



VURDERING AF TILSTANDEN I DE DANSKE HAVOMRÅDER

For elementer under Havstrategiens deskriptor 1, kriterie 6 (pelagiske habitater)
og deskriptor 4 (fødenet: plankton og havpattedyr)

Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 283

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

VURDERING AF TILSTANDEN I DE DANSKE HAVOMRÅDER

For elementer under Havstrategiens deskriptor 1, kriterie 6 (pelagiske habitater)
og deskriptor 4 (fødenet: plankton og havpattedyr)

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 283

2023

Hans Jakobsen
Signe Sveegaard
Anders Galatius
Frants Havmand Jensen

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. 283
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Vurdering af tilstanden i de danske havområder
Undertitel:	For elementer under Havstrategiens deskriptor 1, kriterie 6 (pelagiske habitater) og deskriptor 4 (fødenet: plankton og havpattedyr)
Forfattere:	Hans Jakobsen, Signe Sveegaard, Anders Galatius og Frants Havmand Jensen
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	September 2023
Redaktion afsluttet:	30. juni 2023
Faglig kommentering:	Peter Henriksen
Kvalitetssikring, DCE:	Anja Skjoldborg Hansen
Sproglig kvalitetssikring:	Else Vihlborg Staalsen
Ekstern kommentering:	Miljøministeriet. Kommentarerne findes her: - https://dce2.au.dk/pub/komm/TR283_komm.pdf
Finansiel støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Jakobsen, H, Sveegaard, S, Galatius, A og Jensen, F.H. 2023. Vurdering af tilstanden i de danske havområder for elementer under Havstrategiens deskriptor 1, kriterie 6 pelagiske habitater) og deskriptor 4 (fødenet;plankton og havpattedyr). Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 59 s. - Teknisk rapport nr. 283
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport er en vurdering af de marine havstrategi-deskriptorer D1C6 og D4C1, D4C2 og D4C3 for plankton og havpattedyr. Der er foretaget tilstandsvurderinger og anvendt enten "good", "not good", "unknown" eller "not assessed". Generelt er det ikke muligt at vurdere tilstanden plankton af de beskrevne deskriptorer, pga. manglende vidne om kausale sammenhæng mellem menneskelige og klimatiske påvirkninger, såvel som sold manglende viden og god og dårlig tilstand.
Emneord:	MFSD, pelagisk diversitet, deskriptor, food web, fødekæde, tilstandsvurdering
Foto forside:	Anders Galatius
ISBN:	978-87-7156-796-0
ISSN (elektronisk):	2244-9991
Sideantal:	59

Indhold

Sammenfatning	5
Summary	6
1 Introduktion og opgavebeskrivelse	7
1.1 Leverancerne	8
2 D1C6 resultat - Pelagiske habitater	10
2.1 GES-beskrivelse	10
2.2 Trofiske niveauer	10
2.3 Hovedbudskaber	10
2.4 Baggrund	11
2.5 Metode og data	12
2.6 Resultater og konklusion	14
2.7 Knowledge gaps	21
3 D4C1 resultat - Diversiteten indenfor de enkelte trofiske niveauer	22
3.1 GES beskrivelse	22
3.2 Trofiske niveauer	22
3.3 Hovedbudskaber	22
3.4 Baggrund	23
3.5 Metode og data	24
3.6 Data for tæthed i de 4 år er taget fra følgende survey-områder i de fire surveys	27
3.7 Resultater og konklusion for de enkelte trofiske niveauer	29
3.8 Knowledge gaps	34
4 D4C2 Balancen i biomasse mellem de trofiske niveauer	36
4.1 GES beskrivelse	36
4.2 Trofiske niveauer	36
4.3 Hovedbudskaber	36
4.4 Baggrund	37
4.5 Metode	38
4.6 Data	40
4.7 Resultater og konklusion for de enkelte trofiske niveauer	43
4.8 Knowledge gaps	51
5 D4C3 Størrelsesfordelingen af individer på tværs af de trofiske niveauer	52
5.1 GES beskrivelse	52
5.2 Trofiske niveauer	52
5.3 Hovedbudskaber	52

5.4	Baggrund	52
5.5	Metode	53
5.6	Data	54
5.7	Resultater og konklusion for de enkelte trofiske niveauer	55
5.8	Knowledge gaps	57
6	Appendiks	58

Sammenfatning

Denne rapport omhandler vurderingen af marine havstrategideskriptorer D1C6, D4C1, D4C2 og D4C3 for plankton og havpattedyr. Der er blevet foretaget tilstandsvurderinger, hvor "good", "not good" eller "not assessed" er blevet anvendt. Generelt peger flere af deskriptorerne på dårlig tilstand, især i Østersøen.

D1C6 (habitattypens tilstand - plankton): Der er observeret en stigende total biomasse af fytoplankton i Nordsø-Kattegat-området og i Østersøen, med en forskydning i artssammensætningen mod flere kiselalger. Det er bekymrende, da fytoplanktonbiomassen stiger i alle områder uden en parallelt stigende biomasse af de heterotrofe protister, hvilket indikerer en delvis afkobling mellem primærproducenter og primærkonsumenter. Den økologiske tilstand for planktondelen af D1C6 er vurderet som "**unknown**".

D4C1 (Diversiteten indenfor de enkelte trofiske niveauer: Antallet af kiselalgearter per prøve er signifikant stigende i den åbne del af Nordsø-Kattegat, mens antallet af arter per prøve er konstant i andre farvande. Evenness er svagt faldende, hvilket indikerer en stigende ujævn fordeling af arter, og Shannon-Weaver diversitetsindekset falder i Østersøen. Årsagerne til ændringer i artssammensætningen er uklare, og vurderingsperioden er muligvis for kort til at drage konklusioner, så tilstanden for plankton vurderes som "**unknown**". Der findes tre hjemmehørende arter af havpattedyr i danske farvande: Marsvin, gråsæl og spættet sæl. Gråsæler har historisk været udryddet pga. jagt, men er indenfor de seneste år genindvandret i den danske Nordsø og Østersø. I Nordsøen vurderes miljøtilstand for havpattedyrs diversitet for "**not good**" på basis af den meget lave population af gråsæler og stabil population af spættede sæler og marsvin. Tilstanden ser dog ud til gradvist at blive bedre i takt med geninvandring af gråsælen. I Østersøen ser vi også en geninvandring af gråsæler og en relativt stabil population af spættede sæler. Til gengæld er populationen af den kritisk truede Østersøbestand af marsvin på et historisk lavt niveau. Miljøtilstand for indikatoren D4C1 i forhold til havpattedyrs diversitet vurderes derfor "**not good**" for Østersøen.

D4C2 (balancen i den samlede fordeling på tværs af de trofiske niveauer: Der er et konstant forhold mellem fytoplankton (primærproducenter) og heterotrofe protister (primærgræsser) i Nordsø-Kattegat området og i Østersøen. Det betyder at balancen er uændret, hvor balancen i det nederste trofiske niveau uændret. Marsvin i Nordsøen er stabil, men Bælthavet har oplevet en nedgang i marsvinebestanden. Østersøbestanden af marsvin er kritisk truet på et historisk lavt niveau, og udviklingen er ukendt. Antallet af spættede sæler i både Nordsøen og Østersøen har været stigende de sidste 50 år. Overordnet vurderes tilstanden som **unknown** i Nordsø-Kattegat i Østersøen, da vi for nærværende ikke kan vurdere balancen i den samlede fordeling på tværs af de trofiske niveauer.

D4C3 (Størrelsesfordelingen af individer på tværs af de trofiske klasser): D4C3 er ikke besvaret for plankton på grund af størrelsesforskelle. Der er ikke tilstrækkelige data om ændringer i kropsstørrelse for havpattedyr, så miljøtilstanden for størrelsesfordelingen af havpattedyr vurderes som "**unknown**".

Summary

This report assesses the marine strategy framework descriptors D1C6 and D4C1, D4C2 and D4C3 for plankton and marine mammals. Condition assessments have been carried out and used either “good”, “not good”, or “not assessed”. In general, several of the descriptors point to poor conditions, which is particularly true for the Baltic Sea.

D1C6 (Habitat Type Condition - Plankton) An increasing total biomass of phytoplankton has been observed in the North Sea-Kattegat area and the Baltic Sea, with a shift in species composition toward more diatoms. It is concerning that phytoplankton biomass is increasing in all areas without a parallel increase in biomass of heterotrophic protists, indicating a partial decoupling between primary producers and primary consumers. The ecological condition for the plankton component of D1C6 is assessed as " **unknown** "

D4C1 (Diversity Within Trophic Levels - Plankton): The number of diatom species per sample significantly increases in the North Sea-Kattegat's open part, while the number of species per sample remains constant in other waters. Evenness is slightly decreasing, indicating an uneven distribution of species, and the Shannon-Weaver diversity index is decreasing in the Baltic Sea. The reasons for changes in species composition are unclear, and the assessment period may be too short to draw conclusions, so the condition for plankton is assessed as " **unknown** ". Three species of marine mammals are resident in Denmark: harbor porpoise, harbor seal, and grey seal. Grey seals were historically eradicated in Danish waters but has recently recolonised both the North Sea and the Baltic. In the North Sea, the condition for marine mammal diversity is assessed as “**not good**” due to the historically low population of grey seals and stable population of harbor seals and porpoises. The condition is slowly increasing as grey seals rebound. In the Baltic, grey seals are also increasing in numbers while the population of harbor seals is stable. However, the critically endangered Baltic Sea population of porpoise are at a historically low level. The condition for marine mammal diversity in the Baltic is therefore assessed as “**not good**”.

D4C2 (Balance of Abundance Between Trophic Guilds): There is a constant relationship between phytoplankton (primary producers) and heterotrophic protists (primary grazers) in the North Sea-Kattegat area and in the Baltic Sea. This means that the balance remains unchanged, with the balance at the lower trophic level remaining stable. The population of porpoises in the North Sea is stable, but the Belt Sea has experienced a decline in the porpoise population. The Baltic Sea population of porpoises is critically endangered at historically low levels, and the trend is unknown. The number of spotted seals in the North and Baltic Seas has been increasing over the past 50 years. We cannot assess the balance in the overall distribution across trophic guilds. Overall, the condition of D4C2 is considered **unknown** in the North Sea-Kattegat and Baltic Seas.

D4C3 (Size Distribution Across Trophic Guilds): D4C3 is not addressed for plankton due to size differences. There is insufficient data on relative changes in body size over time for marine mammals, so the environmental condition for the size distribution of marine mammals is assessed as " **not assessed** "

1 Introduktion og opgavebeskrivelse

Denne rapport er en bestilling fra Miljøministeriet (MIM), og har til formål at vurdere tilstanden i de danske havområder for Havstrategiens deskriptor 1, kriterie 6 (D1C6) for plankton og deskriptor 4, kriterie 1-3 (D4C1-C3) i perioden 2016-2021 for plankton og havpattedyr. Vurderingen ønskes så vidt det er muligt at være i overensstemmelse med EU's GES beslutning fra 2017¹ og Kommissionens *Article 8 MSFD Assessment Guidance* fra maj 2022².

Det overordnede mål med *Article 8 MSFD Assessment Guidance* er, at EU's medlemsstaters vurderinger er sammenlignelige på EU-niveau, er i overensstemmelse med EU-lovgivningen og er foretaget inden for gældende havkonventioner. Vurderingerne skal være gennemsigtige og repeterbare. Sammenlignelighed er et nødvendigt grundlag for en regionalt sammenhængende forvaltning af medlemsstaternes farvande, for derved at vurdere i hvilket omfang god miljøtilstand (GES) opnås eller opretholdes på tværs af EU-medlemsstaternes marine farvande.

Det skal noteres, at *Article 8 MSFD Assessment Guidance* ikke er endelig; men repræsenterer en igangværende proces. Guiden udvikles yderligere og vil blive opdateret i de næste MSFD-cykluser, efterhånden som medlemsstaterne gør fremskridt med at implementere GES-beslutningen og andre MSFD-vurderingskrav.

Der skal ikke nødvendigvis fastsættes tærskelværdier (GES-værdier) i vurderingerne. Hvor der ikke foreligger fagligt relevante og regionalt vedtagne indikatorer med tilhørende tærskelværdier, er vurderingerne af tilstanden per trofisk niveau således baseret på en kvalitativ ekspertvurdering af om tilstanden er "**good/not good**" samt en beskrivelse af udviklingen over tid (trend). Hvis det ikke vurderes, om tilstanden er "**good**" eller "**not good**", beskriver vurderingen status quo og udviklingen over tid (trend), og vurdering tilskrives "**unknown/no trend**". Kan de pågældende trofiske niveauer ikke vurderes (fx ved manglende data, ikke relevant el.lign.), tilskrives vurderingen "**not assessed**".

Vurderingerne i denne rapport skal bruges som bidrag til en analyse af havmiljøets tilstand i forbindelse med implementeringen af Havstrategidirektivet³. Vurderingerne skal så vidt muligt, og hvor fagligt forsvarligt, inkludere bidrag i OSPAR og HELCOM. Til vurderingen for plankton er anvendt en serie kvantitative statistiske analyser hvorimod afsnittene med havpattedyr i større grad er baseret på ekspertvurderinger. Dertil skal det bemærkes, at der for hverken fytoplankton eller havpattedyr, er fastsat GES-værdier⁴, eller fast-

¹ KOMMISSIONENS AFGØRELSE (EU) 2017/848 af 17. maj 2017 om fastlæggelse af kriterier og metodiske standarder for god miljøtilstand i havområder samt specifikationer og standardmetoder for overvågning og vurdering og om ophævelse af afgørelse 2010/477/EU

² European Commission. 2022 MSFD CIS Guidance Document No. 19, Article 8 MSFD, May 2022

³ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet)

⁴ GES = "good ecological status"

lagt grænseværdier. Derfor er de endelige konklusioner baseret på ekspertvurderingen af statiske analyser eller som vurderinger baseret på et fagligt skøn af god økologisk status. Som rettesnor anses stigende biomasse af fytoplankton, forskydninger i artssammensætninger samt faldende diversitetsindeks som udviklinger mod dårlig tilstand, men når det ikke kan fastlægges hvilke tilstand der karakteriserer god miljøtilstand og der er en betydelig manglende viden om plankton for de danske marine områder. For havpattedyr er det modsatte tilfælde, idet stigende biomasse eller øgede individantal er indikativ for en positive udvikling.

MIM har ønsket vurderingerne udarbejdet og indskrevet på dansk i en skabelon, "vurderingsark" for de danske havområder for følgende deskriptorer:

- D1C6 - Habitattypens tilstand, herunder dens biotiske og abiotiske struktur og dens funktioner
- D4C1 - diversiteten indenfor de enkelte trofiske niveauer
- D4C2 - balancen mellem de trofiske niveauer (biomasse eller antal individer)
- D4C3 - størrelsesfordelingen af individer på tværs af de trofiske niveauer

De individuelle vurderinger af indikatorer angives separat, og den endelige samlede integration på tværs af indikatorer inden for hver deskriptor foretages ikke. Dette skyldes, at MIM kunne ønske at samle flere indikatorer skrevet af andre leverandører.

1.1 Leverancerne

For hvert kriterie er der udfyldt ét vurderingsark indeholdende information om både plankton og havpattedyr. Der er et betydeligt overlap mellem data, analyser, resultater og beskrivelse for D1C6 og et eller flere af kriterierne under D4. Vurderingerne skal helst foretages på baggrund af offentligt tilgængelige data, eller data som efterfølgende kan stilles gratis til rådighed for EU-Kommissionen.

Selve vurderingsarket indeholder to delelementer. Første delelement er selve vurderingen af deskriptoren. Anden del er yderligere informationer, som der vil være behov for i forbindelse med indrapporteringen af basisanalysen – herunder f.eks. en konfidensvurdering af data og metode, hvilken periode stammer data fra, om data ligger tilgængeligt og i så fald hvor.

Vurderingen er foretaget på to geografiske områder: 1) Nordsøen inkl. Kattegat og 2) Østersøen inkl. bælteerne, jf. inddelingen i Danmarks Havstrategi fra 2012. I artikel 8-vejledningen samt i GES-beslutningen fremgår det desuden, at vurderingen skal opdeles efter "overordnede habitattyper (fx variabel salinitet, kystvande, fladsø og dybhav)". Dette imødekommes ved at vurdere efter havområderne afgrænset af linjerne nord (Nordsøen + Kattegat), og syd (Østersøen) for Sjællands Odde – Djursland / Øresundsbroen. Desuden underinddeles i 1. Nordsøen - Kattegat, åbne farvande og 2. Nordsøen - Kattegat, fjorde og kystnære vandområder for fytoplankton. Der er ikke data til at foretage lignede inddelinger for heterotroft protistplankton og havpattedyr.

Der er under arbejdet med notatet identificeret en sproglig afvigelse mellem den danske og den engelske direktivtekst i vurderingskriterierne for D4C3. Den danske direktivtekst lyder "D4C3 – sekundært: Størrelsesfordelingen af

individer på tværs af de trofiske klasser påvirkes ikke negativt som følge af menneskeskabte belastninger. Medlemsstaterne fastlægger tærskelværdier gennem et samarbejde på regionalt eller subregionalt niveau”, hvorimod den engelske tekst lyder ”D4C3 – Secondary: The size distribution of individuals across the trophic guild is not adversely affected due to anthropogenic pressures. Member States shall establish threshold values through regional or sub-regional cooperation”. Forskellen er derfor, at det danske vurderingskriterie beder om en vurdering på tværs af de trofiske klasser (plur.), hvorimod den engelske tekst beder om en vurdering på tværs af den trofiske klasse (singul.). Da der ikke er fastsat retningslinjer for, hvordan en sådan vurdering skal laves på tværs af trofiske klasser, har vi her forholdt os til ændringer inden for de enkelte trofiske klasser.

D4 blev sidst afrapporteret i 2017, hvor perioden 2010-2016 blev sammenlignet med tidligere data. I opgavebeskrivelsen for denne rapport har MIM ønsket en vurdering af perioden 2016-2021. Det betyder, at data fra 2016 indgår i begge perioder. Dette er efter AU/DCE's mening ikke hensigtsmæssigt når udviklingen mellem de to perioder sammenlignes, men vi har udført opgaven efter opgavebeskrivelsen, hvor de statistiske analyser ikke kompromitteres. Dvs. når vi sammenligner to assessment perioder anvendes perioderne 2010-2015 mod 2016-2021, så året 2016 ikke optræder redundant i begge de sammenlignede perioder. Denne modifikation i forhold til opgavebeskrivelsen er kun relevant i afsnittene om plankton, hvor sammenligningerne mellem assessment perioden 2010-2015 – 2016-2021 således modificeres til 2010-2015 mod 2016-2021

2 D1C6 resultat - Pelagiske habitater

2.1 GES-beskrivelse

Habitattypens tilstand, herunder dens biotiske og abiotiske struktur og dens funktioner (f.eks. dens typiske artssammensætning og deres relative tæthed, fravær af særligt sensitive eller sårbare arter, eller arter som har en vigtig funktion i økosystemet eller arters størrelsesstruktur), påvirkes ikke negativt af menneskeskabte belastninger⁵.

2.2 Trofiske niveauer

Fytoplankton / Heterotroft protistplankton

2.3 Hovedbudskaber

Siden år 2000 er der fundet væsentlige ændringer i de undersøgte områder, og dette peger på, at seks års assessment-perioder muligvis kan være for korte til at drage entydige konklusioner.

Perioden 2010-2015 sammenlignet med 2016-2021 viser for planktonparametrene få ændringer (tabel 4). Den mest bemærkelsesværdige ændring er stigende total biomasse, som er koblet til forskydninger i artssammensætningen med flere kiselalger i Nordsø-Kattegat samt Østersøen, hvorimod den kystnære del Nordsø-Kattegat viste en konstant fordeling mellem perioderne.

Heterotrofe protister er behandlet for to områder, nemlig Nordsø-Kattegat og Østersøen. I perioden siden 2000 har biomassen af heterotrofe protister været konstant i Østersøen, hvorimod den er stigende i Nordsø-Kattegat området (figur 8).

Vi ser marginale stigninger i totalbiomassen og stigende bidrag af kiselalger i Nordsøen - Kattegat imellem perioderne 2010-2015 og 2016-2021 (tabel 4).

Den samlede vurdering for området 'Nordsøen-Kattegat vurderes som **unknown** på grund af mangelfuld viden og reference tilstand og dermed manglende entydige resultater af analyserne.

For havområdet kystnære Nordsøen - Kattegat- var der ingen ændringer til hverken sammensætning eller totalbiomassen, men antallet af arter per prøve var svagt faldende. Tilstanden vurderes som unknown på grund af mangelfulde viden og reference tilstand og dermed manglende entydige resultater af analyserne. I Østersøen steg biomassen marginalt med en forskydning mod flere kiselalger, hvorimod antallet af arter per prøve var uændret. Tilstanden vurderes som unknown på grund af mangelfuld viden og reference tilstand og dermed manglende entydige resultater af analyserne.

⁵ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet)

Tabel 1. Visualisering af udviklingen inden for perioderne i de forskellige indikatorer / grupper. Udviklingen i hver periode er vurderet som hældningen på trendlinjen, ved hjælp af lineær regression inden for de forskellige perioder. Pilene henviser til tabel 3 i afsnittet *Resultater og konklusioner*. * angiver en signifikant sammenhæng. Grøn er uændret, blå er positivt.

