte gennemgår en succession – først "pionerfasen" (0-2 år) med få tidlige arter, efterfulgt af "mellemfasen" (3-5 år), som består af mange forskellige arter af suspensionsædere, og en "klimaksfase", som domineres af muslinger og søanemoner. Det antages, at MET-masten har nået et klimakssamfund på prøvetagningstidspunktet efter 16 år.

For klimaksstadiet viser undersøgelser fra andre offshore-fundamenter tilsvarende, at muslinger blandet med hydroider og søanemoner dominerer den

vertikale struktur, og at det ensartede habitat domineres af få konkurrencedygtige arter (Mesel et al., 2015).

For faunaarter beskrives zoneringsen på vindmøllefundamenter ofte som følgende: Bølgesprøjtezone domineres af rur, derefter følger tidevandszone, hvor pælen domineres af muslinger (og makroalger) og rur, hvorefter der følger en zone, der domineres af filtrerende krebsdyr og søanemoner (Degraer, 2020). Observationer fra MET-masten følger delvist dette mønster med dominans af blåmuslinger (og få trådformede rødalger) nær havoverfladen, en zone med rur og søanemoner og herefter en stor forekomst af brødkrummesvampe tæt på bunden.

Ved ROV-undersøgelse af tre monopæle i Anholt vindmøllepark udført i maj 2023 (Dahl et al., 2025) viste biotasammensætningen på monopælene sig også at være markant anderledes efter ca. 12 år, end hvad der kendes fra undersøgelser på naturlige rev i de danske farvande. I Anholt vindmøllepark er den gennemsnitlige salinitet ca. 20 promille (tilsvarende den ved MET-masten), og monopælene havde en længde på ca. 16 meter. Biologien på monopælene i Anholt-parken var på hovedparten af monopælen domineret af fauna og ikke alger. Derudover havde vegetationen ikke den store dybdeudbredelse, som man ser på naturlige rev. Zoneringsen var tydelig, hvor de øverste ca. 5 meter havde algevegetation bestående af røde og brune filamentøse alger samt lidt større rød- og brunalger (primær blodrød ribbeblad (*Delesseria sanguinea*) og strengetang (*Chorda filum*) sammen med blåmuslinger og rur. Derefter fulgte en zone (7-15 meter) domineret af sønelliike samt blåmuslinger, rur og brødkrummesvamp.

I Østersøområdet ved vindmølleparken Kriegers Flak blev der i 2024 udført tilsvarende ROV-undersøgelser af tre vindmøllemonopæler. Området er kendetegnet ved en salinitetsgradient, med ca. 8 promille ved overfladen og 17 promille på 17 meter (Dahl et al., 2003). Her skiller samfundet på monopælen sig ud sammenlignet med undersøgelser fra mere højsaline områder, da østersøblåmuslingen (*Mytilus trossulus*) dominerer hele monopælen, suppleret med filamentøse alger de øverste par meter på den ene af de undersøgte monopæle.

På Kriegers Flak vindmøllepark blev der ikke detekteret rødalger vha. eDNA, hvilket sandsynligvis skyldes, at skrabepøverne her kun blev udtaget på de øverste 2 meter af monopælen, der – som MET-masten – var fuldstændig dækket af blåmuslinger.

7 Konklusion

Det biologiske samfund viste:

- at der samlet set blev registreret lidt flere makroalge-og faunaarter på sydsiden end på nordsiden og samlet set flere arter på 8 og 12 meters dybde end ved overfladen ved hjælp af såvel klassisk taksonomisk artsbestemmelse og eDNA-analyse.
- at dækningsgraden af makroalger var højest i sydgående retning og højest imellem dybderne 6 til 10 meter.
- at kombineret brug af klassisk taksonomisk artsbestemmelse og DNA-analyser supplerer hinanden i tilvejebringelse af viden om arts-sammensætningen af det biologiske samfund på masten.
- at monopælens habitat er anderledes end det omkringliggende sten-rev i forhold til artssammensætning og dominerende arter.
- at udviklingen af det biologiske samfund på monopælen er sammen-lignelig med fund fra andre undersøgelser på vindmøllefundamen-ter.

