



INDIKATORER TIL OVERVÅGNING AF PÅVIRKNINGER AF MARINT AFFALD PÅ BIOTA I DANSKE FARVANDE

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 265

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

INDIKATORER TIL OVERVÅGNING AF PÅVIRKNINGER AF MARINT AFFALD PÅ BIOTA I DANSKE FARVANDE

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 265

2023

Jakob Strand
Marta Simon
Jannie Fries Linnebjerg

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. 265
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Indikatorer til overvågning af påvirkninger af marint affald på biota i danske farvande
Undertitel:	
Forfattere:	Jakob Strand, Marta Simon og Jannie Fries Linnebjerg
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Februar 2023
Redaktion afsluttet:	Februar 2023
Faglig kommentering:	Louise Feld
Kvalitetssikring, DCE:	Iben Boutrup Kongsfelt
Sproglig kvalitetssikring:	Charlotte Hviid
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/TR265_komm.pdf
Finansiel støtte:	Miljøstyrelsen i Danmark
Bedes citeret:	Strand, J.; Simon, M. & Linnebjerg J.F. 2023. Indikatorer til overvågning af påvirkninger af marint affald på biota i danske farvande. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. - Teknisk rapport nr. 265 http://dce2.au.dk/pub/TR265.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Forskellige miljøindikatorer for indtagelse og andre miljøpåvirkninger af marint affald, herunder plastik, på en række forskellige dyregrupper kan være relevante også ift. et dansk overvågningsprogram målrettet EU's havstrategidirektiv. Dette omfatter både indtagelse af plastik i havfugle, fisk og bunddyr samt forekomst af dyr, der er viklet ind i affald og plastik anvendt som redemateriale.
Emneord:	Marint affald, Havstrategidirektivet, miljøindikatorer, påvirkninger på dyrelivet
Layout:	Grafisk værksted
Foto forside:	Rede med plastik i en dansk skarvkoloni (Foto: Jakob Strand)
ISBN:	978-87-7156-740-3
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	28
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TR265pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Introduktion	8
2 Overvågning af indtagelse og andre påvirkninger af marint affald på dyrelivet	11
2.1 Aktuelle overvejelser i internationale arbejdsgrupper om potentielle miljøindikatorer for D10C3 og C4	11
3 Undersøgelser af indtagelse og påvirkninger på dyrelivet i danske farvande og vores nabolande	17
3.1 Eksempler på undersøgelser af indtagelse af plastik i det marine dyreliv	17
3.2 Eksempler på undersøgelser af andre påvirkninger af marint affald på dyrelivet	19
4 Potentielle indikatorarter til brug i dansk overvågning	22
4.1 Anbefalinger til D10C3 indikatorer for indtagelse af marint affald i biota	22
4.2 Anbefalinger til D10C4 indikatorer for andre påvirkninger af plastik i biota	23
5 Referencer	24

Forord

Denne tekniske rapport beskriver resultater fra projektet "Affald i biota", der er udført for Miljøstyrelsen af DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet. Formålet med opgaven er at tilvejebringe viden, der skal bidrage til et bedre beslutningsgrundlag, som kan ligge til grund for en udvælgelse af potentielle miljøindikatorer for HSD-kriterierne D10C3 og D10C4 med relevans for en eventuel kommende national overvågning i Danmark.

Sammenfatning

Descriptor 10 i EU's havstrategidirektiv (HSD) omhandler marint affald, hvor der er vurderet behov for viden om forekomst af mængder og sammensætning samt påvirkninger i det marine miljø. Til vurdering af dette er der beskrevet fire kriterier i HSD, som også er blevet prioriteret ifm. med den danske implementering af overvågningen for perioden 2021-26 (Miljøstyrelsen, 2020). I Danmark har den hidtidige overvågning af marint affald fokuseret på indikatorer til overvågning af marint affald (makroaffald) på strande og på havbunden (kriterie D10C1), indikatorer for mikro-affald i vandsøjlen og sediment (kriterie D10C2) samt for indikatorer for indtagelsen af plastik i havfuglen mallek (kriterie D10C3), som også anbefales til den regionale overvågning i Nordsøen.

Denne tekniske rapport har til formål at tilvejebringe et bedre beslutningsgrundlag for udvælgelse af potentielle miljøindikatorer for D10C3 og D10C4 med relevans for en eventuel kommende national overvågning i Danmark. Dette baseres bl.a. på baggrund af aktuelle overvejelser i bl.a. internationale arbejdsgrupper omkring nuværende og fremtidige indikatorarter for indtagelse (kriterie D10C3) og andre påvirkninger (kriterie D10C4) af marint affald. Med relevans for den nationale overvågning med kobling til HSD kan D10C3 indikatoren for indtagelsen af plastik >1 mm i havfuglen mallek (*Fulmarus glacialis*) fortsat betragtes som den mest velegnede miljøindikator, og denne indikator er også prioriteret som regional indikator for Nordsøen af både OSPAR og EU. Det anbefales derfor, at denne indikator fortsat indgår som en del af et nationalt overvågningsprogram i Danmark, selvom anvendelsen af indikatoren er geografisk afgrænset til Nordsøen og Skagerrak.

Indikatorer for indtagelse af marint affald i andre arter af havfugle eller andre dyregrupper der kan have mere relevans for de indre danske farvande og Østersøen, mangler stadig en bredere afprøvning. Dette gælder især en vurdering af deres egnethed og robusthed set i en dansk overvågningskontekst, bl.a. for at kunne vurdere trends. Undersøgelser har vist at både fisk og bunddyr, som muslinger fra danske farvande og fra vores nabolande kan indeholde især mikroplastik. Disse dyregrupper kan derfor også være relevante at overveje som overvågningsindikatorer for indtagelse af mikroplastik i danske farvande.