Indikator/trofisk niveau	Nordsø-Kattegat			Kystnære Nordsø -Kattegat			Østersø		
	1989- 2009	2010- 2016	2016- 2021	1989- 2009	2010- 2016	2016- 2021	1989- 2009	2010- 2016	2016- 2021
Fytoplankton biomasse	→	→	↘	→	→	→	→	→	→
Antal fytoplanktonarter	→	* ↗	→	* ↗	* ↗	→	* ↗	→	→
Heterotrofe protist biomasse	→	→	→	Ingen data			→	→	* ↗

2.4 Baggrund

De biologiske processer i det pelagiske habitat drives af solens indstråling og næringssalte. Solens lys omdanner ved fotosyntese og optag af næringssalte, så som kvælstof, lysfotoner til planteplanktonbiomasse. Fotosyntesen varetages i det pelagiske habitat af planteplankton, der hovedsageligt består af éncellede organismer (primærproducenter). Primærproducenterne græsses af sekundærproducenter, som enten består af éncellede heterotrofe græssere (heterotrofe protister), overvejende ciliater og heterotrofe dinoflagellater eller flercellede dyreplankton (zooplankton), der typisk omfatter cladoceer (dafnier), copepoder (vandlopper) og periodisk mange bløddyrslarver. Dyreplankton er et vigtigt led i økosystemet, idet de kobler primærproducenterne med dyr højere i fødekæden, som i sidste ende danner grundlag for fisk og havpattedyr.

Udviklingen og væksten af fytoplankton er drevet af næringssalte, og når disse tilføres i mængder, der forskyder ligevægten mellem primærproduktion og græsning, opstår der eutrofiering, som en væsentlig presfaktor. Næringssalte spiller en væsentlig større rolle i fjorde og kystnære havområder end i de mere åbne farvande, der ikke påvirkes i samme grad. Temperaturen i de danske farvande har siden etableringen af det nationale overvågningsprogram været stigende og er for nærværende steget i størrelsesordenen 2 °C siden starten af 1990'erne ifølge DCE NOVANA rapport⁶. Dette har bl.a. betydet, at forårsopblomstringen af fytoplankton forekommer tidligere på foråret, og at der i nogle vandområder optræder høje fytoplanktonbiomasser vinteren over. Det betyder, at klimaændringer også er en væsentlig presfaktor og sammen med eutrofiering synergetisk vil presse det pelagiske habitat i en negativ retning.

⁶ Videnskabelig rapport fra DCE -Nationalt Center for Miljø og Energi. J. W. Hansen and S. Hoegslund. Aarhus: 1-219.

Kystnære farvande

I de danske fjorde og kystnære områder er de pelagiske habitater under stærk påvirkning af vand- og stoftilførsler fra land. Disse habitater er karakteriseret ved lavere vanddybder, mindre salinitet, og vandsøjlen er typisk fuldt opblandet størsteparten af året. Næringssaltkoncentrationerne er generelt høje i store dele af året. I fjorde og kystnære områder er både fosfor og kvælstof begrænsende for væksten af primærproducenter, fosfor primært i forårsperioden og kvælstof senere på året. Der eksisterer en tæt kobling mellem de pelagiske og de bentiske habitater. Grundet de generelt høje næringssaltkoncentrationer er der stor vækst af primærproducenter, og der optræder jævnligt perioder med iltsvind. Primærproducenterne og til en vis grad også sekundærproducenterne er også reguleret af bundlevende dyr såsom blåmuslinger, der bortfiltrerer en betydelig del af planteplanktonet. Primærproducenterne er typisk kiselalger, men kan også i nogle fjorde være domineret af mangfoldige algesamfund bestående af primært flagellater <10 µm.

Åbne farvande

De pelagiske habitater i de åbne farvande er karakteriseret ved større vanddybder og længere perioder med lagdeling, hvor kun den øverste del af vandsøjlen opblandes. Grundet den større afstand til land er stoftilførslerne fra land af mindre betydning i forhold til de stoftransporter, der kommer fra atmosfæren og fra tilstødende havområder. Næringssaltkoncentrationerne er lavere, og perioder med næringssaltbegrænsning varer længere end i fjorde og kystnære havområder. I de åbne havområder er algevæksten hovedsageligt begrænset af kvælstof, mens fosfor og silikat kan begrænse væksten i forårsmånederne. Primært grundet de større vanddybder og de forlængede perioder med lagdeling af vandsøjlen er de pelagiske og de bentiske habitater typisk adskilte, og de bundlevende dyr spiller en langt mindre rolle for omsætningen af primærproduktion og algebiomasse. I de pelagiske habitater i de åbne farvande består sekundærproducenterne primært af copepoder, som er vigtige græsser af algebiomassen. Sekundærproducenterne bliver typisk ædt af f.eks. fiskelarver, sild, brisling og vandmænd. I dele af de åbne farvande er fiskebestandene påvirket af fiskeri, og der forekommer således reducerede forekomster af store fisk. Klimaændringer påvirker de pelagiske habitater ved stigende temperaturer, mindre salinitet og ilt og større respiration. Miljøfarlige stoffer spiller en mindre rolle.

2.5 Metode og data

Plankton

Fytoplankton og heterotrofe protister

Data for fytoplankton og heterotrofe protister er indhentet fra et nyligt afsluttet planktonkonsolideringsprojekt, der har haft sigte på at samle historiske planktondata i et samlet datasæt. Dette datasæt er baseret på NOVANA-data til og med 2021. Der er analyseret for området, der dækker OSPAR og inkluderet danske havområder nord for Øresundsbroen og linjen fra Sjællands Odde til sydspidsen af Djursland. Dette havområde er inddelt i to underområder, nemlig stationer, der betegnes Nordsøen-Kattegat, samt NOVANA-stationer beliggende inden for 12 sømil fra kysten (kystnære Nordsøen-Kattegat-område). NOVANA-stationer beliggende syd for ovenstående inddeling

er beliggende inden for havkonventionsområdet HELCOM, og betegnes Østersøen. En samlet oversigt over fytoplanktonstation og tidsserielængde findes i appendiks 1.

Særligt for heterotrofe protister: Data er beregnet ud fra seks aktive stationer, hvor der indsamles data for heterotrofe protister. Der er tre stationer, hvor der indsamles heterotroft protistplankton i Nordsø-Kattegat-området. For Østersøen er der indsamlet en fuld dataserie for én station øst for Bornholm samt data fra én station i Arkonabassinet, der er indsamlet siden 2016. Det betyder, at referencedata for rapporteringsperioden efter 2010 for Østersøregionen repræsenteres fortrinsvist af stationen ved Bornholm. Stationen ved Bornholm besøges seks gange årligt, mens Arkonastationen er besøgt typisk 20 gange årligt siden 2016. Det betyder også, at datasikkerheden for heterotrofe planktonorganismer i Østersøregionen er væsentligt svagere (datasikkerhed lav) end for Nordsø-Kattegat området. I et system, der er præget af store rumlig og tidslig variabilitet, vurderes datasikkerheden som middel.

Beregningsmetode

Biomasser ($\mu\text{g CL}^{-1}$) og *antallet af arter* er beregnet som least square periodegennemsnit (måned eller år) for Nordsø-Kattegat, kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen ved hjælp af en generel lineær model. Modellen er konstrueret som en tresidet variansanalyse. Forud for analysen transformeres data til logaritmiske værdier for at opnå varianshomogenitet mellem store og små værdier, samt for at residualerne fra variansanalysen kan tilnærmes normalfordeling. Denne procedure er erfaringsmæssig præcis i beregningen af planktonparametre i NOVANA-programmet og er gennem en lang årrække anvendt i DCE's årlige NOVANA-rapport. Metodens evne til at beregne gennemsnitsværdier vurderes som høj og er anvendt på tværs af alle grupper af planktonorganismer. Hvor der er udført og konkluderet på statistiske analyser, anses P-værdier $<0,05$ for statistisk signifikante.

Langtidsudvikling analysen dvs. udviklingen mellem 2000 og 2021 er anvendt på alle stationer, der har dækning for denne periode. Data, der ligger før 2010, er inkluderet for en række stationer, hvorfra der er taget prøver i kortere og længere perioder, og denne del udgør totalt 46 besøgte stationer.

Udviklingen inden for perioderne (Periodetrend) er analyseret for udvikling inden for perioderne: 1989-2009; 2010-2016 og 2016-2021 med lineær regression af årsmidler mod år. Årsmidler er beregnet som *least square* logaritme transformerede gennemsnit. Dette datasæt er det længste og udgør totalt 46 besøgte stationer.

Udviklingen mellem perioderne (Periodesammenligninger) er analyseret for udvikling mellem perioderne 2010 - 2015 og 2016 - 2021 ved hjælp af en *t*-test. Her er perioden 2010-2016 forkortet med et år, for at året 2016 indgår redundant i begge perioder i den statistiske test. Der er ikke medtaget data for zooplankton, da der for nærværende er et udestående med kvalitetssikring og harmonisering af zooplanktondata.

Ved undersøgelser af fyto- og microzooplankton i mikroskopet anvendes forskellige metoder til optælling af dominerende og sjældne arter, hvilket betyder, at prøvestørrelsen ikke kan normaliseres inden for eller mellem prøver. Dette giver en indbygget ikke kvantificerbar usikkerhed i bestemmelsen af

antallet af arter per volumen. Dertil kan tællestrategier foran mikroskopet påvirke antallet af arter samt den statistiske usikkerhed, hvormed koncentrationen af de enkelte arter er bestemt. Derfor er enheden for artsrigdom "i en prøve", og ikke normaliseret til volumen.

Datasikkerhed

Datasikkerheden for fytoplankton vurderes som god, mens data for heterotrofe protister er medium, pga. laver rumlig dækning.

2.6 Resultater og konklusion

2.6.1 Fytoplankton

Langtidsudvikling

I langtidsudvikling har vi undersøgt udviklingen siden 2000. Fordeling mellem kiselalger, furealger og andre arter i Nordsø-Kattegat og kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen (Figur 1, Figur 2 og Figur 3) peger på store år-til-år variationer. Kiselalgernes bidrag var lavest i 2000 i alle områder, og har derefter viste en stigende tendens og udgjorde >50% af den totale fytoplanktonbiomasse i perioden.

Langtidsudviklingen på tværs af perioden 2000-2021 i totalbiomassen er signifikant stigende siden 2000 (tabel 2 og figur 4 $P < 0,002$) i alle områder. Antallet af arter falder signifikant (tabel 2; $P < 0,002$) i Østersøen med 0.8 arter per år mens den var stigende med en art per år ($P = 0,012$) i den kystnære Nordsø-Kattegat og uændret i Nordsø-Kattegat området ($P = 0,74$, tabel 2 og Figur 5).

Tabel 2. Langtidsudviklingen i fytoplankton biomassen, antal arter samt udviklingen i den heterotrofe protist biomassen siden 2000. Værdier henviser til de farvede regressionslinjer på figur 4, figur 5 og figur 8. * markerer p-værdier $< 0,05$ og er dermed indikativ for signifikante ændringer.

Fytoplanktonbiomasse ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	Hældning (år^{-1})	R ²	P
Østersø	0,10	0,38	0,002*
Kyst Nordsø-Kattegat	0,20	0,43	<0,001*
Nordsø-Kattegat	0,37	0,38	0,002*
Antal fytoplanktonarter per prøve	Hældning (år^{-1})	R ²	P
Østersø	-0,80	0,57	<0,001*
Kyst Nordsø-Kattegat	1,04	0,28	0,012*
Nordsø-Kattegat	0	0	0,735
Heterotrof protist biomasse ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	Hældning (år^{-1})	R ²	P
Østersø	0	0	0,741
Nordsø-Kattegat	0,41	0,337	0,003

Udvikling inden for perioderne

Inden for hver periode har vi undersøgt udviklingen i totalbiomassen af fytoplankton (Tabel 3, Figur 4), det gennemsnitlige antal arter per prøve (Tabel 3, Figurer 5), samt udviklingen i totalbiomassen af heterotrofe protister (Tabel 3, Fig 8).

Tabel 3. Udvikling inden for perioderne i fytoplankton biomassen, antal arter samt biomassen af heterotrofe protister inddelte i perioden 1989-2009, forrige assessment-periode (2010-2016) samt den nyeste assessment-periode (2016-2021). Farver henviser til punkter på figurerne 4, 5 og 8. * markerer p-værdier <0,05 og er dermed indikativ for signifikante ændringer.

Indikator	Periodetrend	Nordsø-Kattegat		Kyst Nordsø-Kattegat		Østersøen	
		Hældning (år ⁻¹)	P	Hældning (år ⁻¹)	P	Hældning (år ⁻¹)	P
Fytoplanktonbiomasse (µg C L ⁻¹)	1989-2009	0,55	0,07	3,29	0,11	2,02	0,06
--	2010-2016	0,60	0,88	5,93	0,80	-3,87	0,66
--	2016-2021	-10,04	0,01*	-0,54	0,97	-2,89	0,74
Fytoplanktonarter (per prøve)	1989-2009	0,06	0,53	1,15	<0,001*	0,68	0,01*
--	2010-2016	1,09	0,01*	-2,98	0,02*	1,38	0,39
--	2016-2021	-0,02	0,96	-3,37	0,24	0,64	0,75
Heterotrof biomasse (µg C L ⁻¹)	1989-2009	0,14	0,66			0,34	<0,001*
--	2010-2016	-0,28	0,83			0,79	0,34
--	2016-2021	-1,00	0,05*			-0,80	0,15

Assessment-perioder på seks år er ganske korte til at monitorere ændringer i havmiljøet, hvilket betyder, at de observerede ændringer er ganske små, hvilket give en vis usikkerhed i regressionsanalysen. Det betyder, at laveste p-værdier og dermed mulige signifikante ændringer typisk findes i perioden forud for 2009. I den nyeste assessment-periode (2016-2021) er der fundet signifikante udviklinger i Nordsø-Kattegat området mod lavere (10 µgC L⁻¹ år⁻¹) fytoplankton biomasse som formodentligt er koblet til et signifikant fald i heterotrofe protister (1 µgC L⁻¹ år⁻¹) siden 2016.

Periodesammenligninger 2010-2015 mod 2016-2021

I *Nordsø-Kattegat* området perioden 2016 – 2021 blev der, sammenlignet med 2010-2015, observeret proportionalt flere kiselalger end furealger, hvorimod andre arter var uændrede (Figur 1, t-test P<0,0001). I samme periode steg total fytoplanktonbiomassen svagt, men signifikant (tabel 4, Figur 4, t-test P<0,0001). Artsrigdommen målt som antallet af arter i en prøve i perioden 2016 – 2021 steg i forhold til den forudgående periode (2010-2015), og peger på stigende diversitet af fytoplankton arter (Figur 5, Tabel 4; t-test P<0,0001). I det Kystnære Nordsø-Kattegat område blev ikke fundet forskydninger mellem biomassen af autotrofe furealger og kiselalger mellem perioderne 2010-2015 og 2016 – 2021 (t-test P<0,0001). I samme periode viste den totale fytoplanktonbiomasse ingen signifikant ændring (Tabel 4, t-test P>0,44), hvorimod artsrigdommen målt som antallet af arter i en prøve viste faldende diversitet (Figur 5; t-test P=0,0002). I Østersøen var biomassen konstant (P=0,15). Derimod blev andelen udgjort af hhv. kiselalger og furealger forskudt signifikant, med højere andel af kiselalger på bekostning af furealger og andre arter (t-test P<0,0001, Figur 3). Artsrigdommen målt som antallet af arter i en prøve var uændret (Figur 5; t-test P=0,76).

Tabel 4. Testestimer og P-værdier (t-test) af de væsentligste ændringer. Estimat angiver forskellen i middelværdien mellem perioden 2010-2015 og 2016-2021. Fortegn på estimer angiver trendretningen. Farvekoder referer til sammenligningen mellem de skraverede områder på figurerne 4, 5 og 8.

	Estimat	Standard fejl	T-værdi	P
Total fytoplanktonbiomass ($\mu\text{gC L}^{-1}$)				
Nordsø-Kattegat	0,27	0,07	4,02	<0,0001
Kyst Nordsø-Kattegat	0,07	0,09	0,78	0,44
Østersø	-0,10	0,07	-1,42	0,15
Antal fytoplankton arter				
Nordsø-Kattegat	3,42	0,51	6,65	<0,0001
Kyst Nordsø-Kattegat	-0,21	0,55	-3,78	0,0002
Østersø	-0,20	0,65	-0,31	0,76
Heterotrof protist biomass ($\mu\text{gC L}^{-1}$)				
Nordsø-Kattegat	0,04	0,12	0,31	0,75
Østersø	0,81	0,41	1,99	0,05

2.6.2 Heterotrofe protister

Langtidsudvikling

Fordeling mellem ciliater, heterotrofe furealger og andre arter i Nordsø-Kattegat og kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen (Figur 6, Figur 7) peger på små år-til-år variationer. Ciliaternes bidrag udgjorde typisk mellem 75% og 90 % af den totale heterotrofe protist biomasse i perioden 2000 - 2021.

Langtidsændringer på tværs af perioden 2000-2021 i totalbiomassen af heterotrofe protister er signifikant stigende siden 2000 (tabel 2 og figur 8 $P < 0,003$) i Nordsø-Kattegat. I Østersøen er biomassen ikke ændret væsentligt på tværs af perioden 2000 til 2021 (Tabel 2, Figur 8).

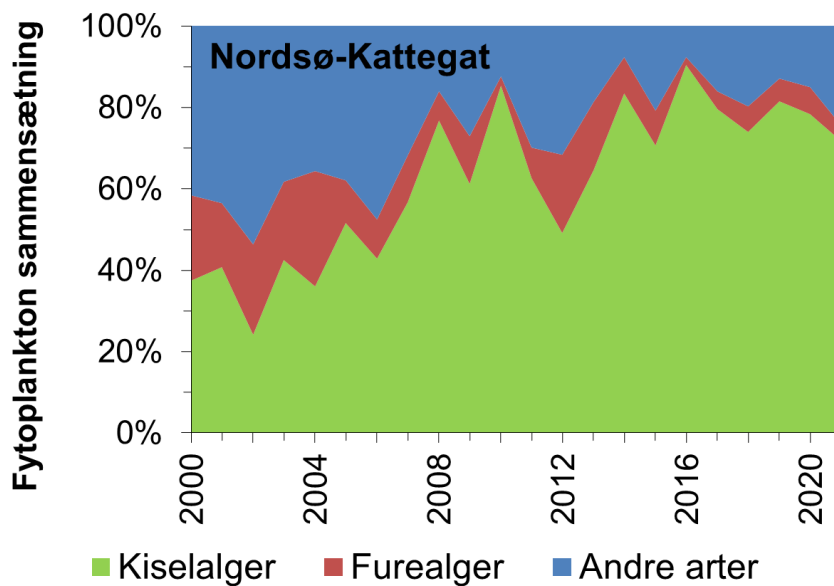
Udvikling inden for perioderne

Den totale heterotrofe protister biomasse viste et signifikant negativ udvikling i perioden 2016 - 2021 (Figur 8; Tabel 3, t-test $P = 0,05$) i Nordsø-Kattegat området, samt i Østersøen i perioden der ligger før 2009 (Tabel 3; $P < 0,001$). Derudover var der ingen signifikante forskelle i udviklingen i de forskellige assessment-perioder.

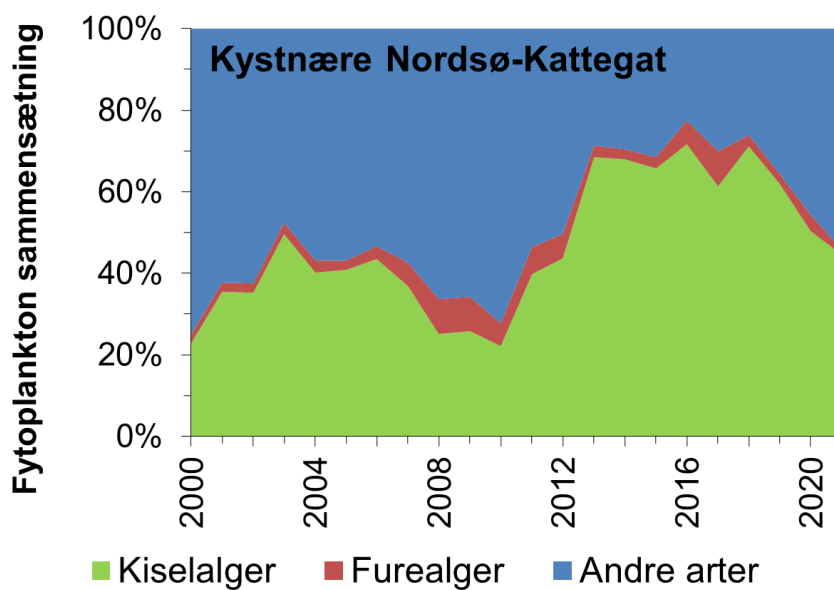
Periodesammenligninger 2010-2015 mod 2016-2021

I Nordsø-Kattegat området var biomassen uændret mellem perioderne 2010-2015 og 2016-2021 (Tabel 4, $P = 0,75$). Derimod var den heterotrofe biomasse $0,81 \mu\text{gC L}^{-1}$ højere i 2016-2021 end i periode 2010-2015 ($P = 0,05$).

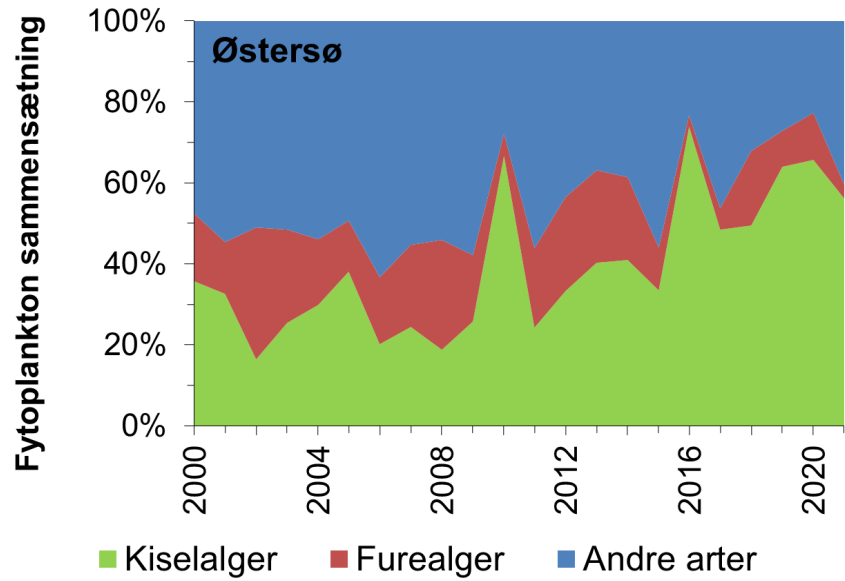
Figur 1. Kulstofbiomassefordelingen af kiselalger, furealger og andre fytoplanktonarter i Nordsø – Kattegat området.