8 Referencer

- Bolyen, E., Rideout, J.R., Dillon, M.R., Bokulich, N.A., Abnet, C.C., Al-Ghalith, G.A., Alexander, H., Alm, E.J., Arumugam, M., Asnicar, F., Bai, Y., Bisanz, J.E., Bittinger et al. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat. Biotechnol.* 37: 852–857.
- Callahan, B.J., McMurdie, P.J., Rosen, M.J., Han, A.W., Johnson, A.J.A. & Holmes, S.P. (2016). DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nat. Methods* 13: 581–583.
- Dahl, K. & Lundsteen, S. (2018). Makroalger og hårbundsfauna på sten- og boblerev Teknisk Anvisning (TA) nr. 14, DCE, Aarhus Universitet https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Marin/TA_M14__Makroalger_og_bundfauna_paa_sten-og_boblerev_ver1.pdf
<http://dce2.au.dk/pub/SR344.pdf>
- Dahl, K., Lundsteen, S. & Helmig, S. (2003). Stenrev, havbundens oaser. Gads Forlag. <https://www.stenrev.dk/media/69249/stenrev-havets-oaser.pdf>
- Dahl, K, Stæhr, P.A.U, Buur, H & Göke, C. (2022). Biologiske undersøgelser på Taarbæk Rev. Aarhus Universitet, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. Teknisk rapport nr. 255.
- Dahl, K., Robinson, B.J.O., Buur, H., Andersen, K.R., Andersen, N.R., Göke, C., Hansen, J.L.S. & Winding, A. (2025a). Anholt wind farm's impact on benthic biodiversity at turbine and wind farm level Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 47 pp. Technical Report No. 330.
- Dahl, K., Buur, H., Andersen, K.R., Göke, C., Stæhr, P.A.U., Koziol, A., Sapkota, R. & Winding, A. (2025b). Marine biodiversity related to establishment of offshore wind turbines. A case study from Kriegers Flak in the western Baltic Sea. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 40 pp. Scientific Report No. 643
- Degraer, S., Carey, D.A., Coolen, J.W.P., Hutchison, Z.L. Kerckhof, F. Rumes, B. & Vanaverbeke, J. (2020). Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and Synthesis. *Oceanography* 33(4).
- Fonseca, V.G., Carvalho, G.R., Sung, W., Johnson, H.F., Power, D.M., Neill, S.P., Packer, M., Blaxter, M.L., Lamshead, P.J.D., Thomas, W.K. & Creer, S. (2010). Second-generation environmental sequencing unmasks marine metazoan biodiversity. *Nat. Commun.* 11(1): 1–8.
- Kerckhof, F., Rumes, B. & Degraer, S. (2019). About “mytilisation” and “slime-ification”: A decade of succession of the fouling assemblages on wind turbines off the Belgian coast. Pp. 73–84 in *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation*. S. Degraer, R. Brabant, B. Rumes, and L. Vigin, eds., Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, Brussels. Kingsbury, R. 1981.

Leray, M., Yang, J.Y., Meyer, C.P., Mills, S.C., Agudelo, N., Ranwez, V., Boehm, J.T. & Machida, R.J. (2013). A new versatile primer set targeting a short fragment of the mitochondrial COI region for metabarcoding metazoan diversity: Application for characterizing coral reef fish gut contents. *Front. Zool.* 10, 34.

Mesel, I.D., Kerckhof, F., Norro, A., Rumes, B. Degraer, S. (2015). Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. *Hydrobiologia* 756: 37-50.

Petersen, J.K., Hansen, O.S., Henriksen, P., Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Dahl, K., Josefson, A.B., Hansen, J.L.S., Middelboe, A.L. & Andersen, J.H. (2005). Scientific and technical background for intercalibration of Danish coastal waters. National Environmental Research Institute, Denmark. 72 pp. NERI Technical Report No. 563

Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., Peplies, J. & Glöckner, F.O. (2013). The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Res.* 41, D590-6.

Sapkota, R., Winding, A., Stæhr, P. A., Andersen, N. R., & Buur, H. (2023). Use of metabarcoding to detect non-indigenous species in Danish harbors: Technical Report from DCE–Danish Centre for Environment and Energy No. 267.