Overvågning med relevans for D10C4 inkluderer undersøgelser for andre typer af påvirkninger fra marint affald på dyrelivet, herunder forekomst af dyr der er viklet ind i marint affald og mortalitet som følge af dette. Her kan observationer af både levende og døde dyr, der er viklet ind i marint affald på kysten eller i havet, være relevante. For havfugle kan dette også omfatte forekomsten af plastik og andet marint affald i fuglereder. Idet undersøgelser af plastik og andet affald inkorporeret i havfuglereder metodemæssigt kan koordineres med andre miljøundersøgelser omkring fugle-kolonier, samt kan betragtes som en ikke-invasiv metode, kan en sådan indikator være relevant at overveje i en dansk overvågningskontekst. I forbindelse med opfiskning af tabte og efterladte fiskeredskaber (spøgelsesnet og tejner) i de danske farvande kan det derudover være relevant at overveje, som en del af rapporteringen, at inddrage en mere systematiske registrering af forekomst af fisk og større hvirvelløse dyr som krabber og hummere, som måtte være viklet ind i disse.

Summary

The Marine Strategy Framework Directive (MSFD) requires EU Member States to ensure that "properties and quantities of marine litter do not cause harm to the coastal and marine environment (Descriptor 10). To measure the status of this, four criteria (D10C1, D10C2, D10C3, D10C4) have been described under Descriptor 10. In Denmark, the monitoring of marine litter to date has focused on D10C1 indicators for the monitoring of marine litter on beaches and on the seabed; D10C2 indicators for micro-litter in the water column and in seabed sediment; and D10C3 indicators for the intake of plastic in fulmars (*Fulmarus glacialis*).

Based on the existing status of the current deliberations in international working groups regarding current and future indicator species for ingestion (D10C3) and entanglement (D10C4) of marine debris, this technical report aims to provide a better decision-making basis for a selection of potential environmental indicators for D10C3 and D10C4 with relevance for any future national monitoring in Denmark.

In regard to the monitoring linked to MSFD (D10C3), the indicator for the ingestion of plastic >1 mm in Fulmars (*Fulmarus glacialis*) is still considered the most suitable environmental indicator. Both OSPAR and the EU prioritize this indicator as a regional indicator for the North Sea. The recommendation is therefore, that this indicator continue to form part of the national monitoring program in Denmark.

Seen in a Danish monitoring context, indicators of ingestion of marine litter in other species of seabirds or other animal groups, which may be more suitable for the inner Danish waters and the Baltic Sea, is still lacking. Studies have shown that both fish and benthic animals such as mussels from Danish waters and our neighbouring countries ingest microplastics. These animal groups may therefore also be relevant to consider as monitoring indicators for the ingestion of microplastics in Danish waters.

Monitoring relevant to D10C4 should also be investigated for other types of impacts on species from marine debris, including entanglement in marine litter with mortality as a result. Here, observations of both live and dead animals entangled in marine litter on the coast or at sea can be relevant. For seabirds, the presence of plastic and other marine debris in nests could also be included.

Monitoring debris incorporated into seabird nests is a non-invasive method of investigating temporal and spatial changes in the local marine environment. Since this type of monitoring can be combined with other work/studies in seabird colonies, such an indicator may be relevant to consider in a Danish monitoring context. In connection with the recovery of lost and abandoned fishing gear (ghost nets and seines), it may also be relevant to consider including a more systematic recording of the occurrence of fish and larger invertebrates such as crabs and lobsters, which may be entangled in these.

1 Introduktion

Havmiljøet skal beskyttes og bevares. Desværre er marint affald, og især plastik affald, allestedsværende i havmiljøet. At minimere plastik forurening og andet affald i havet har derfor høj prioritet globalt, og der er en række juridisk bindende og ikke-bindende internationale konventioner, som direkte eller indirekte omhandler affald i havene (fx Kershaw et al., 2013; Linnebjerg et al., 2021; UNEP, 2021).

Plastik og andet marint affald i havmiljøet kan udgøre en risiko og medføre negative påvirkninger på dyrelivet, hvor især sammenfiltrering i og/eller indtagelse af plastik kan have fatale konsekvenser for de involverede dyr (Werner et al., 2016). Gennemgange af den videnskabelige litteratur har vist, at på globalt niveau er over 900 arter af havfugle, havpattedyr, havskildpadder, fisk og hvirvelløse dyr dokumenteret, på en eller anden måde at være påvirket af plastik i miljøet (Kühn and Van Franeker, 2020). Forureningen med marint affald kan dermed være en ekstra presfaktor for dyrelivet, som allerede er udsat for pres fra en række andre typer af menneskelige påvirkninger i det marine miljø.