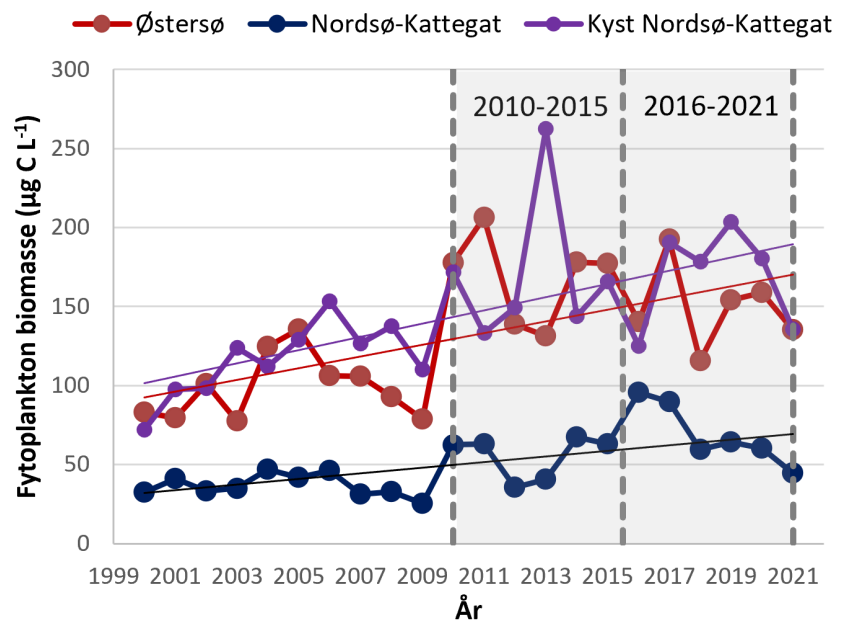
Figur 2. Kulstofbiomassefordelingen af kiselalger, furealger og andre fytoplanktonarter i den kystnære del af Nordsø – Kattegat området.



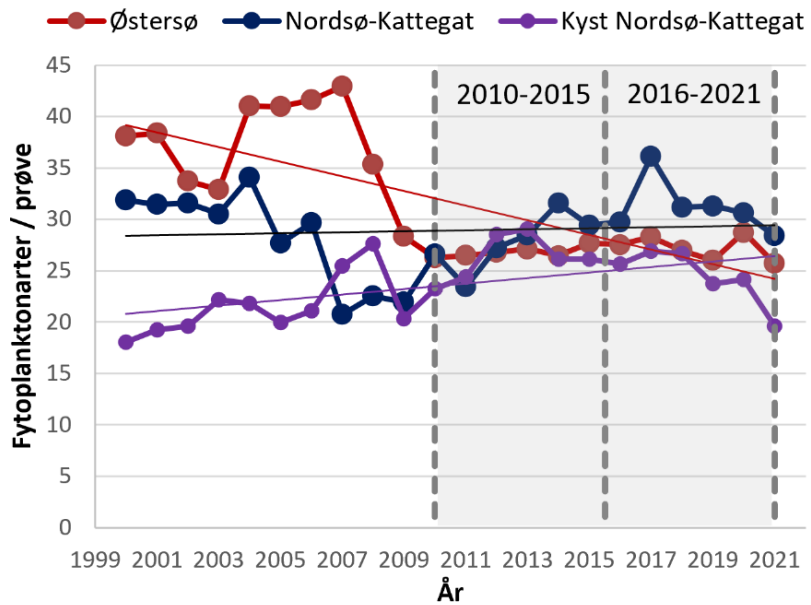
Figur 3. Kulstofbiomassefordelingen af kiselalger, furealger og andre fytoplanktonarter i Østersøen.



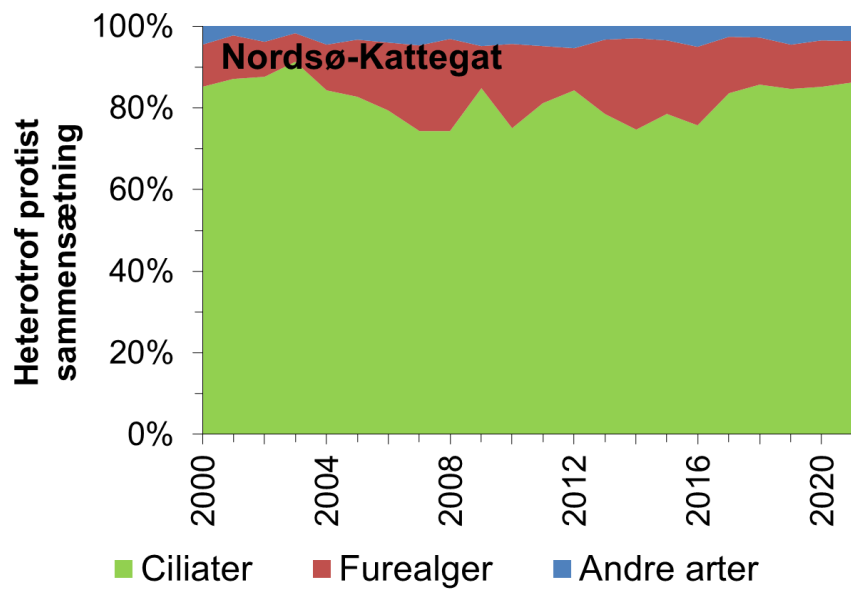
Figur 4. Total biomasse af fytoplankton i Nordsø-Kattegat, kystnære Nordsø-Kattegat og Østersøen. Skraverede områder inddelt med stiplede linjer markerer de to testperioder.



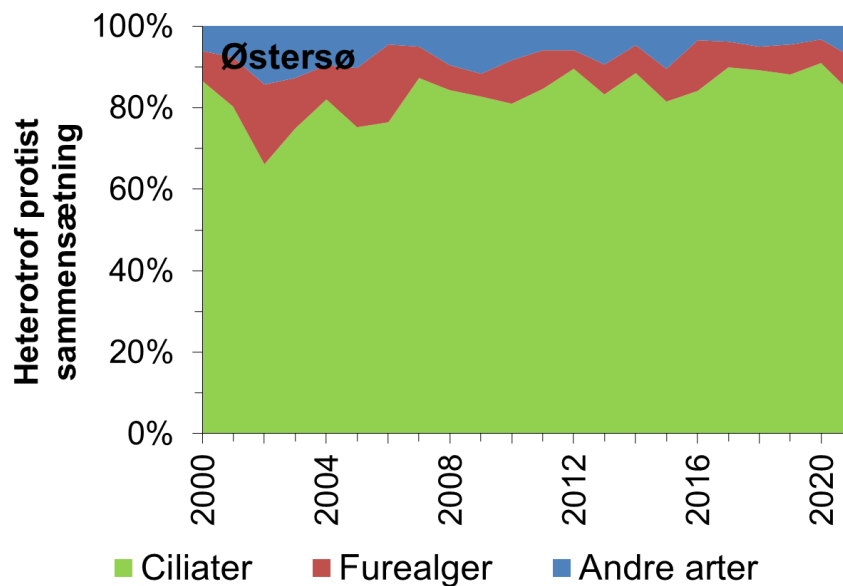
Figur 5. Det gennemsnitlige antal arter observeret i en prøve Nordsø-Kattegat, kystnære Nordsø-Kattegat og Østersøen. Skraverede områder inddelt med stiplede linjer markere de to test-perioder



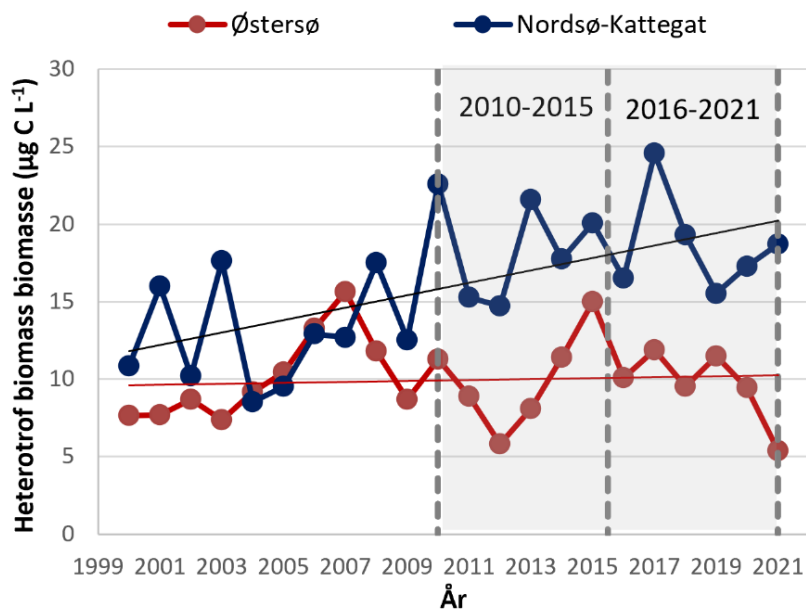
Figur 6. Kulstofbiomassefordelingen af ciliater, heterotrofe furealger og andre heterotrofe protister i Nordsø – Kattegat-området.



Figur 7. Kulstofbiomassefordelingen af ciliater, heterotrofe furealger og andre heterotrofe protister i Østersø-området.



Figur 8. Totalbiomassen af heterotrofe protister i Nordsø-Kattegat og Østersøen. Skraverede områder inddelt med stiplede linjer markere de to testperioder



2.6.3 Konklusion

Langtidsudviklingen siden år 2000 i fytoplankton viste signifikante ændringer i de undersøgte områder. Fordelingen mellem de dominerende grupper peger på et stigende bidrag fra kiselalger siden år 2000. Perioderne 2010-2015 og 2016-2021 viste for planktonparametrene få ændringer. Den mest bemærkelsesværdige ændring var stigende fytoplankton biomasse i Nordsø-Kattegat-området og samtidig forskydning i artssammensætningen mod flere kiselalger. Antallet af arter ændres samtidig med en forskydning mod større bidrag fra kiselalger.

Ved testen af vurderingsperioden 2016-2021 i forhold til 2010-2015 anvendes en hypotesebaseret t-test til sammenligning mellem de to perioder. Vurderingsperioden 2016-2021 er muligvis for kort til at kunne drage entydige konklusioner om plankton. Både langsigtede ændringer og signifikans i sammenligningen mellem perioderne kan tilskrives ændrede kvælstoftilførsler siden slutningen af 1900-tallet, hvilket er med til at drive ændringer. Desuden kan ændringerne skyldes stigende temperaturer og ændrede vindforhold, dvs. klimatiske ændringer, som de danske havområder har oplevet i samme periode.

Den samlede vurdering for området 'Nordsøen-Kattegat vurderes som ekspertvurdering som **unknown** på grund af mangelfulde data og manglende entydige resultater af analyserne.

For havområdet kystnære Nordsøen - Kattegat- var der ingen ændringer til hverken sammensætning eller totalbiomassen, men antallet af arter per prøve var svagt faldende. Tilstanden vurderes som ekspertvurdering som **unknown** på grund af mangelfulde data og manglende entydige resultater af analyserne.

I Østersøen steg biomassen marginalt med en forskydning mod flere kiselalger, hvorimod antallet af arter per prøve var uændret. Tilstanden vurderes som ekspertvurdering som **unknown** på grund af mangelfulde data og manglende entydige resultater af analyserne

2.7 Knowledge gaps

En stor del af planktondata fra det danske NOVANA-program har ligget urørt i næsten fire årtier, og zooplanktondata mangler en gennemgribende revision og kvalitetssikring. Zooplankton er derfor ikke medtaget i denne vurdering, og der er behov for udredning af zooplanktondata, så alle planktondata fra NOVANA-programmet kan indgå i fremtidige vurderinger.

Der er ingen entydig fortolkning af betydningen af stigende bidrag af kiselalger, men peger overordnet på at økosystemet er under forandringer. Der er derfor behov for dybere analyser af forskydninger og ændringer fundet i planktondata siden NOVANA programmets start. Eksempelvis er fytoplanktonbiomassen stigende i Østersøen, uden at græsserne, de heterotrofe protister, responderer parallelt. Det tyder på, at der er en mulig afkobling mellem den pelagiske fødekædes primærproducenter og primærkonsumenter, som bør undersøge til bunds.

3 D4C1 resultat - Diversiteten indenfor de enkelte trofiske niveauer

3.1 GES beskrivelse

Diversiteten (artssammensætning og deres relative tæthed) af de trofiske niveauer påvirkes ikke negativt som følge af menneskeskabte bel astninger⁷.

3.2 Trofiske niveauer

Kiselalger / Havpattedyr

3.3 Hovedbudskaber

Plankton

Generel ses faldende artdiversitet af kiselalger, der optræder stigende mere ujævnt fordelt i de optalte planktonprøver mellem perioderne 2011-2016 og 2016-2021.

Den tydeligste ændring på tværs af de tre diversitetsmål i de langsigtede ændringer ses i faldet i antallet af kiselalger i en prøve fra Østersøen og en stigning i prøve fra det kystnære Nordsø-Kattegat område siden 2000. Faldet af arter i Østersøen kædes sammen med et svagt fald i evenness og peger på, at fordelingen er svagt stigende ujævn. Tilsvarende er evenness konstant i det kystnære Nordsø-Kattegat område, hvilket betyder, at fordelingen er konstant mellem arter. Når antallet af arter er stigende, stiger Shannon-Weaver indekset svagt i det kystnære Nordsø-Kattegat område siden 2000. I Nordsø-Kattegat område er antallet af kiselalger konstant og evenness er marginalt stigende, men dette vurderes at være uden betydning, da Shannon-Weaver indekset er uændret.

Analysen over ændringer indenfor perioderne (*Periodetrend*) 1989-2009, 2010-2016 og 2016-2021 viser meget få ændringer, og vi vurderer, at seksårs perioder er et svagt grundlag at vurdere biologiske ændringer på baggrund af til rådighed værende data.

I perioden 2016-2021 sammenlignet med 2010-2015 er både evenness og Shannon-Weaver indekset faldende i alle de undersøgte områder med stigende antal af kiselalger per prøve i Nordsø-Kattegat og Østersøen. Det betyder generelt, at alle tre områder har oplevet en stigende ujævn fordeling af kiselalger i en prøve.

⁷ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet)

Langtidsændringer og ændringer mellem assessment-perioder kan skyldes reducerede kvælstoftilførsler siden slutningen af 1980'erne, som er med til at drive ændringer i artssammensætningen. Desuden kan ændringerne skyldes stigende temperaturer og ændrede vindforhold, dvs. klimatiske ændringer, som de danske havområder har oplevet i samme periode. Baseret på ekspertvurdering tildeler vi alle områder tilstanden **"unknown"** for plankton, på grund af manglende fortolkningsmuligheder på de begrænsede datasæt der er til rådighed.

Havpattedyr

For diversiteten af havpattedyr består artssammensætningen af tre arter, gråsæl, spættet sæl og marsvin, og vurdering er derfor en kvalitativ ekspertvurdering baseret på de relative tætheder af disse tre arter og hvordan disse burde være for at økosystemet var i balance. Denne relative tæthed har ændret sig over tid, da gråsæler har været udryddet i dansk farvand og kun nyligt er genindvandret. Yderligere er antallet af marsvin i Bælthavet (den vestlige Østersø) nedadgående og bestanden i Østersøen er historisk lav og vurderet kritisk truet af IUCN.

Miljøtilstanden for havpattedyrs diversitet i Nordsøen i perioden 2016-2021 vurderes som kvalitativ ekspertvurdering for **"not good"** på basis af den meget lave population af gråsæler og stabil population af spættede sæler og marsvin. Tilstanden ser dog ud til gradvist at blive bedre i takt med geninvandring af gråsæler.

Miljøtilstanden for havpattedyrs diversitet i Østersøen i perioden 2016-2021 vurderes som kvalitativ ekspertvurdering for **"not good"**, og i forværring. Dette vurderes som kombination af den historisk lave population af gråsæler (der dog ser ud til at blive bedre) og den nedadgående population af marsvin. De nyeste tal fra SCANS-4 burde være tilgængelige snart for at bekræfte hvorvidt denne nedgang i Østersømarsvin fortsætter.

Table 5. Udviklingen i de forskellige indikatorer / grupper. Pile markeret med * markerer perioder hvor der er fundet signifikante ændringer med lineær regression. For plankton henviser pilene til tabel 8 i afsnittet *Resultater og konklusioner*. For havpattedyr er de baseret på en kvalitativ ekspertvurdering baseret på populationstrends. Grøn er uændret, blå er positivt, grå er ukendt og rød farve er anvendt når udviklingen er vurderet negativ.

Indikator/trofisk niveau	Nordsø			Kystnære Nordsø -Kattegat			Østersø		
	-2009	2010-2016	2016-2021	-2009	2010-2016	2016-2021	-2009	2010-2016	2016-2021
→Kiselalge artsrigdom/arter per prøve	*				*		*		
Kiselalge Eveness	*								
Kiselalge shannon-Weaver*	*								
Havpattedyr diversitet				N/A					

3.4 Baggrund

Plankton

Diversiteten af primærproducenter (fytoplankton) styres af årstid, fysiske forhold (vind og havstrømme), hydrografi (havstrømme), kemiske forhold (salinitet og næringssalte) samt af biologiske forhold (græsning af heterotrofe protister og zooplankton). Ændringer i disse variabler kan derfor tænkes at påvirke artssammensætningen og derved forskyde fødenettets energi-/stoftransport mellem de trofiske niveauer.

Generelt tolkes ændringer i diverse indicier mod lavere værdier som ændringer mod færre arter og mod skæve fordelinger med dominans af få arter, som tegn på et økosystem under belastning.

Havpattedyr

Havpattedyr er toppredatorer i danske marine økosystemer. Der forekommer adskillige arter af havpattedyr i danske farvande inklusive vågehval, hvidnæsedelfin og spækhugger, marsvin samt gråsæler og spættede sæler. Spættet sæl, gråsæl og marsvin er de primære hjemmehørende arter, og derfor fokuserer denne vurdering på disse tre arter.

Havpattedyr har historisk været efterstræbt af mennesker pga. deres spæk og for sælers vedkommende også på grund af konflikter med fiskeriet (Olsen et al. 2018). Gråsælen blev allerede udryddet langs det europæiske fastland (bortset fra Norge) i 1500-tallet (Härkönen et al. 2007). Mens jagt på marsvin gradvist blev udfaset i løbet af 1800-tallet (bortset fra fangst under de to verdenskrige), blev sæljagten intensiveret, særligt i perioden 1889-1927, hvor der blev givet dusører for nedlagte sæler (Olsen et al. 2018). Gråsælerne, som ud fra både zooarkæologisk og historisk evidens var den mest almindelige sælart i de indre danske farvande, forsvandt fra dette område i denne periode (Olsen et al. 2018). Efterfølgende blev der stadig drevet omfattende jagt på sæler, og forurening med organokloriner førte til yderligere kollaps af gråsæl-bestanden i den indre Østersø (Harding og Härkönen 1999). Gråsæl og spættet sæl blev fredet i Danmark i hhv. 1967 og 1976, og sammen med beskyttelse af vigtige hvilepladser har det ført til langsom genopretning af bestanden af spættet sæl. Gråsælen begyndte at genindvandre omkring år 2000, men forekomsterne er stadig lave i forhold til de historiske niveauer, og yngleaktiviteten er begrænset til ganske få dyr (Galatius et al. 2020).

3.5 Metode og data

Plankton

Data for fytoplankton er indhentet fra et nyligt afsluttet planktonkonsolideringsprojekt, der har haft sigte på at samle historiske planktondata. Dette datasæt er baseret på NOVANA-data til og med 2021. For fytoplankton er anvendt 14 stationer med fuld dækning for perioderne 2011 - 2016 og 2016 - 2021, samt to stationer med ufuldstændig periodedækning og dertil ni stationer i den centrale del af Nordsøen, der besøges to gange årlig hhv. vinter og sensommer. For data, der ligger før 2011, er inkluderet en række stationer, som har været aktive i kortere og længere perioder. Der er analyseret for området, der dækkes af OSPAR, som inkluderer danske havområder nord for Øresundsbroen og linjen fra Sjællands Odde til sydspidsen af Djursland. Dette havområde er inddelt i to underområder, nemlig stationer, der betegnes Nordsøen-Kattegat, som er beliggende uden for 12 sømil fra kysten, samt NO-

VANA-stationer beliggende inden for 12 sømil fra kysten (kystnære Nordsøen-Kattegat område). NOVANA-stationer beliggende syd for ovenstående inddeling er beliggende inden for havkonventionsområdet HELCOM og betegnes Østersøen. For alle planktonparametre er der færre stationer (fem aktive), og derfor er der for Østersøen kun anvendt en enkelt inddeling, dvs. er ikke underopdelt i forhold til 12 sømil-grænsen. En samlet oversigt over fytoplanktonstation og tidsserielængde findes i appendiks 1.

Der er primært benyttet årsmidler i planktonanalysen, som er beregnet som least square periodegennemsnit for Nordsø-Kattegat, kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen ved hjælp af en generel lineær model. Modellen er konstrueret som en tresidet variansanalyse. Forud for analysen transformeres data til logaritmiske værdier for at opnå varianshomogenitet mellem store og små værdier samt for at residualerne fra variansanalysen kan tilnærmes normalfordeling. Denne procedure er erfaringsmæssig præcis i beregningen af planktonparametre i NOVANA-programmet og er gennem en lang årrække anvendt i DCE's årlige NOVANA-rapport. Metodens evne til at beregne gennemsnitsværdier vurderes som høj og er anvendt på tværs af alle grupper af planktonorganismer.