Bilag

Bilag 1: Artsfund v. klassisk taksonomisk artsbestemmelse i de forskellige delprøver

	Arter	A1_2m syd	A2_2m syd	A3_2m nord	A4_2m nord	B1_8m syd	B2_8m syd	B3_8m nord	B4_8m nord	C1_12m_s yd	C2_12m syd	C3_12m nord	C4_12m nord	Nord vilkårlig	Syd vilkårlig
Rhodophyta	<i>Antithamnion sp.</i>					1	1	1	1						
Rhodophyta	<i>Bonnemaisionia hamifera</i>									1	1	1	1		
Rhodophyta	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1	1		1									1	1
Rhodophyta	<i>Ceramium sp.</i>	1	1			1								1	1
Rhodophyta	<i>Cystoclonium purpureum</i>														1
Rhodophyta	<i>Delesseria sanguinea</i>					1	1	1	1	1	1	1		1	1
Rhodophyta	<i>Phycodrys rubens</i>											1			
Rhodophyta	<i>Polysiphonia elongata</i>	1	1				1	1	1	1	1			1	1
Rhodophyta	<i>Polysiphonia stricta</i>						1	1							1
Rhodophyta	<i>Phytophora pseudoseranoides</i>					1			1		1			1	1
Rhodophyta	<i>Pterothamnion plumula</i>									1	1				
Rhodophyta	<i>Spermothamnion repens</i>					1	1		1					1	1
Rhodophyta	<i>Vertebrata fucoides</i>	1	1			1	1	1	1					1	1
Chlorophyta	<i>Ulva sp.</i>								1						
Phaeophyta	<i>Ectocarpus lign.</i>						1								
Phaeophyta	<i>Laminaria sp.</i>														1
Polychaeta	<i>Lagisca propique</i>	1	1			1	1	1		1			1		1
Polychaeta	<i>Nereimyra punctata</i>					1	1						1		
Polychaeta	<i>Neries pelagica</i>		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Polychaeta	<i>Phyllodoce indet.</i>		1		1			1		1		1	1		
Polychaeta	<i>Spirobranchus triqueter</i>									1					
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>	1				1	1	1	1		1	1		1	1
Anthozoa	<i>Actiniaria indet. (Metridium senile)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Hydrozoa	<i>Athecate hydrozoa</i>						1								
Hydrozoa	<i>Callopora syringa</i>									1	1				
Hydrozoa	<i>Clava multicornis</i>					1	1		1		1	1		1	1
Hydrozoa	<i>Clytia hemispherica</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hydrozoa	<i>Ectopleura larynx</i>									1		1	1	1	
Hydrozoa	<i>Eudendrium sp.</i>									1	1	1	1	1	
Hydrozoa	<i>Coryne pussila</i>	1	1							1					
Hydrozoa	<i>Hydrozoa indet</i>			1	1									1	
Hydrozoa	<i>Obelia dichotoma</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hydrozoa	<i>Obelia geniculata</i>				1	1				1					1
Hydrozoa	<i>Obelia longissima</i>									1	1				
Bryozoa	<i>Aetea truncata</i>						1	1	1	1		1		1	
Bryozoa	<i>Alcyonidium gelatinosum</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bryozoa	<i>Electra pilosa</i>	1	1			1	1	1	1	1	1	1			
Bryozoa	<i>Smittina reticulata</i>									1	1				
Tubellaria	<i>Tubellaria</i>								1						
Nemertea	<i>Nemertea</i>			1	1		1	1	1		1		1	1	1
Nematoda	<i>Nematoda</i>				1	1	1	1			1	1			
Mollusca	<i>Hiatella arctica</i>					1	1	1		1		1	1		1
Mollusca	<i>Musculus subpictus</i>						1	1				1			
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1
Mollusca	<i>Nudibranchia indet.</i>					1	1		1	1		1		1	1
Mollusca	<i>Peringia ulvae</i>									1					
Mollusca	<i>Rissoa sp.</i>											1			
Crustacea	<i>Amphibalanus improvisus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Crustacea	<i>Amphipoda indet.</i>									1	1	1		1	1
Crustacea	<i>Caprella linearis</i>					1	1	1	1	1			1		1
Crustacea	<i>Caprella mutica</i>					1	1	1			1				1
Crustacea	<i>Carcinus maenas</i>			1						1		1			
Crustacea	<i>Eualus occultus</i>									1					
Crustacea	<i>Jassa marmorata</i>	1	1			1	1								
Arthropoda	<i>Nymphon sp.</i>					1				1	1		1		
Porifera	<i>Halichondria panicea</i>					1	1				1	1	1	1	1
Porifera	<i>Leucosolenia sp.</i>					1	1	1	1		1	1			
Enteroprocta	<i>Enteroprocta</i>	1				1	1	1		1			1		1
	Antal arter (Taxa)	14	15	8	12	29	32	25	23	31	25	25	19	22	27