Figur 1. Eksempel på dødfunden sule viklet ind i en plastiksnor og fundet på den danske vestkyst (Foto: Kresten Hansen)



Påvirkningerne af marint affald på dyrelivet kan derfor anses som et vigtigt informativt element ifm. overvågning og forskellige former for forvaltningsmæssige miljøvurderinger. GESAMP (2019) har i denne sammenhæng fremhævet fire relevante aspekter, som kan indgå i miljøvurderinger ved brug af biota som overvågningsindikatorer for marint affald, henholdsvis:

1. Påvirkninger af marint affald på biota organismer
2. Påvirkninger på menneskers sundhed og velbefindende
3. Påvirkninger på økosystemer
4. Overordnet indikator for belastningen af økosystemer

Tilsvarende overvejelser ligger også til grund for at marint affald er blevet prioriteret som et element i EU's havstrategidirektiv (EU, 2008) og deraf følger et behov for udvælgelse af relevante miljøindikatorer til brug for overvågning. I Danmark varetager Miljøstyrelsen miljøovervågningen i henhold til EU's havstrategidirektiv (HSD), som er implementeret som en del af Danmarks Havstrategi II (Miljøstyrelsen, 2020). Dette omfatter også en løbende tilpasning af overvågningsprogrammet, der tager højde for ny viden og nye overvågningsmetoder for 11 identificerede emner, de såkaldte deskriptorer. De identificerede deskriptorer har samtidig en sammenhæng med FN's bæredygtighedsmål, der bl.a. indeholder en række delmål om forurening, marint affald, næringsstoffer, økosystemer, fiskeri og beskyttede områder, der alle indgår som en integreret del af havstrategien.

Deskriptor 10 i HSD omhandler marint affald, hvor der er vurderet behov for viden om forekomst af mængder og sammensætning samt påvirkninger i det marine miljø. God miljøtilstand er, når egenskaberne ved og mængderne af affald i havet ikke skader kyst- og havmiljøet. Til vurdering af dette er der beskrevet fire kriterier i HSD, som også er blevet prioriteret ifm. den danske implementering af overvågningen for perioden 2021-26.

- a) D10C1: Sammensætningen, mængden og den rumlige fordeling af affald. Dansk fokus på indikatorer for marint affald på strande og på havbunden samt tabte fiskeredskaber.
- b) D10C2: Sammensætningen, mængden og den rumlige fordeling af mikroaffald. Dansk fokus på indikatorer for mikroplastik i vandsøjle og sediment
- c) D10C3: Affald og mikroaffald indtaget af havdyr. Dansk fokus på indikator for plast i maveindholdet i strandede mallebukker (*Fulmarus glacialis*) som regional indikator for Nordsøen.
- d) D10C4: Marint affalds påvirkning af dyrelivet. Ingen dansk indikator er indtil videre identificeret.

Indtil videre har der ifm. den hidtidige HSD overvågning af marint affald i Danmark siden 2015 været fokus på D10C1 indikatorer til overvågning af marint affald på strande og på havbunden, D10C2 indikatorer for mikroaffald i vandsøjle og sediment samt for D10C3 indikatorer for indtagelsen af plastik i havfuglen mallebuk, som også anbefales til den regionale overvågning i Nordsøen. For sidstnævnte har denne overvågning været geografisk afgrænset til indsamling af fugle ved Skagen i Nordjylland. Derudover har der også været foretaget pilotundersøgelser af maveindhold i fisk og havpattedyr, hvor der også er blevet undersøgt prøver indsamlet i de indre danske farvande. En række faktorer bør dog overvejes ved udvælgelsen af velegnede indikatorarter, herunder hyppighed af fund af påvirkninger, som skal være høj nok for at kunne detektere trends og den geografiske udbredelse af velegnede indikatorarter.

Gennemgangen i denne tekniske rapport skal derfor bidrage til at tilvejebringe et bedre beslutningsgrundlag, som kan ligge til grund for en udvælgelse af potentielle miljøindikatorer for D10C3 og D10C4 med relevans for en eventuel kommende national overvågning i Danmark.

Fokus i denne gennemgang vil være på at tilvejebringe viden om:

- a) Overvejelser i internationale arbejdsgrupper i hhv. EU's "Technical group for Marine litter (TGML), OSPARs "Intersessional Correspondance

Group for Marine Litter (ICG-ML), og HELCOMs "expert network for marine litter" (EN-MARINE LITTER) omkring nuværende og fremtidige indikatorarter til brug for overvågning af indtagelse af marint affald og/eller andre påvirkninger på dyrelivet.

- b) Anbefalede indikatorer, hvor der er udviklet forslag til overvågningsprotokoller, herunder behov for analysemetoder. Der redegøres for hvilke størrelsesfraktioner af affaldet det vil være relevant at undersøge, og anbefalinger til antal prøver for at få en repræsentativ prøvetagning. Der gives også en vurdering af udgiftsniveauet forbundet med overvågningen af de foreslåede indikatorer.
- c) Tilsvarende udførte undersøgelser om indtagelse og påvirkning af marint affald på det marine dyreliv i Danmark og vores nabolande.

2 Overvågning af indtagelse og andre påvirkninger af marint affald på dyrelivet

Overvågning af indtaget af og påvirkninger af plastik og andet marint affald i havmiljøet via indikatorarter, kan give os oplysninger omkring dels omfanget af forurening samt af indikationer om økosystemernes sundhed. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at ikke alle dyr er lige gode indikatorarter, da det for nogle grupper af dyr, ikke er muligt at opnå tidstendenser eller en afspejling af mængderne af affald i havmiljøet. Da ingen enkelt art kan dække alle relevante dele af økosystemet herunder forskellige geografiske områder i Europa eller dække hele intervallet for størrelsesfraktioner af affald (fra makro til mikro), kan der være behov for at flere forskellige arter inddrages i overvågningen af, hvordan marint affald påvirker det marine dyreliv (Matiddi et al., 2023). Der er følgende anbefalinger til kriterier for udvælgelse af egnede indikatorarter til brug for marin overvågning:

- a) arterne skal helst have et bredt udbredelsesområde, og hvis muligt, overlappe i udbredelsesområder med andre relevante indikatorarter for at muliggøre sammenligninger,
- b) arterne skal være tilgængelige til at kunne undersøges i et tilstrækkeligt omfang for at kunne bidrage med robuste datasæt.
- c) arterne skal regelmæssigt indtage eller på anden måde interagere med plastik og andet marint affald, for at kunne bidrage til robuste trendanalyser.