Det skal noteres, at alle indices angiver diversiteten i en given prøve. Analyser af fyto- og dyreplankton i mikroskopet anvender forskellige metoder til optælling af dominerende og sjældne arter, hvilket betyder, at prøvestørrelsen ikke kan normaliseres indenfor en prøve, da de enkelte arter optælles med varierende strategi og derfor heller ikke mellem prøver. Dette giver en indbygget usikkerhed, som umiddelbart ikke kan kvantificeres. Dertil kan tællestrategier foran mikroskopet påvirke antallet af arter samt den statistiske usikkerhed, hvormed koncentrationen af de enkelte arter er bestemt. Derfor er enheden på alle diversitetsindices "i en prøve". For delvist at imødegå ovenstående udfordringer, er der kun beregnet indices for kiselalger, der er den dominerende artsgruppe i de danske havområder, og som fremtræder med arts-specifikke karakteristika i mikroskopet. Udfordringen med at bestemme diverse indices for plankton er en generel problemstilling for alle planktondatasæt på tværs af alle lande i Nordsø-Kattegat og Østersøområdet. Hvor der er udført og konkluderet på statistiske analyser, anses P-værdier $<0,05$ for statistisk signifikante.

Vi har brugt et simpelt udtryk for artsrigdom (her antal kiselalger i en prøve), evenness indeks (DK: jævnhedsindeks) samt Shannon-Weaver indekset.

"Evenness" bruges ofte i forbindelse med artsrigdom (det samlede antal forskellige arter til stede) til at beskrive artssammensætning i f.eks. et økosystem. Et højt evenness antyder, at individerne er jævnt fordelt på tværs af forskellige arter, hvilket indikerer et afbalanceret og mangfoldigt økosystem. På den anden side indikerer et lavt evenness indeks, at nogle arter dominerer samfundet, mens andre er mindre udbredte.

Shannon-Weaver indekset, også kendt som Shannon-Wiener indekset, Shannon diversitetsindeks eller Shannon H' indekset, er et udtryk til at kvantificere mangfoldigheden eller artsrigdommen af arter inden for et økosystem. Det giver information om både antallet af forskellige arter til stede og jævnheden af deres fordeling. Indekset tager både højde for antallet af arter og deres relative rigdomme, hvilket giver et solidt billede af mangfoldigheden inden for et samfund. Højere værdier af indekset indikerer højere mangfoldighed og en

mere jævn fordeling af arter, mens lavere værdier antyder lavere mangfoldighed og/eller en skæv fordeling. Shannon-Weaver indekset bruges bredt i økologiske undersøgelser til at sammenligne mangfoldighed på tværs af forskellige samfund eller økosystemer, vurdere virkningen af miljøændringer eller forstyrrelser på mangfoldigheden og er bredt accepteret i forvaltningssammenhæng.

Langtidsudviklingen dvs. udviklingen mellem 2000 og 2021 har anvendt alle stationer, der har dækning for denne periode.

Udvikling inden for perioderne (Periodetrend) er analyseret er undersøgt for udvikling mellem årene 1989-2009; 2010-2016 og perioden 2016-2021 med lineær regression af årsmidler mod år. Årsmidler er beregnet som *least square* logaritme transformerede gennemsnit. Dette datasæt er det længste og udgør totalt 46 besøgte stationer.

Hvor det har været relevant at sammenligne perioderne 2010 – 2015 med 2016 – 2021, er en t-test anvendt i *perioodesammenligning*. Det er valgt at ændre på testperioderne fra 2010-2016 mod 2016-2021 til en sammenligning af perioderne 2010-2015 mod 2016-2021 i forhold til opgavens formulering, for at undgå, at året 2016 indgår redundant i begge perioder i den statistiske test. Der er ikke medtaget data for zooplankton, da der for nærværende er et udestående med kvalitetssikring og harmonisering af zooplanktondata.

Ved undersøgelser af fytoplankton anvendes forskellige metoder til optælling af dominerende og sjældne arter, hvilket betyder, at prøvestørrelsen ikke kan normaliseres inden for eller mellem prøver. Dette giver en indbygget ikke kvantificerbar usikkerhed i bestemmelsen af antallet af arter per volumen. Dertil kan tællestrategier foran mikroskopet påvirke antallet arter samt den statistiske usikkerhed, hvormed koncentrationen af de enkelte arter er bestemt. Derfor er enheden for diversitets indikatorer i dette notat "i en prøve", og ikke normaliseret til volumen.

Datasikkerhed

Datasikkerheden for fytoplankton vurderes som god, men data for heterotrofe protister er medium, pga. laver rumlig dækning.

Havpattedyr

Vurderingen af artsdiversitet inkluderer tre havpattedyrarter, der yngler i dansk farvand: gråsæl, spættet sæl og marsvin. Vi har ikke data for antal og forekomst af andre arter, så dette er eneste mulighed. Sæler optælles hvert år, men for marsvin har vi kun bestandsestimater fra 1994, 2005 og 2016 for Nordsøen/Skagerrak, samt estimater fra 2020 for Bælthavet (vestlige Østersø). For Østersøbestanden findes kun et estimat baseret på data fra 2011-2013. Bestandsestimater fra SCANS-IV (gennemført i 2022) er endnu ikke publicerede og ligger desuden uden for perioden 2016-2021, og derfor er der brugt tal fra Hammond et al. (2017) samt MiniSCANS-II i 2020 (Unger et al. 2021) for at estimere tæthed i de to regioner.

Sæler: Begge sælarter optælles hvert år i yngle- og fældeperioder på alle betydelige liggepladser i dansk farvand af Aarhus Universitet. Sæler opgøres i NOVANA-overvågningen i deres forvaltningsenheder, der er baseret på ge-

netiske data, men her opgøres de for Østersøen/Bælthavet og Nordsøen/Skagerrak/Kattegat. For spættet sæl er de rå optællinger for hvert område multipliceret med en korrektionsfaktor på 1,75 for at tage højde for sæler, der er til havs under optællingen. For gråsæler er brugt en korrektionsfaktor på 1,5.

Marsvin: Optællingsområderne for marsvin er ikke direkte sammenlignelige inden for de geografiske vurderingsområder i denne rapport. Derfor er antallet af marsvin inden for hvert område udregnet ved at tage den estimerede tæthed af marsvin fra forskellige optællinger og gange denne op med det totale areal af de forskellige områder (Bornholm: 11.568 km², Bælthavet: 17.261 km², Kattegat: 15883 km², Nordsøen/Skagerrak inkl. Limfjorden og Ringkøbing Fjord: 60.639 km²). Dette medfører en usikkerhed, da optællingsområderne ikke stemmer helt overens med disse vurderingsområder, men dette kan ikke undgås. Marsvin er optalt i alle danske farvande (undtagen Bornholm) i 1994 (SCANS), 2005 (SCANS-II) og 2016 (SCANS-III). Tal for Bælthavet og Kattegat er estimeret i 2020 (MiniScans-II). Da Nordsøen og Skagerrak ikke er en del af MiniSCANS-II er senest tilgængelige estimater her fra sidste SCANS survey i 2016. I farvandet omkring Bornholm er det eneste estimat fra 2011-2013, og denne estimerede populationstæthed er derfor inkluderet for alle år, da trenden ikke kendes. Det er naturligvis problematisk at benytte disse ældre data gennem alle år, dog må det formodes at uanset om trenden er negativ eller positiv, så er antallet af marsvin omkring Bornholm så lavt at det ikke får en overordnet betydning i konklusionerne.

3.6 Data for tæthed i de 4 år er taget fra følgende survey-områder i de fire surveys

Bornholm: Vintertæthed for Bornholm estimeret i 2011-2013 (0,066 ind/km²) og bruges for alle år. Kilde: Amundin et al. (2022).

Bælthavet og Kattegat: For Bælthavet og Kattegat har vi brugt gennemsnitlig tæthed estimeret for alle år fra SCANS samt MiniSCANS-II survey (Hammond et al. 2017, Unger et al. 2021, Tabel 6). Disse optællinger følger samme metode, men ikke helt samme optællingsområder. Dette har mindre betydning når vi bruger gennemsnitlig tæthed og ikke total antal fra surveyoptællingsområdet.

Nordsøen: For Nordsøen har vi brugt gennemsnitstætheder fra følgende studier: 1994 - SCANS-område L (0,64 ind/km²) (Hammond et al. 2002); 2005 - SCANS-II Survey område L (0,55 ind/km²) (Hammond m.fl. 2013); 2016 og 2021 - SCANS-III (0,52 ind/km²).

Tabel 6. Populationstætheder for marsvin brugt til at udregne det totale individer i Dansk farvand (separat for Nordsøen inkl. Kattegat samt Østersøen). Alle stjernemarkerede værdier er estimater fra andre år (se tekst) der er benyttet pga. data-mangel:*2011-2+13, **2020 og ***2016

Art	År	Bornholm	Bælthavet	Kattegat	Nordsøen/Skagerrak
Areal (km ²)		11.568	17.261	15.883	60.639
	1994	0,07*	0,93	0,93	0,64
Marsvin - tæthed (ind/km ²)	2005	0,07*	0,41	0,41	0,55
	2016	0,07*	1,04	1,04	0,52
	2021	0,07*	0,41**	0,41**	0,52***

Datasikkerheden for fytoplankton vurderes som god, da ovenstående udfordringer delvist reduceres at høj datatæthed.

Datasikkerhed for marsvin vurderes som lav, da punkttestimater af populationsstæthed er estimeret med relativt stor usikkerhed.

Datasikkerhed for sæler vurderes som høj, da populationsoptællinger opgøres to gange om året og trendestimater fra tidsserier (f.eks. NOVANA) passer med konklusioner i denne rapport.

Tal, der er opgjort til denne rapport, kommer fra følgende kilder:

- SAMBAH 2017. SAMBAH - FINAL Report. LIFE Project Number: LIFE08 NAT/S/000261. Kolmårdens Djurpark AB, SE-618 92 Kolmården, Sweden. S.77.
- P.S. Hammond, P. Berggren, H. Benke, D.L. Borchers, A. Collet, M.P. Heide-Jørgensen, S. Heimlich, A.R. Hiby, M.F. Leopold, N. Øien. 2002. Abundance of harbour porpoises and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *J. Appl. Ecol.*, 39 (2002), pp. 361-376
- Hammond PS, Macleod K, Samarra F, Swift R, Berggren P, Borchers DL, Burt L, Paxton CGM, Cañadas A, Desportes G, Donovan GP, Gilles A, Lehnert K, Scheidat M, Siebert U, Gillespie D, Leaper R, Gordon J, Hiby L, Lovell P, Kuklik I, Leopold M, Øien N, Ridoux V, Rogan E, Sequeira M, Skov H, Tasker ML, Teilmann J, Van Canneyt O, Vázquez JA. 2013. Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. *Biological Conservation*. 164:107-122.
- Hammond, P.S., Lacey, C., Gilles, A., Viquerat, S., Börjesson, P., Herr, H., Macleod, K., Ridoux, V., Santos, M.B., Scheidat, M., Teilmann, J., Vingada, J., Øien, N. 2017. Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Final report. Sea Mammal Research Unit, University of St Andrews, Scotland, UK.
- Hansen J.W. & Høgslund S. (red.) 2023. Marine områder 2021. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 220 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 529. <http://dce2.au.dk/pub/SR529.pdf>.
- Unger, B., Nachtsheim, D., Ramírez Martínez, N., Siebert, U., Sveegaard, S., Kyhn, L., Balle, J.D., Teilmann, J., Carlström, J., Owen, K., Gilles, A. 2021. MiniSCANS-II: Aerial survey for harbour porpoises in the western Baltic Sea, Belt Sea, the Sound and Kattegat in 2020. Joint survey by Denmark, Germany and Sweden. Final report to Danish Environmental Protection Agency, German Federal Agency for Nature Conservation and Swedish Agency for Marine and Water Management. 28 pp. URL: https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Eksterne_udgivelse_r/20210913_Report_MiniSCANSII_2020_revised.pdf

Andre referencer inkluderer:

- Olsen, M. T., Galatius, A., and Harkonen, T. 2018. The history and effects of seal-fishery conflicts in Denmark. *Marine Ecology Progress Series*, 595: 233-243.
- Härkönen, T., Brasseur, S., Teilmann, J., Vincent, C., Dietz, R., Abt, K., and Reijnders, P. 2007. Status of grey seals along mainland Europe from the southwestern Baltic to France. *NAMMCO Scientific Publications*, 6: 57-68.

- Harding, K. C., and Härkönen, T. J. 1999. Development in the Baltic grey seal (*Halichoerus grypus*) and ringed seal (*Phoca hispida*) populations during the 20th century. *Ambio*, 28: 619-627.
- Galatius, A., J. Teilmann, M. Dahne, M. Ahola, L. Westphal, L. A. Kyhn, I. Pawliczka, M. T. Olsen, and R. Dietz. 2020. 'Grey seal *Halichoerus grypus* recolonisation of the southern Baltic Sea, Danish Straits and Kattegat', *Wildlife Biology*, 2020.

3.7 Resultater og konklusion for de enkelte trofiske niveauer

Plankton

3.7.1 Langtidsudvikling

I denne vurdering har vi udelukkende medtaget kiselalger, da kiselalger med størst sikkerhed kan identificeres i lysmikroskopet. Der vurderes på udvikling i tre typer af diversitets indicies i perioden siden 2000 til og med 2021.

Antal kiselalger i en prøve (Figur 9, Tabel 4). I Østersøen ses et signifikant ($P < 0,001$) fald i antallet af arter optalt i en prøve på omkring 0,3 arter per år. Samtidig stiger antallet af kiselalge arter signifikant i den kystnære del af Nordsø-Kattegat området med 0,27 per år, hvorimod er ingen ændringer ses i Nordsø-Kattegat området.

Evenness i en prøve (Figur 10, Tabel 7). I Østersøen ses et signifikant ($P = 0,017$) fald i evenness blandt kiselalger optalt i en prøve. I Nordsøen - Kattegat området ses ligeledes, at signifikant fald i evenness ($P = 0,023$), hvorimod evenness i den kystnære del af Nordsø- Kattegat er konstant og uændret siden 2000.

Shannon-Weaver i en prøve (Figur 10, Tabel 7). I Østersøen ses et signifikant ($< 0,001$) fald i indekset blandt kiselalger optalt i en prøve. I Nordsøen - Kattegat ses ingen signifikant ændringen ($P = 0,8$), hvorimod Shannon-Weaver i den kystnære del af Nordsø- Kattegat er svagt stigende siden 2000 ($P = 0,02$).

Tabel 7. Trendudviklingen i antallet af kiselalger (Figur 9), evenness (Figur 10) og Shannon-Weaver (Figur 11) siden år 2000. Der er angivet hældning på trenden, R^2 samt linjens signifikans. Farvekoder referer til figur 9,10 og 11.

Antal kiselalger per prøve	Hældning	R^2	P
Østersø	-0,31	0,42	<0,001
Kyst Nordsø-Kattegat	0,27	0,51	<0,002
Nordsø-Kattegat	0	0,03	0,2
Evenness per prøve			
Østersø	-0,005	0,21	0,017
Kyst Nordsø-Kattegat	0	0	0,77
Nordsø-Kattegat	0,004	0,18	0,023
Shannon-Weaver per prøve			
Østersø	-0,021	0,54	<0,001
Kyst Nordsø-Kattegat	0,013	0,21	0,02
Nordsø-Kattegat	0	0	0,799

3.7.2 Udvikling inden for perioder (Periodetrend)

I periodetrends-analyse, hvor perioder 1989-2009, 2010-2016 og 2016-2021 er sammenlignet trinvist, er der fundet få signifikante ændringer (Tabel 8 markeret med *), der knytter sig til periode 1989-2009 og derfor mindre relevant for denne vurdering.

Tabel 8. Periodetrend. Hældningen angiver ændringen i diversitet indikatorer per år. inddelte i perioden 1989-2009, forrige assessment-periode (2010-2016) samt den nyeste assessment-periode (2016-2021). Farver henviser til punkter på figurene 9, 10 og 11. * markere p-værdier <0,05 og er dermed indikativ for signifikante ændringer

Diversitetsindikator	Periodetrend	Nordsø-Kattegat		Kyst Nordsø-Kattegat		Østersøen	
		hældning	P	hældning	P	hældning	P
Antal kiselalger per prøve	1989-2009	0,42	<0,001*	-0,04	0,50	-0,06	0,45
	2010-2016	0,57	0,21	0,80	0,03*	-0,13	0,40
	2016-2021	-0,23	0,63	-0,49	0,14	0,10	0,78
Shannon-Weaver per prøve	1989-2009	0,02	0,01*	0,00	0,88	0,01	0,14
	2010-2016	0,01	0,70	0,05	0,09	-0,05	0,06
	2016-2021	-0,01	0,75	-0,05	0,15	-0,01	0,85
Evenness per prøve	1989-2009	-0,01	0,001*	0,00	0,61	0,001	0,02*
	2010-2016	-0,01	0,44	0,00	0,94	-0,02	0,08
	2016-2021	0,00	0,84	-0,01	0,25	0,001	0,78

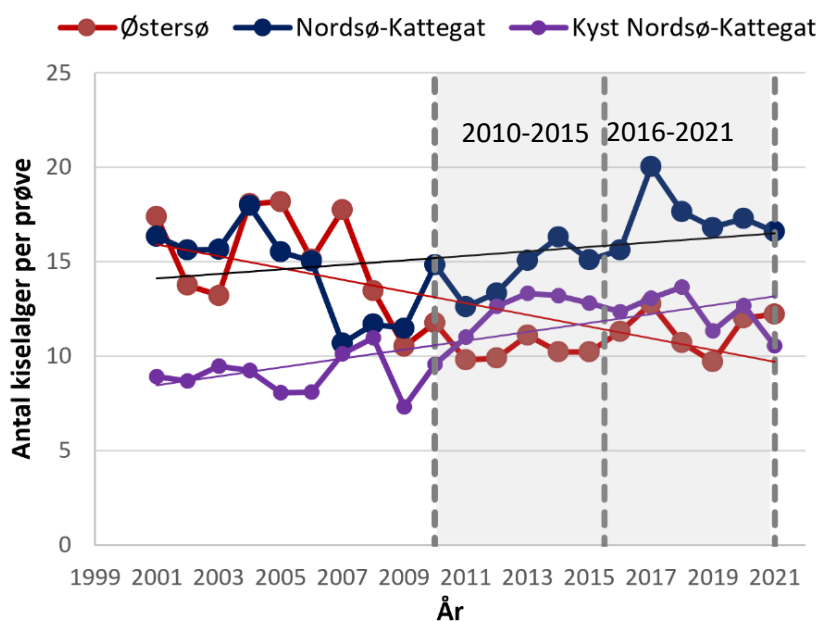
3.7.3 PerioDESammenligninger 2010-2015 mod 2016-2021

I perioDESammenligningen har vi undersøgt, hvad der er sket af ændringer i perioden 2016-2020 sammenlignet med den forrige assessment-periode 2010-2015. Vi har undersøgt de tre diversitets indicies, hhv. antallet af kiselalger i en prøve, evenness i en prøve samt ændringer i Shannon-Weaver indekset i en prøve. Antallet af kiselalgearter i den åbne del af Nordsø-Kattegat er signifikant stigende med 2,75 arter, hvorimod antallet er konstant i de øvrige farvande fra 2010-2015 til perioden 2016-2021 (Figur 9 og Tabel 9). Evenness er svagt, men signifikant faldende fra 2010-2015 til perioden 2016-2021 (Figur 10 og Tabel 9) for alle havområder, samtidig med at Shannon-Weaver diversitetsindekset også falder i samme periode (Figur 11 og Tabel 9). Det peger på generel faldende artdiversitet af kiselalger, der optræder stigende mere ujævnt fordelt med færre og mere dominerende arter i de optalte plankton-prøver.

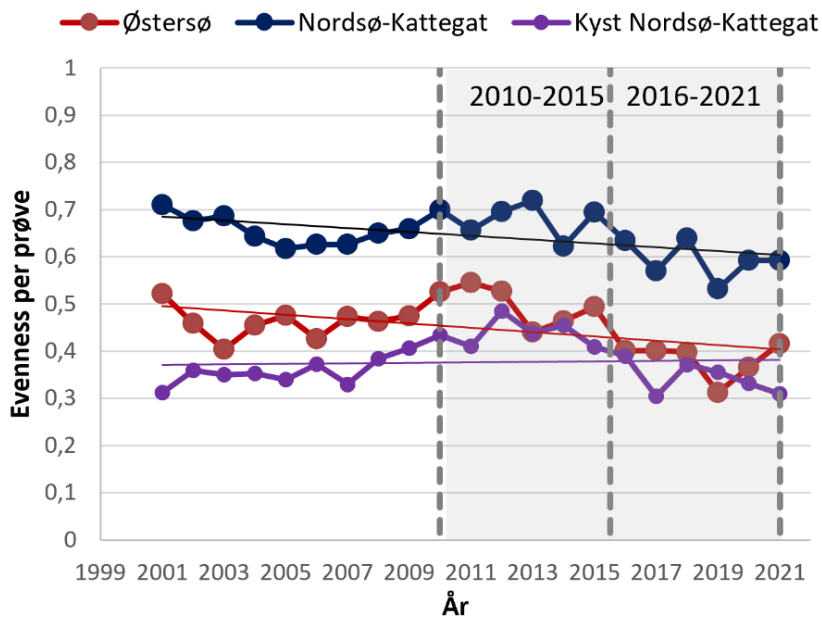
Tabel 9. Test estimater og P-værdier (t-test). Estimat angiver forskellen i middelværdien mellem perioden 2010-2015 og 2016-2021. Fortegn på estimater angiver trendretningen. Farvekoder referer til sammenligningen mellem de skraverede områder på figur 9,10 og 11.