Bilag 2: Sammenligning af artsfund ved brug af eDNA og klassisk taksonomisk artsbestemmelse(lab)

Makroalger	Slægt/art	eDNA	Lab
Chlorophyta	<i>Ulva sp.</i>		1
Ochrophyta	<i>Ectocarpus sp.</i>		1
Ochrophyta	<i>Laminaria sp.</i>		1
Rhodophyta	<i>Acrocatietium sp</i>		
Rhodophyta	<i>Aglaothamnion tenuissimum</i>	1	
Rhodophyta	<i>Antithamnion sp.</i>		1
Rhodophyta	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Carradoriella elongata</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Ceramium</i>		1
Rhodophyta	<i>Coccotylus brodiei</i>	1	
Rhodophyta	<i>Cystoclonium purpureum</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Dasysiphonia japonica</i>	1	
Rhodophyta	<i>Delesseria sanguinea</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Grania efflorescens</i>	1	
Rhodophyta	<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>	1	
Rhodophyta	<i>Membranoptera alata</i>	1	
Rhodophyta	<i>Phycodrys rubens</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Phyllophoraceae / Phyllophora pseudoceranooides</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Polysiphonia sp./Polysiphonia stricta</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Porphyra sp./Porphyra umbilicalis</i>	1	
Rhodophyta	<i>Pterothamnion plumula</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Rhodomela confervoides</i>	1	
Rhodophyta	<i>Spermothamnion repens</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Vertebrata fucoides</i>	1	1

Fauna	Slægt/art	eDNA	Lab
Annelida	<i>Alitta succinea</i>	1	
Annelida	<i>Amphitrite figulus</i>	1	
Annelida	<i>Exogone naidina</i>	1	
Annelida	<i>Harmothoe extenuata</i>		1
Annelida	<i>Harmothoe impar</i>	1	
Annelida	<i>Lepidonotus squamatus</i>	1	
Annelida	<i>Myrianida prolifera</i>	1	
Annelida	<i>Nereimyra punctata</i>	1	1
Annelida	<i>Nereis pelagica</i>	1	1
Annelida	<i>Phyllodoce maculata</i>	1	1
Annelida	<i>Platynereis dumerilii</i>	1	
Annelida	<i>Polydora cornuta</i>	1	
Annelida	<i>Spirobranchus triqueter</i>		1
Arthropoda	<i>Amphibalanus improvisus</i>	1	1
Arthropoda	<i>Ampithoe rubricata</i>	1	
Arthropoda	<i>Amphipoda</i>		1

Arthropoda	<i>Aora gracilis</i>	1	
Arthropoda	<i>Balanomorpha/ Balanus sp.</i>	1	
Arthropoda	<i>Balanus crenatus</i>	1	
Arthropoda	<i>Caprella linearis</i>	1	1
Arthropoda	<i>Caprella mutica</i>		1
Arthropoda	<i>Cancer pagurus</i>	1	
Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>	1	1
Arthropoda	<i>Dexamine spinosa</i>	1	
Arthropoda	<i>Eualus occultus</i>		1
Arthropoda	<i>Jassa marmorata</i>	1	1
Arthropoda	<i>Monocorophium insidiosum</i>	1	
Arthropoda	<i>Nymphon</i>		1
Arthropoda	<i>Phthisica marina</i>	1	
Arthropoda	<i>Verruca stroemia</i>	1	
Bryozoa	<i>Aetea truncata</i>		1
Bryozoa	<i>Alcyonidium gelatinosum</i>		1
Bryozoa	<i>Bowerbankia gracilis</i>	1	
Bryozoa	<i>Electra pilosa</i>		1
Bryozoa	<i>Escharella immersa</i>	1	
Bryozoa	<i>Membranipora membranacea</i>		
Bryozoa	<i>Smittina reticulata</i>		1
Cnidaria	<i>Bougainvillia sp/ Bougainvillia muscus</i>	1	
Cnidaria	<i>Calycella syringa</i>	1	1
Cnidaria	<i>Clava multicornis</i>	1	1
Cnidaria	<i>Clytia hemisphaerica</i>	1	1
Cnidaria	<i>Coryne pusilla</i>		1
Cnidaria	<i>Craterolophus convolvulus</i>	1	
Cnidaria	<i>Diadumene lineata</i>	1	
Cnidaria	<i>Ectopleura sp</i>	1	1
Cnidaria	<i>Eudendrium/ Eudendrium arbuscula</i>	1	1
Cnidaria	<i>Hydractinia sp</i>	1	
Cnidaria	<i>Leuckartiara octona</i>	1	
Cnidaria	<i>Metridium senile</i>	1	1
Cnidaria	<i>Hydrozoa</i>	1	1
Cnidaria	<i>Obelia dichotoma</i>	1	1
Cnidaria	<i>Obelia geniculata</i>	1	1
Cnidaria	<i>Obelia longissima</i>	1	1
Cnidaria	<i>Sarsia lovenii</i>	1	
Cnidaria	<i>Sarsia tubulosa</i>	1	
Cnidaria	<i>Stauromedusae sp</i>	1	
Cnidaria	<i>Tubularia sp</i>		1
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>	1	1
Mollusca	<i>Bittium reticulatum</i>	1	
Mollusca	<i>Hiatella arctica</i>	1	1
Mollusca	<i>Lacuna vincta</i>	1	
Mollusca	<i>Musculus sp./Musculus subpictus</i>	1	1