Der opfordres også til at koordinere prøveindsamlingen af individer til undersøgelser med allerede etablerede overvågningsprogrammer for andre emner, fx miljøfarlige stoffer, fiskeri, eller biodiversitet, hvis muligt (Galgani et al., 2013; Matiddi et al., 2023).

Der bruges mange forskellige metoder til at undersøge forekomsten af plastik i biota, og metodeudviklingen er stadig i gang (Bråte et al., 2017; Matiddi et al., 2023). Overvejelserne omkring prøveudtagninger skal omfatte a) at data er reproducerbar, b) at data er sammenligneligt, c) at der kontrolleres for kontaminering (især i forhold til fibre) og d) miljøforhold ved prøveudtagning (Bråte et al., 2017). Afhængig af størrelsesfraktionen af det indtagne plastik kan forskellige fremgangsmåder til at håndtere og forbehandle prøver tages i brug forud for de egentlige analyser. Analyser af mikroplastik-partikler >1 mm og større stykker makroaffald anses metodemæssigt som relativt nemt tilgængeligt, hvorimod analyser af de mindre størrelsesfraktioner af mikroaffald/mikroplastik er mere omstændige. Til de mindre størrelsesfraktioner af mikroplastik er der typisk behov for at opløse indholdet fra mavetarmkanalen med kemikalier såsom kaliumhydroxid (KOH) før den egentlige analyse af indholdet af plastik kan foretages. Når plastikken er blevet udtaget, kan det identificeres visuelt ud fra deres morfologiske egenskaber, og/eller ved hjælp af for eksempel FTIR spektroskopiske analyser, som kan bestemme, om partiklerne består af syntetiske plastmaterialer eller er af naturlig oprindelse, som kan bestå af fx protein, cellulose eller fedt (Bråte et al., 2017; Matiddi et al., 2023).

2.1 Aktuelle overvejelser i internationale arbejdsgrupper om potentielle miljøindikatorer for D10C3 og C4

Nedenfor gennemgås den nuværende status for de aktuelle overvejelser i internationale arbejdsgrupper (EU TGML, OSPAR ICG-ML, HELCOM EN-

LITTER) omkring nuværende og fremtidige indikatorarter for indtagelse af marint affald og/eller andre påvirkninger med relevans for Europæisk HSD overvågning eller i regi af de regionale havkonventioner.

2.1.1 EU HSD overvågning

Med relevans for overvågningen med kobling til EU's havstrategi er indtil videre kun indtaget af plastik i havfuglene mallekugle og atlantisk skræpe (*Calonectris diomedea*), samt i havskildpadder blevet fuldt implementeret som D10C3 indikatorer til brug for overvågning af mængder og sammensætning af plastik indtaget af biota (Matiddi et al., 2023; EU, 2022). Brugen af andre HSD relevante indikatorarter for D10C3 overvejes også for bl.a. at opnå en større geografisk dækning. Derfor er der desuden udarbejdet anbefalinger til alternative overvågningsprotokoller for bl.a. muslinger, fisk og havpattedyr (Matiddi et al., 2023).

I henhold til den seneste version af Artikel 8 med EUs vejledning til implementering af HSD overvågningen af D10C3 (EU, 2022) er det beskrevet, at indtagelse af marint affald i dyrelivet inklusivt for mikro-affald skal vurderes ifm. national overvågning, hvis muligt, for følgende dyregrupper: fugle, krybdyr (dvs. havskildpadder), fisk eller hvirvelløse dyr. Fisk og hvirvelløse dyr som muslinger eller krebsdyr vurderes at være særligt relevante som indikatorer for indtagelse af de mindre størrelsesfraktioner af mikro-affald. Der lægges vægt på at udvælgelsen af relevante overvågningsindikatorer for D10C3 skal være (sub)regionalt baseret, så der kan tages højde for relevante arters udbredelsesområder, fx for havfuglen mallekugle i Nordatlanten og havskildpadder i Middelhavet og dele af Atlanterhavet. For miljøvurderinger under D10C3 kan data for mængden af indtaget plastik og andelen af påvirkede individer i tid og rum anvendes. Det skal bemærkes at nationalt tilvejebragte data for D10C3 også kan blive aggregeret på regional skala (EU, 2022). For andre relevante dyregrupper som havpattedyr, fisk og muslinger er der også udviklet en række protokoller, som kan danne grundlag for overvågning af alternative indikatorer for indtagelse af plastik i biota (Matiddi et al., 2023). Der er dog endnu ikke opnået enighed på regionalt niveau, bl.a. fordi fundhyppigheden af plastik i andre dyregrupper kan være lav. Fx tyder undersøgelser på, at der kan være udfordringer med at benytte fiskearter som overvågningsindikatorer pga. ofte lave fundhyppigheder af plastik i mave-tarm indholdet (Matiddi et al., 2023). Yderligere afklaringer af potentialet af disse indikatorarter vil være nødvendigt, bl.a. i regi af forsknings- og udviklingsprojekter, før de kan anbefales til bredere brug i internationale overvågnings-sammenhænge som HSD.