	Estimat	Standard fejl	T-værdi	P
Eveness per prøve				
Nordsø-Kattegat	-0,09	0,01	-6,69	<,0001
Kyst Nordsø-Kattegat	-0,09	0,02	-6,26	<,0001
Østersø	-0,12	0,02	-7,38	<,0001
Shannon-Weaver per prøve				
Nordsø-Kattegat	-0,10	0,03	-2,81	0,005
Kyst Nordsø-Kattegat	-0,18	0,03	-5,50	<,0001
Østersø	-0,22	0,04	-5,20	<,0001
Kiselalge arter per prøve				
Nordsø-Kattegat	2,75	0,34	8,04	<,0001
Kyst Nordsø-Kattegat	0,13	0,29	0,46	0,65
Østersø	0,81	0,41	1,99	0,05

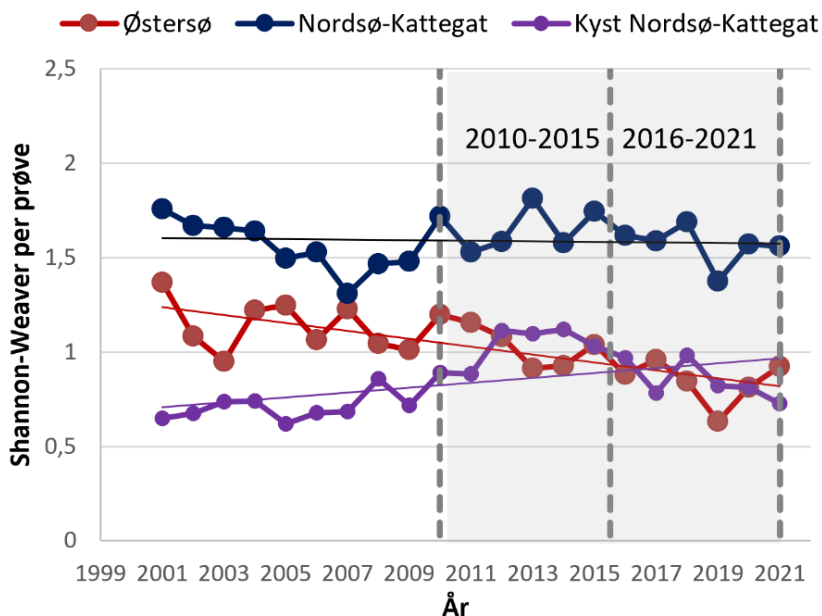
Figur 9. Udviklingen i antallet af kiselalger per prøve i Nordsø-Kattegat og Østersøen. Fuldt optrukne trendlinjer angiver ændring på antallet af arter optalt i per prøver for perioden 2000 – 2021. Skraverede områder inddeelt med stiplede linjer markere de to testperioder.



Figur 10. Udviklingen i kiselalge evenness i Nordsø-Kattegat og Østersøen. Fuldt optrukne trendlinjer angiver hældning på antallet af arter optalt i per prøver for perioden 2000 – 2021. Skraverede områder inddelt med stiplede linjer markere de to testperioder.



Figur 11. Udvikling i kiselalge Shannon-Weaver-indekset i Nordsø-Kattegat og Østersøen. Fuldt optrukne trendlinjer angiver hældning på antallet af arter optalt i per prøver for perioden 2000 – 2021. Skraverede områder inddelt med stiplede linjer markere de to testperioder.

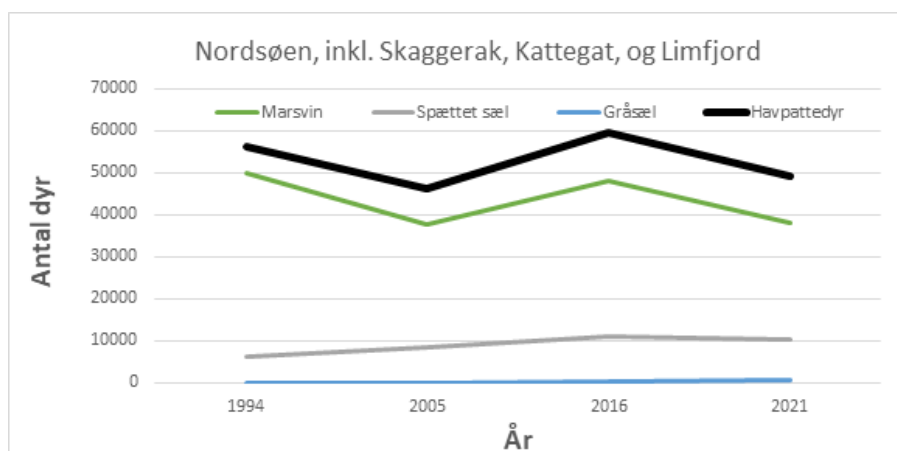


Haopattedyr

I den danske del af Nordsøen er antal af marsvin og spættede sæler nogenlunde stabile. Antallet af gråsæler er steget markant med mere end en fordobling siden sidste periode, men gråsæler er stadig den mindst talrige art, selvom de formodes at være langt fra deres historiske abundans efter lokale udryddelser af både nordsøbestanden og østersøbestanden på grund af jagt. I Danmark var gråsælen indtil 1800-tallet den mest almindelige sælart vurderet ud fra zooarkæologi og historiske kilder (Olsen et al. 2018). Gråsæler fra nordsøbestanden var allerede udryddet i Danmark omkring år 1500 (Härkönen et al. 2007), mens gråsæler fra østersøbestanden forekom i de indre farvande inkl. Kattegat indtil omkring år 1900 (Galatius et al. 2020). Da forholdet

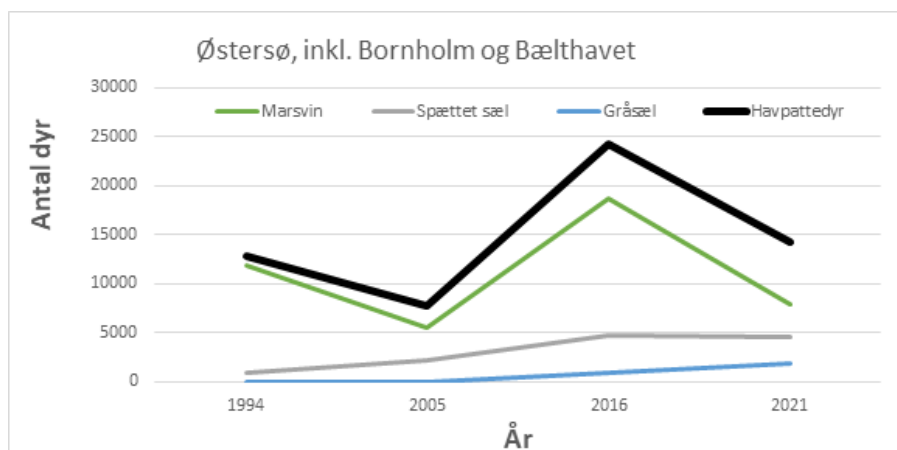
mellem arterne således vurderes til at være ude af naturlig balance pga. menneskelig påvirkning, vurderes tilstanden som **"not good"**, men gradvist på vej op. Da der ikke er nogen kendte hindringer for gråsælens genetablering i Danmark, burde en naturlig balance kunne opnås, men den har lange udsigter med den nuværende udviklingstakt.

Figur 12. Ændring i estimeret antal dyr i Nordsøen for hver af de tre havpattedyrsarter, for årene 1994 (SCANS-I), 2005 (SCANS-II), 2016 (SCANS-III) samt senest tilgængelige estimater for 2021.



For Østersøen inklusive Bornholm og Bælthavet er det totale antal havpattedyr faldet meget siden sidste opgørelse, og det er nu nede omkring 2005-niveau. Grunden til dette er, at det estimerede antal af marsvin i 2016 var højt, hvorimod de seneste estimater fra 2020 viser en dramatisk tilbagegang i Kattegat og specielt i Bælthavet. Populationen af spættede sæler er relativt stabil, og populationen af gråsæler er også her på vej op. For Østersøen vurderes miljøtilstanden for havpattedyr derfor **"not good"**, både på grund af, at gråsælspopulationen stadig er på vej tilbage til naturligt niveau efter menneskelige påvirkninger fra jagt og forurening, og pga. nedgangen i antallet af marsvin.

Figur 13. Ændring i estimeret antal dyr i Østersøen (farvandet omkring Bornholm, danske vestlige Østersø og den danske del af Bælthavet) for hver af de tre havpattedyrsarter, for årene 1994 (SCANS-I), 2005 (SCANS-II), 2016 (SCANS-III) samt senest tilgængelige estimater for 2021.



3.7.4 Konklusion

Den tydeligste ændring i kiselalgesamfundet på tværs af de undersøgte områder ses i de signifikante langsigtede ændringer siden år 2000 i ensartethed (evenness) og Shannon-Weaver-indekset. Disse ændringer opstår både i Østersøen og i det kystnære Nordsø-Kattegat-område. I Østersøen observerer vi et generelt fald i alle indikatorer, mens det kystnære Nordsø-Kattegat-område viser det modsatte. Nordsø-Kattegat-området har forbliver overordnet uændret siden år 2000. I langtidstrendanalysen er de betydningsfulde ændrin-

ger typisk fundet i den tidlige del af perioden (1989-2009), hvor alle indikatorer ændres i Nordsø-Kattegat-området. Der er mindre forskydninger i de øvrige områder i forhold til tiden før 2016. Når perioden 2010-2015 sammenlignes med perioden 2016-2021, er der en signifikant forskelle i middelværdierne mellem de to perioder. Her ses en nedgang både i ensartethed (evenness) og Shannon-Weaver-indekset, mens antallet af arter stiger i Nordsø-Kattegat og i Østersøen. Dette indikerer en ændring mod en stigende dominans af enkelte arter, hvilket fører til en skæv fordeling af arter, men det antyder også en stigning i artsrigdom inden for kiselalgegruppen i flere områder.

Når der ikke er observeret markante ændringer i seksårsperioderne (periode-trendanalysen) ved brug af lineær regression, kan dette skyldes, at seks år udgør et meget kort tidsrum med få observationer og derfor en begrænset mængde frihedsgrader. Ved testen af vurderingsperioden 2016-2021 i forhold til 2010-2015 anvendes en hypotesebaseret t-test til sammenligning mellem de to perioder. Vurderingsperioden 2016-2021 er derfor muligvis for kort til at kunne drage entydige konklusioner om plankton. Både langsigtede ændringer og sammenligningen mellem perioderne kan tilskrives ændrede kvælstof-tilførsler siden slutningen af 1900-tallet, hvilket er med til at drive ændringer. Desuden kan ændringerne skyldes stigende temperaturer og ændrede vindforhold, dvs. klimatiske ændringer, som de danske havområder har oplevet i samme periode. Baseret på ekspert vurderinger tildeler vi alle områder tilstanden "**unknown**" for plankton, på grund af manglende fortolkningsmuligheder på de begrænsede datasæt der er til rådighed.

Miljøtilstanden for havpattedyrs diversitet i Nordsøen i perioden 2016-2021 vurderes som kvalitativ ekspertvurdering for "**not good**" på basis af den meget lave population af gråsæler og stabil population af spættede sæler og marsvin. Tilstanden ser dog ud til gradvist at blive bedre i takt med genindvinding af gråsæler.

Miljøtilstanden for havpattedyrs diversitet i Østersøen i perioden 2016-2021 vurderes som kvalitativ ekspertvurdering for "**not good**", og i forværring. Dette vurderes som kombination af den historisk lave population af gråsæler (der dog ser ud til at blive bedre) og den nedadgående population af marsvin. De nyeste tal fra SCANS-4 burde være tilgængelige snart for at bekræfte hvorvidt denne nedgang i Østersømarsvin fortsætter.

3.8 Knowledge gaps

Anvendelsen af eDNA-teknikker kan være et stærkt værktøj i arbejdet med D4C1-deskriptoren. Disse teknikker vil bredt kunne dække biodiversiteten af alle de pelagiske organismer. Der er et behov for at kvalitetssikre zooplanktondata med hensyn til arter og deres navngivning og biomasseberegningen af data i NOVANA for at undersøge udviklingen af diversitet.

Derudover er der behov for at undersøge og forstå betydningen af ændringer i indikatorerne, samt hvilke mekanismer der forskyder dem. Det er derfor ikke umiddelbart muligt entydigt at pege på, at en given ændring er negativ eller positiv i miljøforbedringshenseende.

Havpattedyr: Der har været stigende usikkerhed omkring sæloptællinger, da senere års mærkningsdata antyder, at en væsentlig mindre fraktion af sælerne

hviler på land på optællingstidspunkterne end hidtil antaget. Dette bør undersøges nærmere, da korrektionsfaktoren her spiller en stor rolle for det endelige populationsestimat.

Antallet af marsvin i Østersøen er specielt kritisk, og flere regelmæssige optællinger ville hjælpe med at mindske usikkerheden i estimer og trends og forstå den rumlige udvikling af populationen. Der er derfor stor usikkerhed i estimer af marsvin, og det er uklart, hvorvidt denne tilsyneladende nedgang vil fortsætte, og derfor er det vigtigt med yderligere overvågning i Østersøen

4 D4C2 Balancen i biomasse mellem de trofiske niveauer

4.1 GES beskrivelse

Balancen i den samlede fordeling på tværs af de trofiske niveauer påvirkes ikke negativt som følge af menneskeskabte belastninger⁸.

4.2 Trofiske niveauer

Fytoplankton / Havpattedyr

4.3 Hovedbudskaber

Balancen i den samlede fordeling på tværs af de trofiske niveauer er undersøgt for fytoplankton, heterotrofe protister samt havpattedyr. For fødenettets nederste niveauer (fytoplankton og heterotrofe protister), har vi sammenlignet de trofiske niveauer. Havpattedyr repræsenterer i princippet fødenettets absolut øverste niveau, og vi har ikke adgang til de mellemliggende komponenter i det marine fødenet. Derfor vurderes tilstanden for D4C2 som **unknown** i Nordsø-Kattegat og i Østersøen.

Plankton

I et 20-årigt perspektiv er der generelt stigende biomasse af fytoplankton i alle havområder (Tabel 13). Forholdet mellem fytoplankton og de heterotrofe protist græsser (ratio) responderer parallelt og der er ingen signifikant stigning, hvilket indikerer stabil kobling mellem græsserne og primærproducenter i et langsigtet perspektiv. Ligeledes er kobling konstant bestemt i perioder (Tabel 10) og ratio er statistisk signifikant ens i assesment perioderne 2010-2015 og 2016-2021. Dette er gældende for Nordsø-Kattegat områder samt i Østersøen. Det betyder, at miljøtilstanden for transporten af primærproduktion er konstant, og tilstanden vurderes derfor som **good**.

Der er ikke tilstrækkelige data for heterotroft protistplankton til at vurdere kystnære Nordsø - Kattegat under D4C2 separat.

Havpattedyr

Den totale biomasse af havpattedyr i dansk farvand følger vores mest talrige art, marsvinet, og er relativt stabil i den danske del af Nordsøen (inkl. Skagerrak, Kattegat og Limfjorden), og tilstanden for havpattedyr for D4C2 i Nordsøen for perioden 2016-2021 vurderes derfor som **good**.

I den danske del af Østersøen (inkl. Bælthavet, den vestlige Østersø og havet omkring Bornholm) er biomassen af havpattedyr faldet væsentligt i perioden

⁸ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet)

2016-2021. Denne nedgang ses som konsekvens af den nedadgående trend for marsvinebestanden i Bælthavet og især den lave seneste optælling i 2020. (Tabel 5). Med forbehold for de relative store usikkerheder forbundet med populationsestimater vurderes tilstanden for havpattedyr i Østersøen i perioden 2016-2021 som "not good" på basis af dette fald i marsvin og totale havpattedyrs biomasse.

Tabel 10. Udviklingen i de forskellige D4C2. For heterotroft protistplankton og Fytoplankton angiver Perioderne er vurderet som hældningen på trendlinjen, hvorimod gennemsnitsværdien for perioden 2016-2021 ved hjælp af lineær regression inden for de forskellige perioder. Pilene henviser til tabel 14 afsnittet *Resultater og konklusioner*. Grøn er uændret, blå er positivt, grå er ukendt og rød farve er anvendt når udviklingen er vurderet negativ.

Indikator/trofisk niveau	Nordsø-Kattegat			Kystnære Nordsø -Kattegat			Østersø		
	-2009	2010- 2016	2016- 2021	-2009	2010- 2016		-2009	2010- 2016	2016- 2021
Fytoplankton biomasse									
Havpattedyr biomasse				Ingen data					
Heterotrofe protist biomasse				Ingen data					
Ratio				Ingen data					

4.4 Baggrund

Plankton

Plankton består af organismer, der er underlagt vejr, vind og havstrømme. Det betyder, at plankton ikke selv bestemmer, hvor de fordeler sig, og derfor har de begrænsede muligheder for at lokalisere sig, hvor vækstbetingelserne er optimale. Derimod er generationstiderne ofte meget korte og kan måles i dage under optimale forhold. Derfor kan fyto- og heterotrofe protister drage nytte af ændrede forhold. Da fytoplankton og heterotroft protistplankton har generationstider i nogenlunde samme størrelsesorden, er det en antagelse, at ændringer i fytoplanktonbiomasser modsvares af ændringer i heterotrofe protister. Det betyder at forholdet (ratio) mellem årsmidlerne et balanceret økosystem bør være konstante.

Den tidlige dynamik for plankton kan beskrives som en oscillerende årsudvikling i det pelagiske habitat, der begynder med lave vinterkoncentrationer af primærproducenterne (fytoplankton), der stiger parallelt med lys og temperatur til en forårsopblomstring. Da biomassen af sekundærproducenter ("græssere", der spiser fytoplankton) er lav om vinteren/foråret, opbygges der betydelige biomasser af primærproducenter "forårsopblomstring". Når primærproducenterne har opbrugt næringsalte og sekundærproducenternes biomasse er opbygget gennem foråret falder biomassen af primærproducenterne, samtidig med at sekundærproducenterne opbygger deres biomasse og dermed forøger græsningen. I sommerperioder, hvor de eksterne stoftransporter er mindre, dominerer remineralisering af næringsstoffer de pelagiske habitater både i de lavvandede fjorde og i kystnære og åbne havområder. Når temperaturen falder og vestenvindene tager til i løbet af efteråret, nedbrydes

lagdelingen og der tilføres nye næringsalte fra andre havområder og fra land via øget afstrømning og opblanding af bundvand. Herved danner primærproducenterne fornyede biomasser, som kan danne "efterårsopblomstringer". Primærproducenter og græsning spiller derfor en central rolle i det pelagiske habitat og udgør grundlaget for de højere led i fødekæden, ultimativt fisk, havpattedyr og fugle. Det betydet forholdet (ratio) mellem fytoplankton biomassen og heterotrofe protist biomassen er indikativ for ændringer i de nederste og vittigste led af fødekæden.

Havpattedyr

Havpattedyr er topprædatorer i danske marine økosystemer. Der forekommer adskillige arter af havpattedyr i danske farvande inklusive vågehval, hvidnæsedelfin og spækhugger, marsvin, samt gråsæler og spættede sæler. Spættet sæl, gråsæl og marsvin er de primære hjemmehørende arter og derfor fokuserer denne vurdering på disse tre arter.

Marsvin er udsat for en række forskellige presfaktorer, men det er svært at vurdere, hvilke faktorer der har størst indflydelse på populationerne. Presfaktorer inkluderer bifangst, fiskeri (inkl. konkurrence om føden og habitatnedbrydelse fra bundtrawl), forurening, samt forstyrrelser fra menneskelig aktivitet. Menneskelige aktiviteter inklusive skibstrafik, havanlæg især konstruktion af havvindmølleparker etc., samt fritidsaktiviteter til havs kan påvirke marsvin i form af støj, habitatreduktion og fysiske forstyrrelser.

For sæler er de primære presfaktorer bifangst (gråsæl), fiskeri (fødekonekurrence), forurening, samt menneskelig forstyrrelse (herunder rekreative aktiviteter og undervandsstøj).

4.5 Metode

Plankton

Biomasser er beregnet som least square periodegennemsnit (måned eller år) for Nordsø-Kattegat, kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen ved hjælp af en generel lineær model. Modellen er konstrueret som en tresidet variansanalyse. Forud for analysen transformeres data til logaritmiske værdier for at opnå varianshomogenitet mellem store og små værdier, samt for at residualerne fra variansanalysen kan tilnærmes normalfordeling. Denne procedure er erfaringsmæssig præcis i beregningen af planktonparametre i NOVANA-programmet og er gennem en lang årrække anvendt i DCE's årlige NOVANA-rapport. Metodens evne til at beregne gennemsnitsværdier vurderes som høj og er anvendt på tværs af alle grupper af planktonorganismer. Hvor det har været relevant at sammenligne perioderne 2010 - 2015 med 2016 - 2021, er en t-test anvendt.

Forholdet mellem biomassen af fytoplankton og det heterotrofe protist plankton (*Ratio*) er beregnet som logit transformerede datapunkter, beregnet som *least square* midler estimeret med en generel lineær model. Der er udelukkende beregnet biomasse forhold for Nordsø-Kattegat området samt for Østersøen. Ved undersøgelser af fyto- og mikrozooplankton i mikroskopet anvendes forskellige metoder til optælling af dominerende og sjældne arter, hvilket betyder, at prøvestørrelsen ikke kan normaliseres inden for eller mel-

lem prøver. Dette giver en indbygget ikke kvantificerbar usikkerhed i bestemmelsen af antallet af arter per volumen. Dertil kan tællestrategier foran mikroskopet påvirke antallet arter samt den statistiske usikkerhed, hvormed koncentrationen af de enkelte arter er bestemt. Derfor er enheden for artsrigdom "i en prøve", og ikke normaliseret til volumen.