Mollusca	<i>Mytilus sp./Mytilus edulis</i>	1	1
Mollusca	<i>Nudibranchia</i>		1
Mollusca	<i>Peringia ulvae</i>		1
Mollusca	<i>Rissoa sp. / Pusillina sp</i>	1	1
Entoprocta	Entoprocta		1
Nematoda	Nematoda	1	1
Nemertea	Nemertea	1	1
Platyhelminthes	Platyhelminthes	1	1
Porifera	<i>Halichondria (Halichondria) panicea</i>	1	1
Porifera	<i>Haliclona sp.</i>	1	
Porifera	<i>Halisarca dujardini</i>	1	
Porifera	<i>Leucosolenia</i>	1	1

Bilag 3: Sammenligning af makroalge- og faunaarter på MET-mast og stenrev på dybderne 10 + 12,4 meter i 2024.

Vær opmærksom på, at NOVANA-data er indsamlet i sommersæsonen og data fra masten i vintersæsonen.

ALGER	Arter(taxa)	MET 0-13m	DMU235 10m + 12,4m 2024
Rhodophyta	<i>Acrochaetium sp.</i>		1
Rhodophyta	<i>Ahnfeltia plicata</i>		1
Rhodophyta	<i>Antithamnion sp.</i>	1	
Rhodophyta	<i>Bonnemaisonia hamifera</i> lign.	1	1
Rhodophyta	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Carradoriella elongata</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Ceramium sp.</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Ceramium virgatum</i>		1
Rhodophyta	<i>Chondrus crispus</i>		1
Rhodophyta	<i>Coccotylus truncatus</i>		1
Rhodophyta	<i>Corralina officinalis</i>		1
Rhodophyta	<i>Cystoclonium purpureum</i>		1
Rhodophyta	<i>Delesseria sanguinea</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>		1
Rhodophyta	<i>Lithothamnion glaciale</i>		1
Rhodophyta	<i>Membranoptera alata</i>		1
Rhodophyta	<i>Phycodrys rubens</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Plumaria plumosa</i>		1
Rhodophyta	<i>Polysiphonia stricta</i>	1	
Rhodophyta	<i>Phyllophoracea(Phyllophora pseudoceranoides)</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Pterothamnion plumula</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Red calcified crust</i>		1
Rhodophyta	<i>Red crust</i>		1
Rhodophyta	<i>Spermothamnion repens</i>	1	1
Rhodophyta	<i>Vertebrata byssoides</i>		1
Rhodophyta	<i>Vertebrata fucoidea</i>	1	1
Chlorophyta	<i>Chaetomorpha melagonium</i>		1
Chlorophyta	<i>Ulva</i>	1	
Phaeophyta	<i>Chaetopteris plumosa</i>		1
Phaeophyta	<i>Ectocarpus lign.</i>	1	
Phaeophyta	<i>Desmarestia aculeata</i>		1
Phaeophyta	<i>Halidrys siliquosa</i>		1
Phaeophyta	<i>Laminaria digitata</i>		1
Phaeophyta	<i>Saccharina latissima</i>		1
Phaeophyta	<i>Sphacelaria cirrosa</i>		1
	Arter i alt	14	31