Mht. overvågning med relevans for D10C4 bør der også undersøges for andre typer af påvirkninger fra marint affald på dyrelivet, herunder forekomst af dyr, der er viklet ind i marint affald og mortalitet som følge af dette. Her kan observationer af både levende og døde dyr, der er viklet ind i marint affald på kysten eller i havet være relevante. For havfugle kan dette også omfatte forekomsten af plastik og andet marint affald i fuglereder. Mht. indikatorer for D10C4 er der udviklet forslag til protokoller for indikatorer for bentiske organismer, havfugle, havskildpadder og havpattedyr (Matiddi et al., 2023). Der er dog endnu ikke opnået enighed om anbefalinger til de mest velegnede regionale indikatorer. For miljøvurderinger under D10C4 kan data for antallet af påvirkede individer per art og andelen af påvirkede individer (fx ved indvikling) eller andre typer af interaktioner med marint affald (fx brug af rede-materiale) anvendes og nationalt tilvejebragte data for D10C4 kan også blive

aggregeret på regional skala (EU, 2022). En oversigt over de potentielle HSD indikatorer for indtagelse af plastik og andre typer af påvirkninger på biota fremgår af henholdsvis Tabel 1 og 2.

Tabel 1. Oversigt over potentielle HSD indikatorer opdelt på indtagelse af marint affald for forskellige indikatorgrupper, primært baseret på informationer i udarbejdede protokoller for indikatorer med relevans for HSD overvågning af påvirkninger på biota (Matiddi et al., 2023). Det anslåede udgiftsniveau per område er baseret på erfaring med analyser af tilsvarende omfang udført hos DCE. Det angivne beløb skal tages med forbehold, da det afhænger af den egentlige opgavebeskrivelse og eventuel koordinering med andre parallelt udførte miljøundersøgelser.

Indikator	Foreslåede arter	Geografisk område	Påvirkning	Størrelsesfraktion af affald	Indsamlingsmetode	Analysemetode	Foreslået frekvens for undersøgelser	Anbefalet prøvestørrelse	Anslået udgiftsniveau
Indtagelse, muslinger	Blåmusling, Euro-pæisk østers, Østersømusling	Indre danske farvande/Limfjorden	Indhold i bløddele	> 50 µm	Indsamling direkte fra havet	Væv opløses i fx KOH, filtreres og analyseres efterfølgende med FTIR identifikation af MP	En gang om året	5-10 individer, eventuelt som puljede prøver	10.000 – 20.000 DKK per prøve
Indtagelse, fisk	Bundlevende/pelagiske	Indre danske farvande	Indhold i mave-tarmkanal	> 100 µm	Indsamling direkte fra havet	Mave-tarm indhold opløses i fx KOH, filtreres og analyseres efterfølgende med FTIR identifikation af MP	Løbende indsamling	> 50 individer	300.000 – 400.000 DKK per art
Indtagelse, havfugle	Mallemuk/ Skråpe	Nordsøen	Maveindhold	> 1 mm	Indsamling af strandede fugle	Dissektion og mikroskopi	Løbende indsamling	> 40 individer	300.000 – 400.000 DKK per art
Indtagelse, havskildpadde	Uægte karettelæderskildpadde	Nordsøen	Maveindhold	> 1 mm	Indsamling af døde havskildpadder via strandede individer, bifangst, fundet på havet	Dissektion og mikroskopi	Løbende opportunistisk indsamling	> 50 individer (fx på (sub)regional skala)	10.000 – 20.000 DKK per individ
Indtagelse, havpattedyr	Hvaler og sæler	Indre danske farvande/Nordsøen	Maveindhold	> 1 mm	Indsamling af døde havpattedyr via strandede individer, bifangst, fundet på havet	Dissektion og mikroskopi	Løbende indsamling	> 50 individer (fx på (sub)regional skala)	400.000 – 600.000 DKK per art

Tabel 2. Oversigt over potentielle HSD indikatorer opdelt på indtagelse/påvirkninger af marint affald for hver indikator gruppe, primært baseret på informationer i udarbejdede protokoller for indikatorer med relevans for HSD overvågning af påvirkninger på biota (Matiddi et al., 2023). Det anslåede udgiftsniveau per område er baseret på erfaring med analyser af tilsvarende omfang udført hos DCE. Det angivne beløb skal tages med forbehold, da dette afhænger af den egentlige opgavebeskrivelse og eventuel koordinering med andre parallelt udførte miljøundersøgelser.