Der er sammenlignet data for perioderne 2010-2015 og 2016 - 2021, for at undersøge om der er signifikante ændringer i de undersøgte diversitetsindicies. Det er valgt at ændre på testperioderne (2011-2016 mod 2016-2021) i forhold til opgavens formulering, for at undgå at året 2016 indgår redundant i begge perioder i den statistiske test.

Der er ikke medtaget data for zooplankton, da der for nærværende er et udestående med kvalitetssikring og harmonisering af zooplanktondata.

Havpattedyr

Vurderingen inkluderer tre havpattedyrarter i dansk farvand: gråsæl, spættet sæl og marsvin. Andre arter forekommer især i Nordsø-regionen, men sandsynligvis ikke i antal, der vil påvirke denne opgørelse væsentligt.

Sæler: Begge sælarter optælles hvert år i yngle- og fældeperioder på alle større liggepladser i dansk farvand af Aarhus Universitet. Sæler opgøres i NOVANA-overvågningen i deres forvaltningsenheder, der er baseret på genetiske data, men her opgøres de for Østersøen/Bælthavet og Nordsøen/Skagerrak/Kattegat. For spættet sæl er de rå optællinger for hvert område multipliceret med en korrektionsfaktor på 1,75 for at tage højde for sæler, der er til havs under optællingen. For gråsæler er brugt en korrektionsfaktor på 1,5.

Marsvin: Optællingsområderne for marsvin er ikke direkte sammenlignelige inden for de geografiske vurderingsområder i denne rapport. Derfor er antallet af marsvin inden for hvert område udregnet ved at tage den estimerede tæthed af marsvin fra forskellige optællinger og gange denne op med det totale areal af de forskellige områder (Bornholm: 11.568 km², Bælthavet: 17.261 km², Kattegat: 15.883 km², Nordsøen/Skagerrak inkl. Limfjorden og Ringkøbing Fjord: 60.639 km²). Marsvin er optalt i alle danske farvande (undtagen Bornholm) i 1994 (SCANS), 2005 (SCANS-II) og 2016 (SCANS-III). De nyeste tal fra 2022 (SCANS-IV) er ikke tilgængelige endnu og ligger desuden uden for sammenligningsperioden i denne rapport (2016-2021), og derfor er her benyttet senest tilgængelige estimerer for populationstætheder for 2016. Tal for Bælthavet og Kattegat er estimeret i 2020 (MiniScans-II). Da Nordsøen og Skagerrak ikke er en del af miniScans-II er senest tilgængelige estimerer her fra sidste SCANS-survey i 2016. I farvandet omkring Bornholm er det eneste estimat fra 2011-2013, og denne estimerede populationstæthed er derfor inkluderet for alle år, da trenden ikke kendes.

Beregninger - Gennemsnitsvægt

Uden at kende alders- og kønsstruktur i de vilde bestande af hhv. sæler og marsvin er det ikke muligt at estimere en præcis gennemsnitsvægt. Derudover varierer gennemsnitsvægt for havpattedyr med op til 20% over året på grund af det øgede spæklag om vinteren, hvilket vil sige, at den samlede biomasse også varierer over året. Dette er ikke inkluderet her. Den eneste tilgængelige kilde til individvægt kommer fra indsamlede, strandede og bifangne dyr. Disse tal giver formodentligt et underestimat af den reelle middelvægt,

da strandede dyr ofte er syge og dermed underernærede, og bifangne dyr ofte er yngre dyr, der formodentligt fanges på grund af deres manglende erfaring. Gennemsnitsvægt for de tre arter er udregnet som gennemsnit af indsamlede individer fra 1994-2017 (tabel 7).

4.6 Data

Fytoplankton og heterotrofe protister

Data for fytoplankton og heterotrofe protister er indhentet fra et nyligt afsluttet planktonkonsolideringsprojekt, der har haft sigte på at samle historiske planktondata i et samlet datasæt. Dette datasæt er baseret på NOVANA-data til og med 2021. Der er analyseret for området, der dækker OSPAR og inkluderet danske havområder nord for Øresundsbroen og linjen fra Sjællands Odde til sydspidsen af Djursland. Dette havområde er inddelt i to underområder, nemlig stationer, der betegnes Nordsøen-Kattegat, samt NOVANA-stationer beliggende inden for 12 sømil fra kysten (kystnære Nordsøen-Kattegat-område). NOVANA-stationer beliggende syd for ovenstående inddeling er beliggende inden for havkonventionsområdet HELCOM, og betegnes Østersøen. En samlet oversigt over fytoplanktonstation og tidsserielængde findes i appendiks 1.

Særligt for heterotrofe protister: Data er beregnet ud fra seks aktive stationer, hvor der indsamles data for heterotrofe protister. Der er tre stationer, hvor der indsamles heterotroft protistplankton i Nordsø-Kattegat-området. For Østersøen er der indsamlet en fuld dataserie for én station øst for Bornholm samt data fra én station i Arkonabassinet, der er indsamlet siden 2016. Det betyder, at referencedata for rapporteringsperioden efter 2010 for Østersøregionen repræsenteres fortrinsvist af stationen ved Bornholm. Stationen ved Bornholm besøges seks gange årligt, mens Arkonastationen er besøgt typisk 20 gange årligt siden 2016. Det betyder også, at datasikkerheden for heterotrofe planktonorganismer i Østersøregionen er væsentligt svagere (datasikkerhed lav) end for Nordsø-Kattegat området. I et system, der er præget af store rumlig og tidslig variabilitet, vurderes datasikkerheden som middel.

Beregningsmetode

Biomasser ($\mu\text{g CL}^{-1}$) og antallet af arter er beregnet som least square periodegennemsnit (måned eller år) for Nordsø-Kattegat, kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen ved hjælp af en generel lineær model. Modellen er konstrueret som en tresidet variansanalyse. Forud for analysen transformeres data til logaritmiske værdier for at opnå varianshomogenitet mellem store og små værdier, samt for at residualerne fra variansanalysen kan tilnærmes normalfordeling. Denne procedure er erfaringsmæssig præcis i beregningen af planktonparametre i NOVANA-programmet og er gennem en lang årrække anvendt i DCE's årlige NOVANA-rapport. Metodens evne til at beregne gennemsnitsværdier vurderes som høj og er anvendt på tværs af alle grupper af planktonorganismer. Hvor der er udført og konkluderet på statistiske analyser, anses P-værdier $<0,05$ for statistisk signifikante.

Langtidsudvikling analysen dvs udviklingen mellem 2000 og 2021 er der anvendt alle stationer, der har dækning for denne periode. I periode trend analysen. Data, der ligger før 2010, er inkluderet for en række stationer, hvorfra

der er taget prøver i kortere og længere perioder og denne del udgør totalt 46 besøgte stationer.

Udviklingen inden for perioder (Periodetrend) er analyseret for udvikling mellem årene 1989 og 2009; 2010 til 2016 og perioden 2016 til og med 2021 med lineær regression af årsmidler mod år. Dette datasæt er det længste udgør totalt 46 besøgte stationer.

Hvor det har været relevant at sammenligne perioderne 2010 – 2015 med 2016 – 2021, er en t-test anvendt i sammenligningen mellem de to perioder. Det er valgt at ændre på testperioderne fra 2010-2016 mod 2016-2021 til en sammenligning af perioderne 2010-2015 mod 2016-2021 i forhold til opgavens formulering, for at undgå at året 2016 indgår redundant i begge perioder i den statistiske test. Der er ikke medtaget data for zooplankton, da der for nærværende er et udestående med kvalitetssikring og harmonisering af zooplanktondata.

Ved undersøgelser af fyto- og mikrozooplankton i mikroskopet anvendes forskellige metoder til optælling af dominerende og sjældne arter, hvilket betyder, at prøvestørrelsen ikke kan normaliseres inden for eller mellem prøver. Dette giver en indbygget ikke kvantificerbar usikkerhed i bestemmelsen af antallet af arter per volumen. Dertil kan tællestrategier foran mikroskopet påvirke antallet af arter samt den statistiske usikkerhed, hvormed koncentrationen af de enkelte arter er bestemt. Derfor er enheden for artsrigdom "i en prøve", og ikke normaliseret til volumen

Datasikkerhed

Datasikkerheden for fytoplankton vurderes som god, mens data for heterotrofe protister er medium, pga. laver rumlig dækning.

Havpattedyr

Data for gråsæl, spættet sæl og marsvin er sammenlignet for fire år, baseret primært på tilgængelighed af gode data for marsvin som udgør den største del af havpattedyrs biomassen. Sæler opgøres i NOVANA-overvågningen i deres forvaltningsenheder, der er baseret på genetiske data, men her opgøres de for Østersøen/Bælthavet og Nordsøen/Skagerrak/Kattegat. For spættet sæl er de rå optællinger for hvert område multipliceret med en korrektionsfaktor på 1,75 for at tage højde for sæler, der er til havs under optællingen. For gråsæler er brugt en korrektionsfaktor på 1,5.

Marsvin: Optællingsområderne for marsvin er ikke direkte sammenlignelige inden for de geografiske vurderingsområder i denne rapport. Derfor er antallet af marsvin inden for hvert område udregnet ved at tage den estimerede tæthed af marsvin fra forskellige optællinger og gange denne op med det totale areal af de forskellige områder (Bornholm: 11.568 km², Bælthavet: 17.261 km², Kattegat: 15.883 km², Nordsøen/Skagerrak inkl. Limfjorden og Ringkjøbing Fjord: 60.639 km²). Marsvin er optalt i alle danske farvande (undtagen Bornholm) i 1994 (SCANS), 2005 (SCANS-II) og 2016 (SCANS-III). De nyeste tal fra 2022 (SCANS-IV) er ikke tilgængelige endnu og ligger desuden uden for sammenligningsperioden i denne rapport (2016-2021), og derfor er her benyttet senest tilgængelige estimerer for populationstætheder for 2016. Tal for Bælthavet og Kattegat er estimeret i 2020 (MiniScans-II). Da Nordsøen og Skagerrak ikke er en del af miniScans-II er senest tilgængelige estimerer her

fra sidste SCANS-survey i 2016. I farvandet omkring Bornholm er det eneste estimat fra 2011-2013, og denne estimerede populationstæthed er derfor inkluderet for alle år, da trenden ikke kendes.

Data for tæthed i de 4 år er taget fra følgende survey-områder i de fire surveys:

- Bornholm: Vintertæthed for Bornholm estimeret i 2011-2013 (0,066 ind/km²) og bruges for alle år. Kilde: Amundin et al. (2022).
- Bælthavet og Kattegat: For Bælthavet og Kattegat har vi brugt gennemsnitlig tæthed estimeret for alle år fra SCANS samt MiniSCANS-2 survey (Hammond et al. 2017, Unger et al. 2021, Tabel 11).
- Nordsøen: For Nordsøen har vi brugt gennemsnitstætheder fra følgende studier: 1994 – SCANS-område L (0,64 ind/km²) (Hammond et al. 2002); 2005 – SCANS-II Survey område L (0,55 ind/km²) (Hammond m.fl. 2013); 2016 – SCANS-III (0,52 ind/km²). Da vi stadig venter på SCANS-IV resultater, er der for 2020 brugt samme værdi som for 2016.

Tabel 11. Populationstætheder for marsvin brugt til at udregne det totale antal individer i Dansk farvand (separat for Nordsøen inkl. Kattegat samt Østersøen). Alle værdier med * er estimater fra andre år (se tekst) der er benyttet pga. datamangel: *2020 og **2016

Art	År	Bornholm	Bælthavet	Kattegat	Nordsøen/Skagerrak
Areal (km ²)		11.568	17.261	15.883	60.639
Marsvin - tæthed (ind/km ²)	1994	0,07*	0,93	0,93	0,64
	2005	0,07*	0,41	0,41	0,55
	2016	0,07*	1,04	1,04	0,52
	2021	0,07*	0,41*	0,41*	0,52**

Data for gennemsnitsvægt af de tre arter af havpattedyr kommer fra opmålinger af indsamlede, strandede og bifangne dyr. Disse tal giver formodentlig et underestimat af den reelle middelvægt, da strandede dyr ofte er syge og dermed underernærede, og bifangne dyr ofte er yngre dyr, der formodentlig fanges på grund af deres manglende erfaring. Gennemsnitsvægt for de tre arter er udregnet som gennemsnit af indsamlede individer fra 1994-2017 (tabel 12).

Tabel 12. Beregninger af gennemsnitsvægt af marsvin, spættet sæl, gråsæl ud fra Aarhus Universitets database over indsamlinger, ekskl. Smådyr (<2 mdr) samt dyr i dårlig forderstand.

Art	Gnst. Vægt (kg)	Min	Max	antal	Indsamlingsperiode
Marsvin	33,55	15,3	77	360	1994-2017
Spættet sæl	31,56	14,2	121,2	322	1996-2017
Gråsæl	51,05	21,4	179,4	119	1998-2017

Datasikkerhed for biomasse af marsvin vurderes som lav, da punktestimater af populationstæthed er estimeret med relativt stor usikkerhed, og da der ikke er data tilgængelige for størrelsesfordeling af raske, fritsvømmende individer.

Datasikkerhed for biomasse af sæler vurderes som høj, da populationsoptællinger opgøres to gange om året og trendestimater fra tidsserier (f-eks. NOVANA) passer med konklusioner i denne rapport.

Tal, der er opgjort til denne rapport, kommer fra følgende kilder:

- Amundin M, Carlström J, Thomas L, Carlén I, Teilmann J, Tougaard J, Loisa O, Kyhn LA, Sveegaard S, Burt ML, et al. 2022. Estimating the abundance of the critically endangered Baltic Proper harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) population using passive acoustic monitoring. *Ecology and Evolution*. 12(2): Article e8554. <https://doi.org/10.1002/ece3.8554>.
- P.S. Hammond, P. Berggren, H. Benke, D.L. Borchers, A. Collet, M.P. Heide-Jørgensen, S. Heimlich, A.R. Hiby, M.F. Leopold, N. Øien. 2002. Abundance of harbour porpoises and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *J. Appl. Ecol.*, 39 (2002), pp. 361-376
- Hammond PS, Macleod K, Samarra F, Swift R, Berggren P, Borchers DL, Burt L, Paxton CGM, Cañadas A, Desportes G, Donovan GP, Gilles A, Lehnert K, Scheidat M, Siebert U, Gillespie D, Leaper R, Gordon J, Hiby L, Lovell P, Kuklik I, Leopold M, Øien N, Ridoux V, Rogan E, Sequeira M, Skov H, Tasker ML, Teilmann J, Van Canneyt O, Vázquez JA. 2013. Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. *Biological Conservation*. 164:107-122.
- Hammond PS, Lacey C, Gilles A, Viquerat S, Börjesson P, Herr H, McLeod K, Ridoux V, Santos MB, Scheidat M, et al. 2017. Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Wageningen University. 40 p.
- Unger, B., Nachtsheim, D., Ramírez Martínez, N., Siebert, U., Sveegaard, S., Kyhn, L., Balle, J.D., Teilmann, J., Carlström, J., Owen, K., Gilles, A. 2021. MiniSCANS-II: Aerial survey for harbour porpoises in the western Baltic Sea, Belt Sea, the Sound and Kattegat in 2020. Joint survey by Denmark, Germany and Sweden. Final report to Danish Environmental Protection Agency, German Federal Agency for Nature Conservation and Swedish Agency for Marine and Water Management. 28 pp. URL: https://www.tihohannover.de/fileadmin/57_79_terr_aqua_Wildtierforschung/79_Buesum/downloads/Berichte/20210913_Report_MiniSCANSII_2020_revised.pdf.
- Hansen J.W. & Høgslund S. (red.) 2023. Marine områder 2021. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 220 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 529. <http://dce2.au.dk/pub/SR529.pdf>.

4.7 Resultater og konklusion for de enkelte trofiske niveauer

Langtidsudviklingen

I langtidsudviklingen har vi undersøgt udviklingen siden 2000. Fordeling mellem kiselalger, furealger og andre arter i Nordsø-Kattegat og kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen (Figur 14, Figur 15 og Figur 16) peger på store år-til-år variationer. Kiselalgernes bidrag var lavest i 2000 i alle områder, og har derefter viste en stigende tendens og udgjorde >50% af den totale fytoplanktonbiomasse i periode.

Langtidsudviklingen på tværs af perioden 2000-2021 i totalbiomassen er signifikant stigende siden 2000 (tabel 13 og figur 17 $P < 0,002$) i alle områder.

Tabel 13. Langtidsudviklingen i fytoplankton biomassen, antal arter samt udviklingen i den heterotrofe protist biomasse siden 2000. Værdier henviser til de farvede regressionslinjer på figur 17, og figur 198. * markere p-værdier <0,05 og er dermed indikativ for signifikante ændringer.

Fytoplanktonbiomasse ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	Hældning (år^{-1})	R ²	P
Østersø	0,10	0,38	0,002*
Kyst Nordsø-Kattegat	0,20	0,43	<0,001*
Nordsø-Kattegat	0,37	0,38	0,002*
Heterotrof protist biomasse ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	Hældning (år^{-1})	R ²	P
Østersø	0	0	0,741
Nordsø-Kattegat	0,41	0,337	0,003
Ratio	Hældning (år^{-1})	R ²	P
Østersø	-0,15	0,64	-0,15
Nordsø-Kattegat	0,44	0,15	0,44

Udviklingen inden for perioder (Periodetrend)

I periodetrenden har vi undersøgt udviklingen i totalbiomassen af fytoplankton (Tabel 11, Figur 4), og udviklingen i totalbiomassen af heterotrofe protister (Tabel 14, Fig 19).

Tabel 14. Periodetrende i fytoplankton biomassen samt biomassen af heterotrofe protister inddelt i perioden 1989-2009, forrige assessment-periode (2010-2016) samt den nyeste assessment-periode (2016-2021). Farver henviser til punkter på figurerne 11 og 19. * markere p-værdier <0,05 og er dermed indikativ for signifikante ændringer.

Indikator	Periodetrend	Nordsø-Kattegat		Kyst Nordsø-Kattegat		Østersøen	
		Hældning (år^{-1})	P	Hældning (år^{-1})	P	Hældning (år^{-1})	P
Fytoplanktonbiomasse ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	1989-2009	0,55	0,07	3,29	0,11	2,02	0,06
--	2010-2016	0,60	0,88	5,93	0,80	-3,87	0,66
--	2016-2021	-10,04	0,01*	-0,54	0,97	-2,89	0,74
Heterotrof biomasse ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	1989-2009	0,14	0,66			0,34	<0,001*
--	2010-2016	-0,28	0,83			0,79	0,34
--	2016-2021	-1,00	0,05*			-0,80	0,15
Ratio	1989-2009	-0,02	0,80			0,06	0,06
--	2010-2016	0,18	0,09			0,07	0,20
--	2016-2021	0,01	0,84			-0,08	0,07

Assessment-perioder på seks år er ganske korte til at monitorere ændringer i havmiljøet, hvilket betyder at de observerede ændringer er ganske små, hvilket giver en vis usikkerhed i regressionsanalysen. Det betyder at laveste p-værdier, og dermed mulige signifikante ændringer typisk findes i periode forud 2009. I den nyeste assessment-periode (2016-2021) er der fundet signifikante udviklinger i Nordsø-Kattegat området mod lavere ($10 \mu\text{g C L}^{-1} \text{ år}^{-1}$) fytoplankton biomasse som formodentligt er koblet til et signifikant fald i heterotrofe protister ($1 \mu\text{g C L}^{-1} \text{ år}^{-1}$) siden 2016.

Periodesammenligninger 2011-2015 mod 2016-2021

I Nordsø-Kattegat området perioden 2016 – 2021 blev der, sammenlignet med 2010-2015, observeret proportionalt flere kiselalger end furealger, hvorimod andre arter var uændrede (Figur 14, t-test $P < 0,0001$). I samme periode steg total fytoplanktonbiomasse svagt, men signifikant (tabel 14, Figur 17, t-test

$P < 0,0001$). I det Kystnære Nordsø-Kattegat område blev ikke fundet forskydninger mellem biomassen af autotrofe furealger og kiselalger mellem perioderne 2010-2015 og 2016 - 2021 (t-test $P < 0,0001$). I samme periode viste den totale fytoplanktonbiomasse ingen signifikant ændring (Tabel 14, t-test $P > 0,44$). I Østersøen var biomassen konstant ($P = 0,15$). Derimod blev andelene udgjort af hhv. kiselalger og furealger forskudt signifikant, med højere andel af kiselalger på bekostning af furealger og andre arter (t-test $P < 0,0001$, Figur 16).

Tabel 15. Testestimer og P-værdier (t-test) af de væsentligste ændringer. Estimat angiver forskellen i middelværdien mellem perioden 2010-2015 og 2016-2021. Fortegn på estimer angiver trendretningen. Farvekoder referer til sammenligningen mellem de skraverede områder på figurene 4, 5 og 8.

	Estimat	Standard fejl	T-værdi	P
Total fytoplanktonbiomass ($\mu\text{gC L}^{-1}$)				
Nordsø-Kattegat	0,27	0,07	4,02	<0,0001
Kyst Nordsø-Kattegat	0,07	0,09	0,78	0,44
Østersø	-0,10	0,07	-1,42	0,15
Heterotrof protist biomass ($\mu\text{gC L}^{-1}$)				
Nordsø-Kattegat	0,04	0,12	0,31	0,75
Østersø	0,81	0,41	1,99	0,05
Ratio				
Nordsø-Kattegat	1,95	0,42	-0,80	0,11
Østersø	-4,87	0,17	-3,36	0,28

4.7.1 Heterotrofe protister

Langtidsændringer

Fordeling mellem ciliater, heterotrofe furealger og andre arter i Nordsø-Kattegat og kystnære Nordsø-Kattegat samt Østersøen (Figur 18, Figur 19) peger på små år-til-år variationer. Ciliaternes bidrag udgjorde typisk mellem 75% og 90 % af den totale heterotrofe protist biomasse i perioden 2000 - 2021.