FAUNA	Arter(taxa)	MET 0-13m	DMU235 10m + 12,4m 2024
Polychaeta	<i>Spirorbinae indet.</i>		1
Polychaeta	<i>Spirobranchus triqueter</i>	1	1
Echinodermata	<i>Asterias rubens</i>	1	1
Echinodermata	<i>Echinus esculentus</i>		1
Echinodermata	<i>Psammechinus miliaris</i>		1
Anthozoa	<i>Aconthearia(Metridium senile)</i>	1	
Anthozoa	<i>Sagartiogeton undatus</i>		1
Hydrozoa	<i>Athecate hydrozoa</i>	1	
Hydrozoa	<i>Callopora syringa</i>	1	
Hydrozoa	<i>Clava multicormis</i>	1	
Hydrozoa	<i>Clytia hemispherica</i>	1	1
Hydrozoa	<i>Ectopleura larynx</i>	1	
Hydrozoa	<i>Eudendrium sp.</i>	1	
Hydrozoa	<i>Coryne pussila</i>	1	
Hydrozoa	<i>Hydrozoa indet</i>	1	
Hydrozoa	<i>Obelia dichotoma</i>	1	
Hydrozoa	<i>Obelia geniculata</i>	1	1
Hydrozoa	<i>Obelia longisima</i>	1	1
Hydrozoa	<i>Sertularella rugosa</i>		1
Hydrozoa	<i>Sertularia cupressina</i>		1
Bryozoa	<i>Aetea truncata</i>	1	
Bryozoa	<i>Alcyonidium diaphanum</i>		1
Bryozoa	<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	1	1
Bryozoa	<i>Alcyonidium hirsutum</i>		1
Bryozoa	<i>Amphiblestrum auritum</i>		1
Bryozoa	<i>Crisia sp.</i>		1
Bryozoa	<i>Electra pilosa</i>	1	1
Bryozoa	<i>Escharella immersa</i>		1
Bryozoa	<i>Membranipora membranacea</i>		1
Bryozoa	<i>Plagioecia patina</i>		1
Bryozoa	<i>Securiflustra securifrons</i>		1
Bryozoa	<i>Smittina reticulata</i>	1	
Mollusca	<i>Hiatella arctica</i>	1	1
Mollusca	<i>Littorina littorea</i>		1
Mollusca	<i>Musculus subpictus</i>	1	
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	1	
Mollusca	<i>Nudibranchia</i>	1	
Mollusca	<i>Polyplacophora indet.</i>		1
Crustacea	<i>Amphibalanus inprovisus</i>	1	
Crustacea	<i>Balanus balanus</i>		1
Crustacea	<i>Caprella linearis</i>	1	1
Crustacea	<i>Caprella mutica</i>	1	
Crustacea	<i>Carcinus maenas</i>	1	1
Crustacea	<i>Eualus occultus</i>	1	
Crustacea	<i>Jassa marmorata</i>	1	
Arthropoda	<i>Nymphon sp.</i>	1	1
Porifera	<i>Halichondria panicea</i>	1	1
Porifera	<i>Leucosolenia</i>	1	
Enteroprocta	<i>Enteroprocta</i>	1	
	Arter i alt	32	29

DEKOMMISSIONERING AF METROLOGI- MAST PÅ STORE MIDDELGRUND

Biologiske samfund på menneskabte strukturer

Rapporten beskriver den biologiske undersøgelse af meteorologimasten på Store Middelgrund, som blev taget op i december 2024. Skrabeprov fra monopælen blev analyseret med klassisk artsbestemmelse og eDNA. Resultaterne viste flere arter og højere dækningsgrad på sydsiden end nordsiden, især fra ca. 6 meters dybde og ned. Sydsiden var domineret af makroalger, mens faunaen dominerede nordsiden. Kombinationen af metoder gav et godt overblik over arts-sammensætningen med stor overlap. Øverst på monopælen fandtes blåmuslinger, derefter rur og søanemoner, mens bunden var præget af brødkrummesvamp. Faunasamfundet med få dominerende arter er typisk for monopæle og adskiller sig markant fra naturlige rev.