Indikator	Foreslåede arter	Geografisk område	Påvirkning	Størrelsesfraktion af affald	Indsamlingsmetode	Analysemetode	Foreslået frekvens for undersøgelser	Prøvestørrelse per område	Anslået udgiftsniveau
Påvirkning, hvirvelløsedyr	Bundlevende dyr	Indre danske farvande/Limfjorden	Individer viklet ind i marint affald, herunder mortalitet	Synligt affald, primært tabte fiskeredskeer	Video transekt, eller registreringer ifm. opfiskning af tabte fiskeredskeer (garn og tøjner)	Observationer af døde/indviklede individer per art	Opportunistisk	Ikke fastsat	5.000 – >200.000 DKK per survey
Påvirkninger, havfugle	Sule, Ride, Skarv, topskarv	Indre danske farvande/Nordsøen	Forekomst af marint affald som redemateriale i kolonier og individer viklet ind i marint affald, herunder mortalitet	Synligt affald	Registrering af reder i kolonier	Observationer af indhold af marint affald fuglekolonier og dødfundne fugle	En gang i rugeperiode og efter endt ynglesæson	5-10% af alle reder i en koloni	150.000 – 250.000 DKK per koloni
Påvirkning, havskildpadde	Uægte karete, læderskildpadde, suppeskildpadde	Nordsøen	Individer viklet ind i marint affald, herunder mortalitet	Synligt affald	Strandede individer	Observation af døde/indviklede individer per art	Opportunistisk	Ikke fastsat	~5.000 DKK per individ
Påvirkning, havpattedyr	Hvaler, sæler	Indre danske farvande/Nordsøen	Individer viklet ind i marint affald, herunder mortalitet	Synligt affald	Strandede individer	Observation af døde/indviklede individer per art	Opportunistisk	Ikke fastsat	~5.000 DKK per individ

2.1.2 Regional overvågning hos OSPAR, HELCOM og AMAP

Overvågning af affald i havet er en central del af OSPARs arbejde, både som støtte til 'Regional Action Plans for Marine Litter' (OSPAR, 2022) og mere generelt som et bidrag til en bredere rapportering af havmiljøtilstanden i det Nordøstlige Atlanterhav inklusiv Nordsøen. OSPAR prioriterer undersøgelser af havfuglen mallebuk (*Fulmarus glacialis*) som den primære indikator for indtagelse af plastik og andet marint affald i Nordsøen og det Nordøstlige Atlanterhav. I OSPAR region III, IV og V samt Makaronesien er havskildpadde som den uægte karette (*Caretta caretta*) eller læderskildpadde (*Dermochelys coriacea*) blevet udpeget som de primære indikatorarter for indtagelse af marint affald i biota (OSPAR, 2022). Atlantisk skræpe (*Calonectris diomedea*) anvendes også som alternativ indikatorart for havfugle på bl.a. Acorerne (OSPAR, 2022). Havfugle som mallebuk og atlantisk/scopolis skræpe er valgt som indikatorarter, da de lever på havet det meste af deres liv og søger føde på vandoverfladen, hvor mindre stykker af marint affald kan forveksles med dens normale føde.

I Danmark er indtagelse af marint affald i dødfundne mallebukker blevet undersøgt siden 2002 og indgår i dag også som en del af det danske bidrag til den regionale overvågning i Nordsøen. Indsamlingen af mallebukker foregår hovedsageligt på strandene ved Skagen, som dækker Skagerrak, da der foregår en stor bestand af mallebukker i Norske Rende.

I regi af OSPAR er der udarbejdet en tærskelværdi for plastaffald i mavesækken på mallebukker. Den indebærer, at maksimalt 10 % af fuglene må have over 0,1 g plastik i maven (OSPAR, 2017). Denne værdi er også blevet accepteret af EU som regional tærskelværdi under artikel 8 (EU, 2022).

I Østersøen og indre danske farvande, hvor der ikke forekommer mallebukker eller havskildpadder, er der endnu ikke truffet beslutninger om hvilke arter der bedst kan benyttes i overvågningen (HELCOM, 2020; Miljøstyrelsen, 2020). Andre dyregrupper kan potentielt set også være relevante at anvende som indikatorarter for miljøpåvirkningerne af marint affald, så som havpattedyr, fisk og hvirvelløse dyr. På nuværende tidspunkt findes der ingen anbefalinger fra HELCOM til brug af bioindikatorarter for marint affald i Østersøområdet. Der foreligger indtil videre kun begrænsede data for indtagelse og andre påvirkninger på dyrelivet og velegnede indikatorarter mangler derfor stadig at blive identificeret (HELCOM, 2020).

Med relevans for overvågning af miljøpåvirkninger af plastik i det arktiske havmiljø er der udover tilsvarende regionale anbefalinger til brugen af indtagelse af plastik i mallebuk som en primær indikator også foreslået at en række andre arter kan være relevante som sekundære indikatorer. Dette omfatter også andre arktiske arter af havfugle som ride, alkefugle og edderfugl samt havpattedyr som hvaler og sæler, fisk og hvirvelløse dyr, herunder også muslinger (AMAP, 2021).

3 Undersøgelser af indtagelse og påvirkninger på dyrelivet i danske farvande og vores nabolande

3.1 Eksempler på undersøgelser af indtagelse af plastik i det marine dyreliv

3.1.1 Hvirvelløse dyr

Der foregår i dag ingen decideret overvågning af indholdet af marint affald inklusivt mikro-affald. Der er lavet flere forskningsundersøgelser på hvirvelløse dyr. Der er bl.a. lavet en større nordisk kortlægning af indholdet af mikroplastik i forskellige arter af muslinger, herunder fra Danmark. Det blev vurderet at muslinger kan virke som indikatorer for mikroaffald i størrelsesfraktionerne 63 - 1000 μm og $< 63 \mu\text{m}$ (Bråte et al., 2020).

Eksempelvis har en undersøgelse af muslinger i den tyske del af Vadehavet fundet, at over 80 % af individerne af arterne blåmusling (*Mytilus edulus*), stillehavsøsters (*Megallana gigas*), sandmusling (*Mya arenaria*) og almindelig hjertemusling (*Cerastoderma edule*) indeholdt mindst ét stykke mikroplastik $> 63 \mu\text{m}$ (Fischer, 2019). Derudover blev mikroplastik også fundet i almindelig strandsnegl (*Littorina littorea*), sandorm (*Arenicola marina*), strandkrabbe (*Carcinus maenas*) og hesterejer (*Crangon crangon*) (Fisher, 2019).