Langtidsændringer på tværs af perioden 2000-2021 i totalbiomassen af heterotrofe protister er signifikant stigende siden 2000 (tabel 13 og figur 20 $P < 0,003$) i Nordsø-Kattegat. I Østersøen er biomassen ikke ændret væsentligt på tværs af perioden 2000 til 2021 (Tabel 13, Figur 20). Der er ingen signifikante ændringer i ratio og forholdet mellem de nederste led i fødekæden er dermed stabilt.

Periodetrend

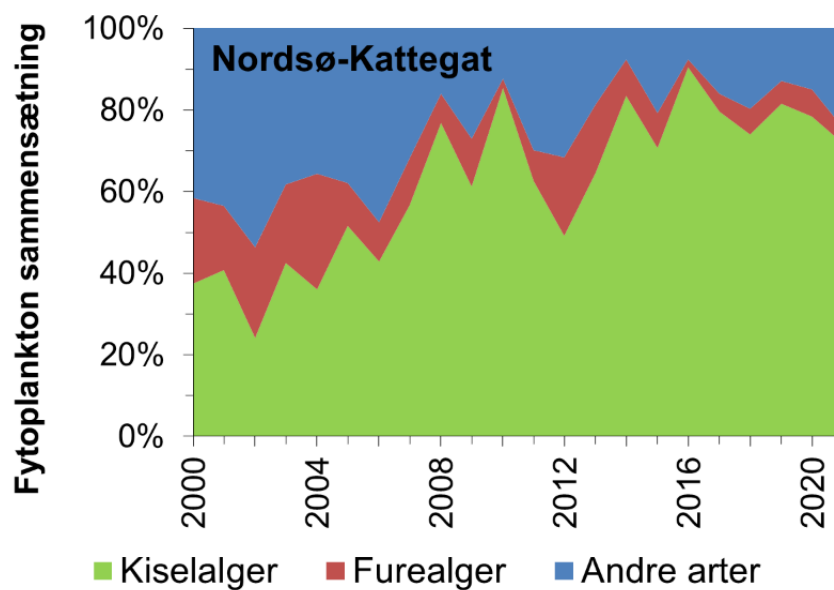
Den totale heterotrofe protister biomasse viste en signifikant negativ udvikling i perioden 2016 - 2021 (Figur 20; Tabel 14, t-test $P = 0,05$) i Nordsø-Kattegat området, samt i Østersøen i perioden der ligger før 2009 (Tabel 14; $P < 0,001$). Derudover var der ingen signifikante forskelle i udviklingen i de forskellige assessment-perioder. Inden for de enkelte perioder er der ingen

signifikante ændringer i ratio og forholdet mellem de nederste led i fødekæden er dermed stabilt.

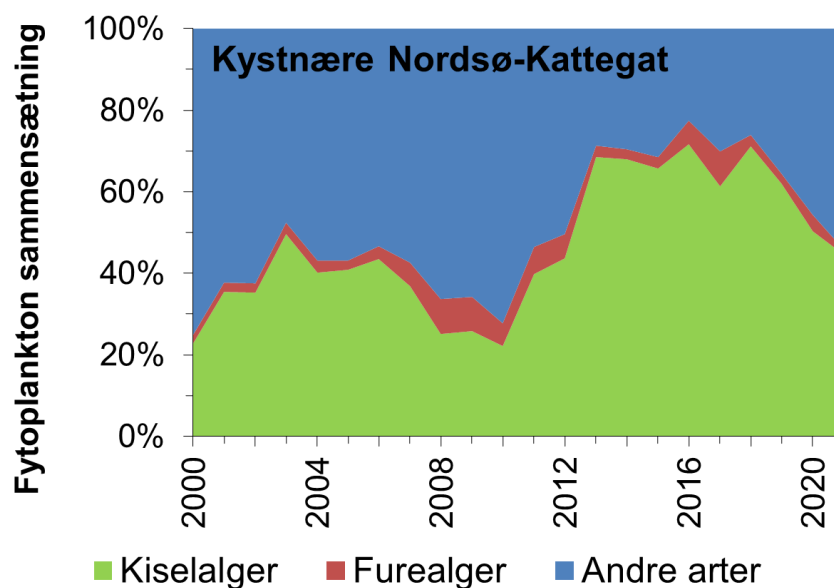
Periodesammenligninger 2011-2015 mod 2016-2021

I Nordsø-Kattegat området var biomassen uændret mellem perioderne 2010-2015 og 2016-2021 (Tabel 15, $P=0,75$). Derimod var den heterotrofe biomasse marginal men signifikant $0,81 \mu\text{gC L}^{-1}$ højere i 2016-2021 end i periode 2010-2015 ($P=0,05$). I Nordsø-Kattegatområdet var der ingen signifikante ændringer i forholdet mellem fytoplanktonbiomassen (ratio) og de heterotrofe protister. Derimod er der en signifikant stigning i fytoplankton biomassen i forhold til det heterotrofe protist planktons biomasse (Tabel 15, $P=0,0243$). Der er ingen ændringer mellem de to perioder 2010-2015 og 2016-2021 (Tabel 15)

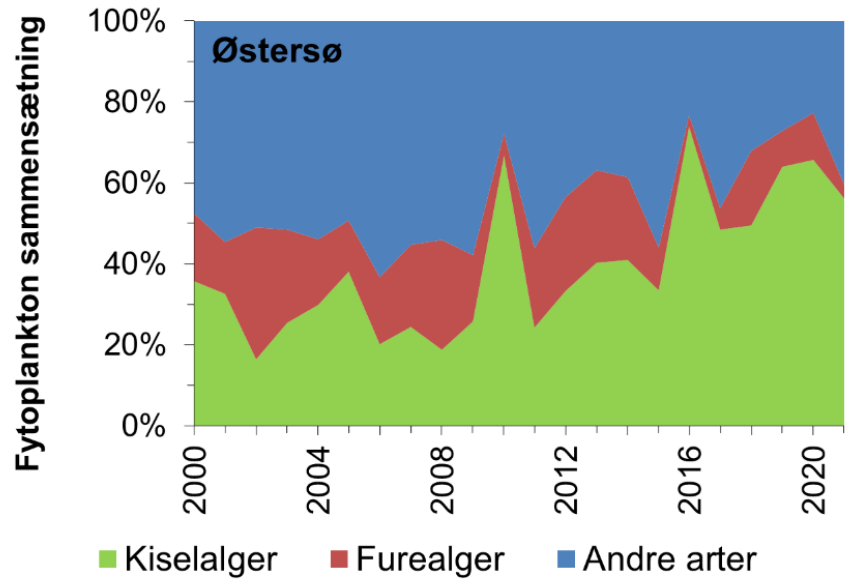
Figur 14. Fordelingen af kiselalger, furealger og andre fytoplanktonarter i Nordsø – Kattegat området.



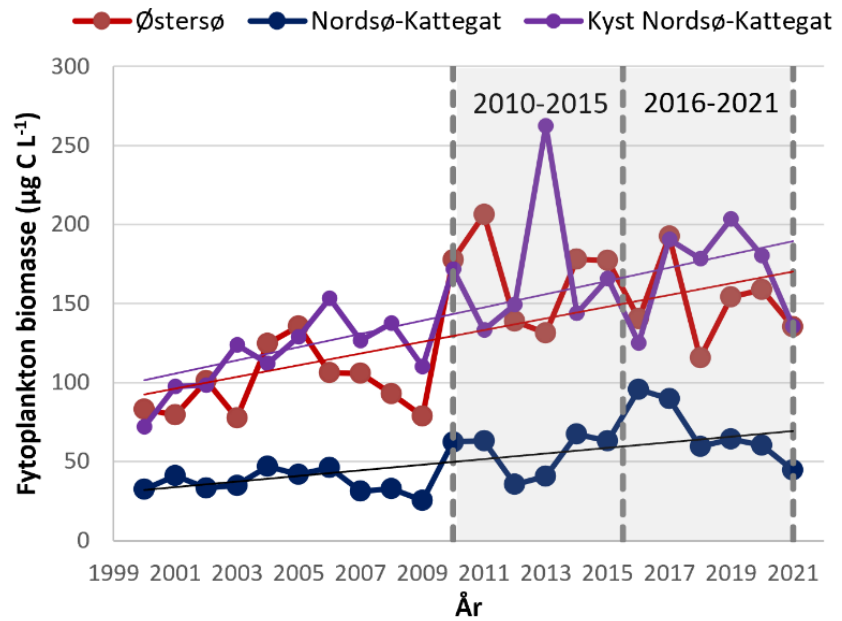
Figur 15. Fordelingen af kiselalger, furealger og andre fytoplanktonarter i det kystnære i Nordsø – Kattegat område.



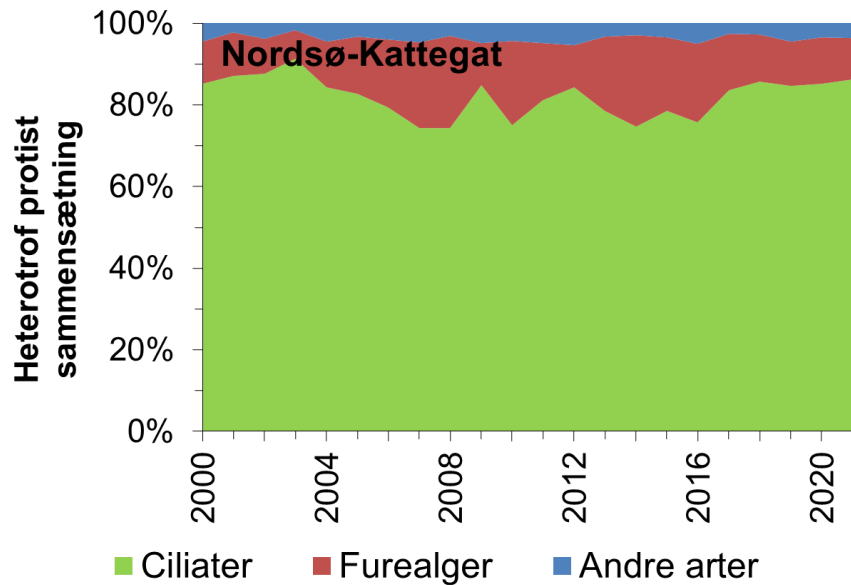
Figur 16. Fordelingen af kiselalger, furealger og andre fytoplanktonarter i Østersøen.



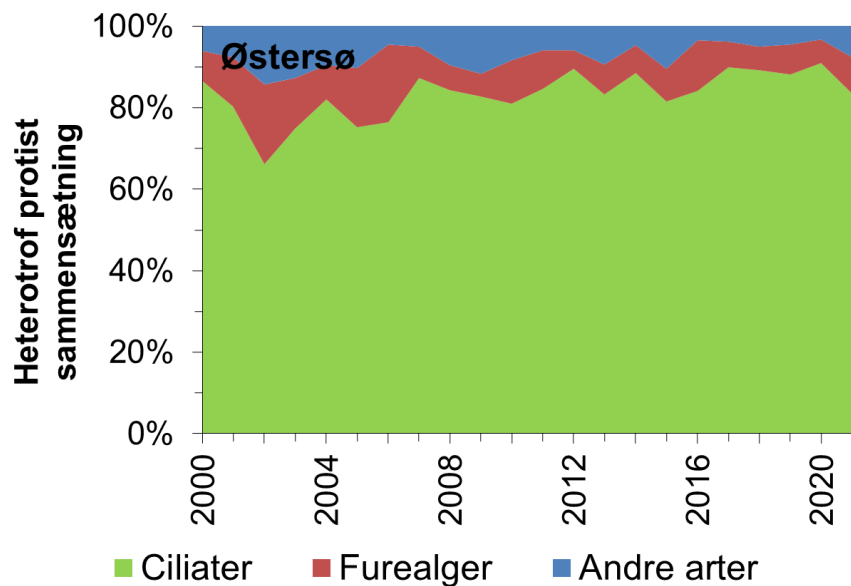
Figur 17. Den totale biomasse af fytoplankton i Nordsø-Kattegat, kystnære Nordsø-Kattegat og Østersøen.



Figur 18. Fordelingen af cilia-ter, heterotrofe furealger og andre heterotrofe protister i Nordsø – Kattegat-området.



Figur 19. Fordelingen af cilia-ter, heterotrofe furealger og andre heterotrofe protister i Østersø området.

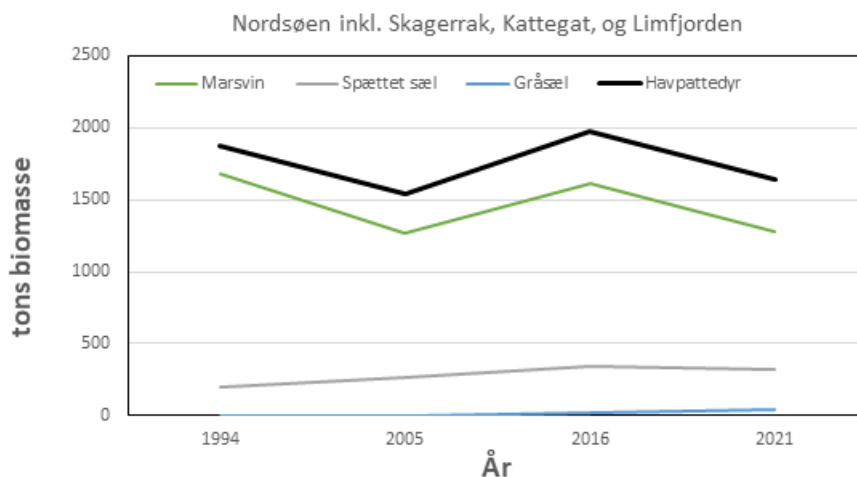


Havpattedyr

Nordsøen

For havpattedyr er den totale biomasse overordnet set stabil i den danske del af Nordsøen. Marsvin udgør 78-89% af biomassen alle år, og de samlede tal for havpattedyr styres dermed hovedsageligt af biomassen af marsvin (Tabel 16). Gråsæler var stort set ikke forekommende i den danske del af Nordsøen i 1994 og 2005, men de er siden indvandret. Antallet af gråsæler er gradvist stigende, men de udgør stadig kun ca. 2% af den samlede havpattedyrbiomasse og formodes at være langt fra deres historiske niveau (Figur 20).

Figur 20. Oversigt over den tidsmæssige udvikling af havpattedyrs biomasse i Nordsøen fra 1994 til 2021, samlet samt fordelt ud på de tre hjemmehørende arter.



Tabel 16. Total biomasse samt balance i biomasse for havpattedyr i Nordsøen

År	Havpattedyrs biomasse, tons (%) for Nordsøen							
	Marsvin		Spættet sæl		Gråsæl		Havpattedyr	
1994	1678	(89%)	201	(11%)	0	(0%)	1879	(100%)
2005	1268	(82%)	270	(18%)	1	(0%)	1538	(100%)
2016	1612	(82%)	348	(18%)	18	(1%)	1978	(100%)
2021	1276	(78%)	326	(20%)	37	(2%)	1639	(100%)

Østersøen

For havpattedyr i Østersøen inklusive Bornholm og Bælthavet har vi set en nedgang i total biomasse som konsekvens af en stor nedgang i antallet af marsvin i indre danske farvande fra sidste optælling (Figur 21). Spættet sæl er steget i antal fra 1994 til 2005 og fra 2005 til 2016 og har været relativt stabil siden. Gråsæl var stort set ikke forekommende i 1994 og 2005 i den danske del af Østersøen og indre danske farvande, men er steget betydeligt i antal siden da, især ved Bornholm. Den totale balance i biomasse for havpattedyr i Østersøen har set en stor ændring grundet det lavere estimat for marsvin, hvor den procentvise andel af biomasse i marsvin er faldet fra 93% til 53% og den relative biomasse for spættet sæl (29%) og gråsæl (19%) er gået op som konsekvens (Tabel 17).

Figur 21. Oversigt over den tidsmæssige udvikling af havpattedyrs biomasse i den danske del af Østersøen inkl. farvandet omkring Bornholm, vestlige Østersø og Bælthavet fra 1994 til 2021, fordelt ud på de tre hjemmehørende arter samt den totale mængde.

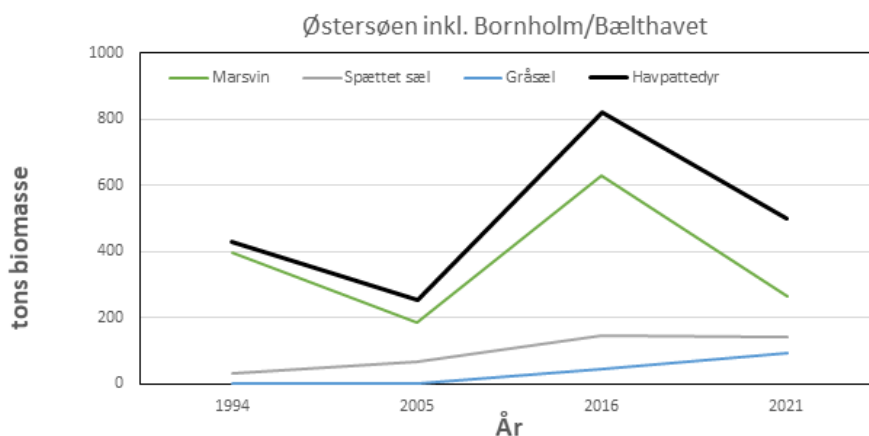


Table 17. Total biomasse samt balance i biomasse for havpattedyr i den danske del af Østersøen inkl. farvandet omkring Bornholm, vestlige Østersø og Bælthavet.

År	Havpattedyrs biomasse, tons (%) for Østersøen							
	Marsvin		Spættet sæl		Gråsæl		Havpattedyr	
1994	398	(93%)	31	(7%)	0	(0%)	429	(100%)
2005	188	(73%)	69	(27%)	0	(0%)	256	(100%)
2016	628	(76%)	148	(18%)	45	(5%)	821	(100%)
2021	263	(53%)	144	(29%)	94	(19%)	500	(100%)

4.7.2 Konklusion

Balancen i den samlede fordeling på tværs af de trofiske niveauer er undersøgt for fytoplankton, heterotrofe protister samt havpattedyr. For fødenettets nederste niveauer (fytoplankton og heterotrofe protister), har vi sammenlignet de trofiske niveauer. Havpattedyr repræsenterer i princippet fødenettets absolut øverste niveau, og vi har ikke adgang til de mellemliggende komponenter i det marine fødenet.

Ved testen af vurderingsperioden 2016-2021 i forhold til 2010-2015 anvendes en hypotesebaseret t-test til sammenligning mellem de to perioder. Vurderingsperioden 2016-2021 er derfor muligvis for kort til at kunne drage entydige konklusioner om plankton. Både langsigtede ændringer og sammenligningen mellem perioderne kan tilskrives ændrede kvælstoftilførsler siden slutningen af 1900-tallet, hvilket er med til at drive ændringer

Langtidsændringerne siden år 2000 i fytoplankton viste signifikante ændringer i alle de undersøgte områder. Fordelingen mellem de dominerende grupper på et stigende bidrag fra kiselalger siden år 2000. Perioderne 2010-2015 og 2016-2021 viste for planktonparametrene få ændringer. Den mest bemærkelsesværdige ændring var stigende fytoplankton biomasse i Nordsø-Kattegatområdet og samtidig forskydning i artssammensætningen mod bidrag fra stigende kiselalgebiomasse. Hvis langtidsudviklingen vurderes som forholdet mellem primærkproducenter (fytoplankton) og primærkonsumenter (heterotrofe protister) er der ingen statistisk signifikante ændringer siden år 2000.

Hvis tilstanden vurderes på basis af 2010-2015 sammenlignet med 2016-2021, vurderes tilstanden for Nordsø-Kattegat området ses grundlag af marginalt stigende fytoplanktonbiomasse. Hvis assesment perioderne 2010-2015 sammenlignes med 2016-2021 er balancen mellem primærkproducenter (fytoplankton) og primærkonsumenter (heterotrofe protister) statistisk signifikant ens. Deskriptor D4C2 sigter på at vurdere om balancen i den samlede fordeling på tværs af de trofiske niveauer påvirkes negativt, som følge af menneskeskabte belastninger. Isoleret set vurderes det laveste niveau i fødekæde som uændrede og er ses derfor ikke som påvirket, og tilstanden vurderes som **"good"** i både Nordsø-Kattegat områder og i Østersøen.

Biomassen af havpattedyr er relativt stabil i Nordsøen. Gråsæler fortsætter med at genetablere sig efter deres historiske udryddelse, og populationerne af marsvin og spættede sæler ser ud til at være relativt stabile. Tilstanden for havpattedyr for D4C2 i Nordsøen for perioden 2016-2021 vurderes derfor som **"good"**.

I Østersøen er biomassen af havpattedyr faldet væsentligt som følge af lavere antal af marsvin siden sidste store optælling. Dette betyder at gråsæler blandt andet ser ud til at udgøre en væsentlig del af havpattedyrs guild (19% af total havpattedyrs biomasse). Med forbehold for de relative store usikkerheder forbundet med populationsestimater vurderes tilstanden for havpattedyr i Østersøen i perioden 2016-2021 som **“not good”** på basis af dette fald i marsvin og totale havpattedyrs biomasse.

Overordnet må vi ud fra en ekspertvurdering tildele D4C2 **“unknown”** da vi ikke kan fortolke på de øvrige fødekædeled pga. manglende data.

4.8 Knowledge gaps

En stor del af planktondata fra det danske NOVANA-program har ligget urørt i næsten fire årtier, og zooplankton mangler en gennemgribende revision og kvalitetssikring. Zooplankton er derfor ikke medtaget i denne vurdering, og der er behov for udredning af zooplanktondata, så alle planktondata fra NOVANA-programmet, kan indgå i fremtidige vurderinger.