For invertebrater har nogle undersøgelser også medtaget mikroplastikanalyser på udskilte ekskrementer (Bråte et al., 2017; Fischer, 2019). For muslinger, skal der her også tages højde for at de kan udskille mikroplastik og andre ufordøjelige partikler via pseudofaeces, som ikke bliver optaget i organismen på samme vis som de egentlige fødeemner. Især de større mikroplastik-partikler vil blive udskilt som pseudofaeces (Ward et al., 2019).

En ulempe er, at der kan forekomme en forholdsvis stor variation i indholdet af mikroplastik partikler mellem forskellige arter af hvirvelløse dyr, men også blandt individer af samme art indsamlet på samme lokalitet (Setälä et al., 2016; Gomiero et al., 2019; Piarulli et al., 2019; Bråte et al., 2020). Ved analyser for indholdet af mikroplast, kan brugen af puljede prøver bestående af flere individer, formodes at bidrage til at reducere denne varians.

3.1.2 Fisk

Under det danske overvågningsprogram er der tidligere blevet udført pilotundersøgelser af indholdet af marint affald inklusivt mikroplastik $> 100 \mu\text{m}$ i mave-tarm kanalen fra fisk (Sørensen et al. 2014; Lenz et al., 2016). Dette omfattede undersøgelser af sild, hvilling og torsk indsamlet i Bælthavet og ved Bornholm i 2013-2015 og af disse indeholdt 12 % - 30 % af de analyserede fisk én eller flere mikroplastik-lignende partikler eller fibre.

Torsk, sild og brisling er nogle af de arter, hvorpå der også er udført flere andre undersøgelser i Østersøområdet (Rummel et al., 2016; Beer et al., 2018; Budimir et al., 2018; Białowas et al., 2022). Andelen af fisk, der indeholder mikroplastik i maven, varierer dog noget mellem disse undersøgelser (torsk: 1.4 %- 26 %; sild: 0 %-27 %; brisling: 0.9 %-52 %). Der er også forskel på om

fiskene er fanget kystnært eller i åbent vand, og om foråret eller efteråret (Lenz et al., 2016; Beer et al., 2018). Derudover har nogle af studierne medtaget fibre og andre har ikke, og de er derfor ikke fuldstændig sammenlignelige. Hvis fisk skal anvendes som indikatorart for indtagelse af mikroplastik, er en fokus på tilstrækkelig identifikation af fibre som mikroplastik derfor også vigtigt, udover at have store prøvestørrelser med forholdsvis mange individer. Derudover bør undersøgelserne udføres i henhold til anbefalinger til harmoniserede analyseprotokoller, herunder fokus på kvalitetssikring med kontrol for intern kontaminering af især fibre i prøverne, både ifm. dissektion af fisk og de efterfølgende analyser.

3.1.3 Havfugle

Havfuglen mallek (*Fulmarus glacialis*) er udvalgt som den foretrukne overvågningsindikator til brug for regional overvågning i Nordøstatlanten, herunder Nordsøen og Skagerrak (OSPAR, 2019; Strand, 2018) – og ligeledes i Arktis (Linnebjerg et al., 2021; Lusher et al., 2022). Derfor foreligger der også fra Nordsøen flest miljødata for indholdet af plastik i denne fugleart og bl.a. også fra Danmark, Norge, Tyskland og især Holland. Mere end 90 % af fuglene indeholder mindst et stykke plastik og forekomsten er i mange områder også væsentligt højere end tærskelværdien for god miljøtilstand fastsat til, at maks. 10 % af fuglene må indeholde mere end 0.1 g plastik. Fra Østersøen foreligger der kun ét publiceret studie, der har undersøgt indtagelse af plastikpartikler >1 mm hos havfugle (Morkūnas et al., 2021). Her blev seks fuglearter undersøgt, hhv. fløjlsand (*Melanitta fusca*), sortand (*Melanitta nigra*), havlit (*Clangula hyemalis*), rødstrubet lom (*Gavia stellata*), toppet lappedykker (*Podiceps cristatus*) og almindelig lomvie (*Uria aalge*). Tre af arterne havde indtaget mindst et stykke plastik, henholdsvis havlit (3,9 %), rødstrubet lom (4,5 %) og almindelig lomvie (3,0 %). Tilsvarende undersøgelser fra Nordatlanten har også vist at hyppigheden for forekomsten af plastik hos de tre nævnte fuglearter generelt er lavt (Provencher et al., 2014; Kühn and Van Franeker, 2020). Dette kan dog også skyldes, at kun få undersøgelser er udført for disse arter eller tillægges typen af de pågældende områder hvor fuglene er indsamlet. For eksempel, fandt en undersøgelse udført af Acampora et al. (2016) plastik i 12 % af døde lomvier fundet på stranden i Irland. Blandt andre potentielle indikatorarter for havfugle er ride (*Rissa tridactyla*) også blevet fremhævet som en nordatlantisk og arktisk mågeart med forholdsvis højt niveau af plastik i maven, men ikke så højt som i mallek (Lusher et al, 2022; AMAP, 2021).