For havpattedyr er der brugt gennemsnitlig vægt for at skalere op til biomasse for hver art. Der er dog betydelige usikkerheder forbundet med dette. For marsvin er gennemsnitsvægt beregnet fra strandede og bifangede dyr, og dette er ikke nødvendigvis repræsentativt for vilde dyr, da flere unge bliver fanget på denne måde. Der er derudover store variationer i vægt over året og alt efter dyrets alder. Sammensætningen af aldersgrupper for bestande af marsvin er ukendt.

Nye metoder med brug af droner til størrelsesestimering af sælbestande og marsvinebestande vil kunne give en meget bedre forståelse for den demografiske sammensætning af populationerne og for den naturlige variation og fordeling af kropstørrelser og vægt indenfor populationerne.

5 D4C3 Størrelsesfordelingen af individer på tværs af de trofiske niveauer

5.1 GES beskrivelse

Størrelsesfordelingen af individer på tværs af de trofiske klasser påvirkes ikke negativt som følge af menneskeskabte belastninger⁹.

5.2 Trofiske niveauer

Havpattedyr

5.3 Hovedbudskaber

Plankton

Plankton indgår ikke for nærværende i vurderingen af D4C3, pga. af manglende data og tildeles derfor "**not assessed**"

Havpattedyr

Der er for lidt data for havpattedyr til at sige, hvordan størrelsesfordeling af individer inden for enkelte havpattedyrs arter har ændret sig over tid. Baseret på relative ændringer i populationstal for de tre arter af havpattedyr har der formodentlig ikke været store ændringer i størrelsesfordeling inden for havpattedyr som trofisk niveau, og vi inkluderer disse tal her for en eventuel senere sammenligning på tværs af trofiske grupper. På grund af kritisk data-mangel om størrelsesfordeling inden for de enkelte arter, og hvordan denne udvikler sig over tid, er status for D4C3 for havpattedyr i perioden 2016-2021 vurderet som "**unknown**".

5.4 Baggrund

Plankton

Plankton indgår ikke, da inddelingen i størrelser, for de data der er til rådighed ikke tillader at inddele i meningsfulde størrelser. Plankton består af organismer, der er underlagt vejr, vind og havstrømme. Det betyder, at plankton ikke aktivt fordeler sig og derfor har begrænsede muligheder for at lokalisere sig, hvor vækstbetingelserne er optimale. Derimod er generationstiderne ofte meget korte og kan måles i dage under optimale forhold. Derfor kan fytoplankton og heterotrofe protister drage nytte af ændrede forhold og udnytte ressourcer langt hurtigere end større dyr, der har generationstider >1 år.

⁹ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet)

Med få undtagelser har fytoplankton her typisk en størrelse på 1 – 100 μm , mens heterotroft plankton har et snævrere størrelsesinterval på 20 – 80 μm . Fytoplankton og heterotrofe protister opmåles i mikroskop, hvor der anvendes voluminer og ikke lineære angivelser. Dertil hentes standardvoluminer fra en tabel med artsspecifikke volumenværdier. Der findes således ikke en metode til at arbejde med længder blandt fytoplankton og heterotroft protistplankton. Derfor giver det dårlig mening at bruge størrelsesfordelingen af fytoplankton og heterotrofe protister i D4C3. Desværre har der ikke været adgang til data for zooplankton, hvor der findes en indikator for vandlopper, der beskriver udviklingen i størrelser.

Havpattedyr

Havpattedyr er toppredatorer i danske marine økosystemer. Der forekommer adskillige arter af havpattedyr i danske farvande inklusive vågehval, hvidnæsedelfin og spækhugger, marsvin, samt gråsæler og spættede sæler. Spættet sæl, gråsæl og marsvin er de primære hjemmehørende arter, og derfor fokuserer denne vurdering på disse tre arter.

Marsvin er udsat for en række forskellige presfaktorer, men det er svært at vurdere, hvilke faktorer der har størst indflydelse på populationerne. Presfaktorer inkluderer bifangst, fiskeri (inkl. konkurrence om føden og habitatnedbrydelse fra bundtrawl), forurening, samt forstyrrelser fra menneskelig aktivitet. Menneskelige aktiviteter inklusive skibstrafik, havanlæg især konstruktion af havvindmølleparker etc., samt fritidsaktiviteter til havs kan påvirke marsvin i form af støj, habitatreduktion og fysiske forstyrrelser.

For sæler er de primære presfaktorer bifangst (kun gråsæl), fiskeri (fødekongurrence), forurening samt menneskelig forstyrrelse (herunder rekreative aktiviteter og undervandsstøj).

5.5 Metode

Plankton

Ingen databehandling for plankton under D4C3.

Havpattedyr

Vurderingen inkluderer tre havpattedyrarter i danske farvande: gråsæl, spættet sæl og marsvin. Andre arter forekommer især i Nordsø-regionen, men antal og påvirkning af størrelse kendes ikke.

For at vurdere ændringer i størrelsesfordeling af havpattedyr skal bruges både data om populationsantal for de enkelte arter og data for størrelsesfordeling inden for hver art. For de tre hjemmehørende arter af havpattedyr findes der ikke data for størrelsesfordeling af vilde bestande uden væsentlige fejlkilder. Der laves opmålinger af både indfangede dyr og bifangede - og strandede dyr, der er indsamlet af AU/DCE, og disse typer data er behængt med forskellige former for usikkerheder. Specielt bifangede dyr har en tendens til at være primært yngre og mere uerfarne dyr. Vi har derfor her fokuseret på opmålinger af dyr, der er aktivt indfangede som del af mærkningsprogrammer, og vi har estimeret størrelsesfordeling af individer baseret på de sidste 24 års mærkningsarbejde. Til gengæld har vi ikke data på, hvordan

størrelsesfordeling inden for arterne har ændret sig over tid. Vi antager derfor, at størrelsesfordeling inden for de enkelte arter ikke har ændret sig, men lægger vægt på, at der er stort behov for undersøgelser af dette. For at estimere ændringer i størrelsesfordeling inden for havpattedyr (som trofisk gruppe) har vi taget den estimerede, gennemsnitlige størrelsesfordeling per art, multipliceret med bedste estimat for populationsstørrelse for hver region og hvert år, dette er undersøgt for, og udregnet både relativ og absolut størrelsesfordeling inden for havpattedyr for hvert år.

5.6 Data

Havpattedyr

For havpattedyr er populationsantallet af havpattedyr i de to områder af dansk farvand, Nordsøen (inkl. Kattegat) og Østersøen (inkl. Bornholm og Bælthavet) estimeret tidligere for 4 forskellige år hvor populationstæthed og antal af marsvin i Danske farvande er undersøgt (se D4C1). Det estimerede antal havpattedyr for hver art, og for havpattedyrs guild samlet, er vist i tabel 11 for området Nordsøen (inkl. Skagerrak, limfjorden, og Kattegat) og i tabel 12 for Østersøen.

Tabel 11. Estimerede antal havpattedyr i dansk farvand for Nordsøen. For yderligere detaljer, se D4C1.

Nordsøen/Skagerrak/Limfjorden/Kattegat				
År	Antal			
	Marsvin	Spættet sæl	Gråsæl	Havpattedyr
1994	50.021	6.358	0	56.379
2005	37.799	8.543	11	46.352
2016	48.051	11.027	348	59.426
2021	38.044	10.329	723	49.096

Tabel 12. Estimerede antal havpattedyr i dansk farvand for Østersøen. For yderligere detaljer, se D4C1.

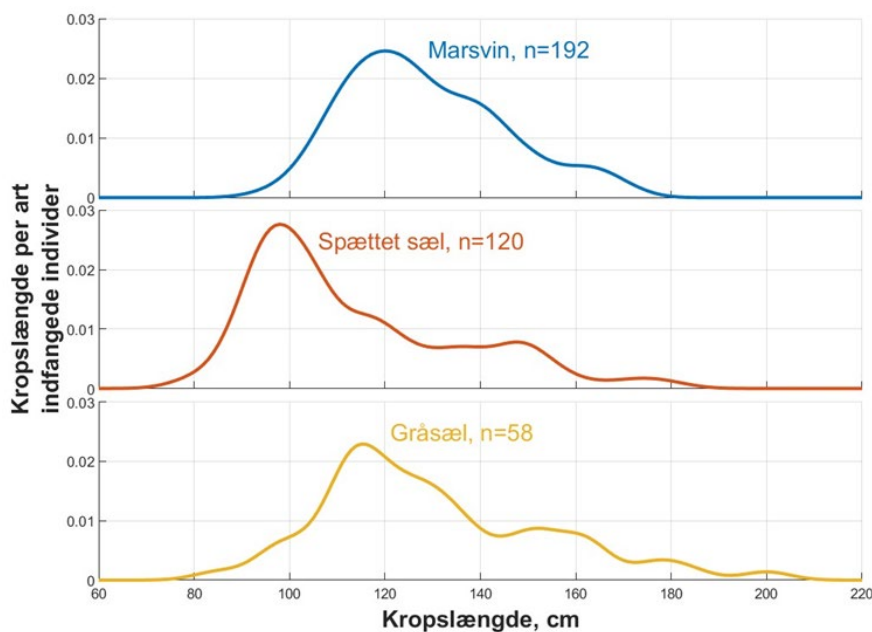
Bornholm/Bælthavet				
År	Antal			
	Marsvin	Spættet sæl	Gråsæl	Havpattedyr
1994	11.877	978	0	12.855
2005	5.594	2.171	0	7.765
2016	18.713	4.703	884	24.299
2021	7.838	4.554	1.838	14.229

For at estimere den relative størrelsesfordeling inden for hver art er derfor brugt data fra indfangninger af havpattedyr til mærkning, der er gennemført af DCE/AU i dansk farvand i perioden 1998 til 2020 (Figur 22). Data her viser, hvordan indfangede dyr var fordelt i størrelse. Disse estimater har dog nogen usikkerhed, da det er lettere at indfange mindre dyr. Der er for få data her til at analysere, hvorvidt kropsstørrelse ændrer sig inden for hver art, og vi diskuterer disse mangler samt mulige fremtidige løsningsmodeller, under data gaps.

Der er for nuværende tidspunkt ingen data for, hvordan størrelsesfordeling inden for de enkelte arter af havpattedyr har ændret sig over tid. Grundet disse usikkerheder, potentiel bias i størrelsesestimer, og manglende data over tid vurderes datasikkerhed for havpattedyr som lav.

Den relative størrelsesfordeling af havpattedyr estimeres ved at tage størrelsesfordeling inden for hver art, gange op med den relative abundans, og lægge fordeling sammen for alle havpattedyr. Den totale størrelsesfordeling af havpattedyr udregnes ved at tage bedste estimat for populations størrelse og gange op med størrelsesfordeling for hver art (så der udregnes antal individer per 1 cm størrelseskategori) og så lægge alle arter sammen.

Figur 22. Størrelsesfordeling (probability density function) af de tre hjemmehørende havpattedyr i danske farvande, estimeret via indfangninger gennemført af AU/DCE i Dansk farvand mellem 1996 og 2020.



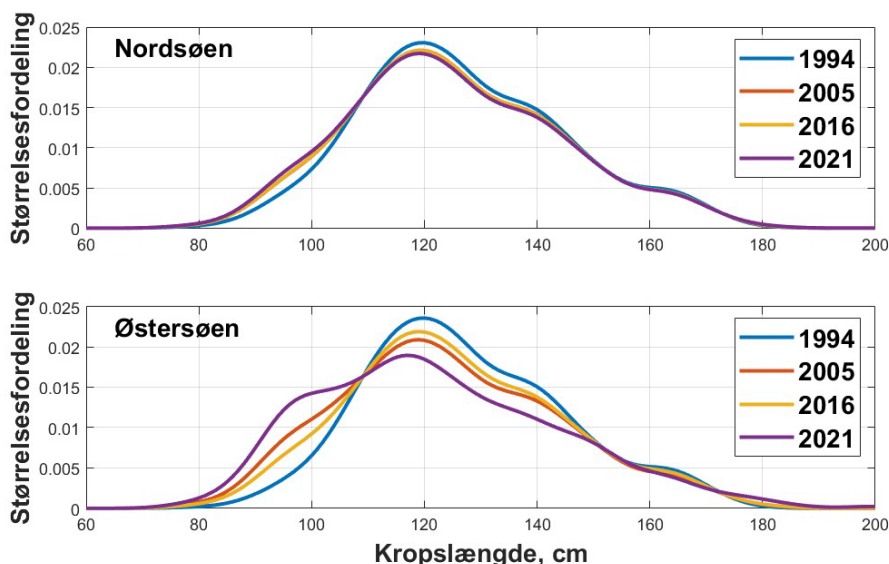
5.7 Resultater og konklusion for de enkelte trofiske niveauer

Havpattedyr

Den relative størrelsesfordeling af havpattedyr estimeres ved at tage størrelsesfordeling inden for hver art, gange op med den relative abundans, og lægge fordeling sammen for alle havpattedyr. må antages at være relativt uændret i Nordsøen (Figur 23 øverst), hvor de tre hjemmehørende arter har relativt stabile populationstal.

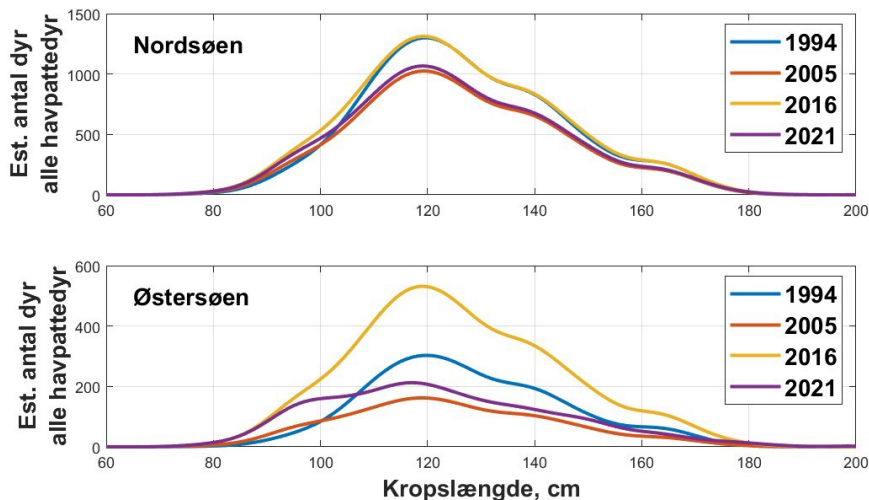
I Østersøen ser antallet af marsvin ud til at være faldet meget inden for den sidste periode. Dette har resulteret i at størrelsesfordelingen af samlede havpattedyr i denne region har flyttet sig en smule imod mindre dyr (Figur 23 nederst) da der er en relativt højere andel af spættede sæler.

Figur 23. Estimeret størrelsesfordeling af hjemmehørende havpattedyr i dansk farvand for hhv. Nordsøen (inkl. Kattegat) og Østersøen (inkl. Bornholm/Bælt-havet). Da vi ikke har data til at forstå, hvorvidt størrelsesfordeling af vilde dyr ændres over tid, antager vi, at dette ikke ændres, og modellen afspejler derfor kun relativ ændring i antal af forskellige arter.



Hvis vi ser på størrelsesfordelingen af de totale antal havpattedyr (Figur 24), er denne også stort set uændret for Nordsøen. For Østersøen er det gået meget ned for specielt dyr mellem 110 og 130 cm kropsstørrelse, hvor marsvin falder ind, og det ligger ud over denne rapport at afgøre, hvorvidt denne ændring har konsekvenser for lavere trofiske niveauer.

Figur 24. Estimerede antal havpattedyr i forskellige størrelseskategorier (antal dyr per 1-cm størrelses blok) for hhv. Nordsøen (inkl. Kattegat) og Østersøen (inkl. Bornholm/Bælt-havet). Der antages igen at størrelsesfordeling indenfor de enkelte arter er konstant, og modellen afspejler derfor kun relativ ændring i antal af forskellige arter.



5.7.1 Konklusion

Grundet manglende data for ændringer i fordeling af kropsstørrelser inden for de enkelte arter samt relativt store usikkerheder på abundans estimater for marsvin som er det mest talrige havpattedyr, vurderes miljøtilstand for havpattedyr i forhold til D4C3 i både Nordsøen og Østersøen i perioden 2016-2021 som "unknown". Det er ikke muligt at vurdere hvorledes størrelsesfordeling har ændret sig inden for havpattedyr givet disse kritiske datamangler. Ligeledes giver de nuværende data for plankton ikke mulighed for at vurdere D4C3 og derfor ekspert vurderes tilstanden som "not assessed".

5.8 Knowledge gaps

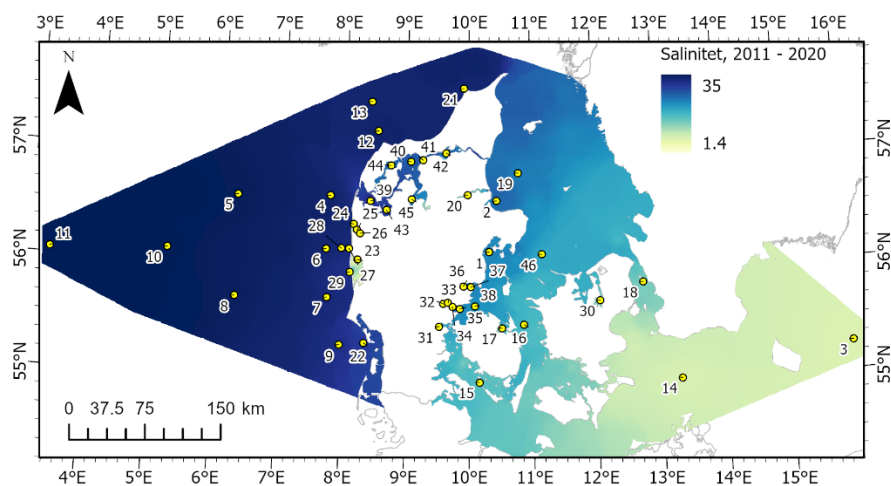
Plankton

Det giver ikke mening at arbejde med størrelser i fyto- og mikrozooplankton med data fra NOVANA-programmet. Der findes en zooplanktonindikator, der er relevant for D4C3; "Zooplankton mean size and total stock (MSTS)". Desværre er zooplanktondata ikke tilgængelig i denne analyse, og der er derfor ikke foretaget yderligere med data for zooplankton. Fremadrettet ville det give god mening at implementere NOVANA-data for zooplankton under D4C3.

Havpattedyr

Der er stor usikkerhed behæftet med vores størrelsesestimer for vilde havpattedyr i dansk farvand, og vi mangler fuldstændig information om, hvordan størrelsesfordeling udvikler sig over tid. Derudover kendes intet om alderssammensætningen af de vilde bestande, og hvordan dette ændres over tid. Nye metoder, der udnytter droneovervågning og AI-algoritmer til at ekstrahere og opmåle enkelte dyr, vil være kritiske for at opfylde disse datamangler.

6 Appendiks



Figur A1 Oversigt over planktonstationer. Nummereringen henviser til tabel A1

Tabel A1. De 46 stationer med angivelse af NOVANA kildestationsnavn (station), antal år, der er indsamlet fytoplanktondata, samt perioden med første og sidste år der findes data for. Heterotrofe protister udgør en mindre delmængde.

Nummer på kort	Station	Antal år	Periode (første - sidste år)
1	ARH170006	35	1978-2021
2	ARH190004	20	1989-2009
3	BRKBMPK2	23	1999-2021
4	DMU1023	3	2019-2021
5	DMU1026	4	2018-2021
6	DMU1035	3	2018-2021
7	DMU1042	3	2018-2021
8	DMU1046	2	2020-2021
9	DMU1052	3	2018-2021
10	DMU1075	4	2018-2021
11	DMU1077	4	2018-2021
12	DMU1130	4	2018-2021
13	DMU1133	4	2018-2021
14	DMU444	6	2016-2021
15	FYN6300043	34	1985-2021
16	FYN6700053	9	1989-2011
17	FYN6900017	23	1998-2021
18	KBH431	22	1998-2021
19	NOR409	24	1998-2021
20	NOR5503	30	1991-2021
21	NOR7715	8	2005-2021
22	RIB1510007	32	1990-2021
23	RKB1	34	1986-2021
24	RKB21	12	1985-1998
25	RKB22	12	1998-2010
26	RKB23	18	1985-2004
27	RKB41	9	1988-1997
28	RKB42	1	1988-1988
29	RKB43	11	1989-2000
30	ROS60	33	1987-2021
31	VEJ0003350	1	2004-2004
32	VEJ0003772	2	1988-1989
33	VEJ0004273	21	1988-2009
34	VEJ0004669	2	1988-1989
35	VEJ0005367	2	1988-1989
36	VEJ0005790	21	1989-2010
37	VEJ0006489	1	1992-1992
38	VEJ0006870	25	1992-2021
39	VIB3702	25	1983-2009
40	VIB3708	38	1983-2021
41	VIB3709	3	1997-2009
42	VIB3711	13	1983-1997
43	VIB3720	14	1983-2014
44	VIB3723	12	1983-1997
45	VIB3727	38	1983-2021
46	VSJ20925	23	1998-2021

VURDERING AF TILSTANDEN I DE DANSKE HAVOMRÅDER

For elementer under Havstrategiens deskriptor 1, kriterie 6 (pelagiske habitater) og deskriptor 4 (fødenet: plankton og havpattedyr)

Denne rapport er en vurdering af de marine havstrategi-deskriptorer D1C6 og D4C1, D4C2 og D4C3 for plankton og havpattedyr. Der er foretaget tilstandsvurderinger og anvendt enten "good", "not good", "unknown" eller "not assessed". Generelt er det ikke muligt at vurdere tilstanden plankton af de beskrevne deskriptorer, pga. manglende vidne om kausale sammenhæng mellem menneskelige og klimatiske påvirkninger, såvel som sold manglende viden og god og dårlig tilstand.