Andre studier har kigget på indtagelse af plastik hos måger og skarv, da flere af disse fuglearter gylper fiskeben og andet ufordøjeligt materiale op (gylp) mindst én gang om dagen (Barrett et al. 2007). Andre arter kaster spontant op under stress eller som en forsvarsmekanisme når de bliver ringmærket. Dette gør det muligt at indsamle data uden at være afhængig af døde fugle. Norsk institut for naturforskning (NINA) er som bestillingsarbejde for Miljødirektoratet (miljodirektoratet.no) i gang med at undersøge opkast fra ride. De første resultater fra denne undersøgelse forventes i 2023.

Ved at udvælge forskellige fuglekolonier (fx by versus land) kan undersøgelserne også bidrage til, at der opnås en bedre forståelse for kilderne til påvirkningerne som følge af belastningen med plast og andet affald (AMAP, 2021).

3.1.4 Havpattedyr

Under det danske overvågningsprogram er der tidligere udført pilotundersøgelser af indholdet af marint affald inklusivt (mikro)plastik > 1 mm i maveindholdet fra havpattedyr fra danske farvande i 2021 (Mikkelsen et al. 2021). Man undersøgte tre arter af havpattedyr: marsvin, spættet sæl og gråsæl. De indsamlede individer var enten fundet døde på de danske strande, eller druknet som bifangst i fiskeredskaber. Undersøgelsen fandt, at kun 8 % af maverne fra spættet sæl indeholdt plastik og endnu mindre hos marsvin. Konklusionen var, at havpattedyr i danske farvande ikke vil være en velegnet indikatorart. Samme anbefaling kommer fra Nederlandene, hvor 11 % af maverne fra spættet sæl indeholdt plastik (Bravo-Rebolledo et al., 2013). En anden undersøgelse af sæler fra Tyskland med fokus på mikroplastik >100 µm fandt at hovedparten af maver og tarm fra spættet sæl og gråsæl fra både Nordsøen og Østersøen indeholdt plastik. Undersøgelsen fandt også et lidt højere niveau i sælerne fra Østersøen sammenholdt med Nordsøen (Philipp et al., 2020, 2022).

Undersøgelser af maveindholdet i større hvaler der er fundet strandet på kysten, har også vist at de kan indeholde plastik, især hos bardehvaler som fx våge- og finhval (Kühn and van Franeker, 2020). Særligt har bevågenhed omkring en obduktion af en syg hval fra Norge i 2017, hvor der blev fundet 30 plastikposer i maven (Lislevand, 2017), været med til at sætte fokus på, at også disse arter kan være relevante indikatorer for miljøpåvirkninger af plastik og andet affald i havet - også ifm. formidling til offentligheden. Strandinger af større hvaler forekommer også årligt i Danmark, og flere af dem obduceres i anden sammenhæng. Der er herfra også rapporteret enkelte fund af plastik i maverne, bl.a. i en næbhval fundet strandet på vestkysten i 2020 (TV2 omtale d. 17. februar 2020). Det vides ikke, om der foreligger mere systematiske registreringer af plastik i forbindelse med disse obduktioner.

3.1.5 Krybdyr

Havskildpadder som uægte karettede og læderskildpadder bliver en sjælden gang også fundet på de danske strande. Der foreligger ingen videnskabeligt publicerede undersøgelser af indholdet i plastik i maven fra døde havskildpadder fundet omkring Nordsøen. Ved medieomtale af den seneste dissektion af en læderskildpadder fundet på den danske vestkyst i 2020 blev det konstateret ifm. obduktion, at skildpadden havde en stor plastikpose krøllet sammen i maven, og derudover havde den slugt et plastikskilt fra en bakke blåmuslinger (TV2 omtale d. 7. aug. 2021). Det vides ikke, om der foreligger mere systematiske data for dette fund.

3.2 Eksempler på undersøgelser af andre påvirkninger af marint affald på dyrelivet

3.2.1 Hvirvelløse dyr

I forbindelse med bl.a. opfiskning af tabte og efterladte fiskeredskaber som net, garn og tejner i udpegede områder i Limfjorden 2021-22, blev der også registreret observationer af dyr som var fanget i dem (Pedersen og Thompson, 2022). I alt blev 35 ton spøgelsesnet/redskaber opfisket. I disse opfiskede net blev der registreret 169 hummere og 7-800 taskekrabber, men ingen væsentlig mængde af fisk, der var viklet ind. Yderligere blev der indsamlet 120-140 kg levende og døde taskekrabber i en række tabte tejner anvendt især til hummerfangst i området. Hovedparten af de opfiskede redskaber var garn af

ældre dato (> 10 år), og det er derfor forventeligt at disse påvirkninger på krabber og hummer over tid er større end de angivne mængder.

En anden undersøgelse om kortlægning af spøgelsesnet på havbunden i Nordsøen fortaget af DTU for Fiskeristyrelsen (Pedersen et al., 2021) fandt man ét enkelt tabt garn ud for Hirtshals, hvori der også var fanget 70 taskekrabber. Det blev vurderet, at det ud fra denne ene observation ikke var muligt at lave et estimat på den samlede fangst i spøgelsesnet i danske farvande, hverken på art eller mængde. Et væsentligt større repræsentativt datamateriale behøves for kunne gøre dette.

3.2.2 Fisk

I 1998 og 1999 udførte Tschernij og Larsson (2003) et eksperiment for at undersøge fangsteffektiviteten af tabte bundgarn i Hanöbugten i Østersøen. Undersøgelsen viste hovedsageligt en vedvarende fangst af torsk (*Gadus morhua*) og skrubber (*Pleuronectes flesus*). Den eksperimentelle fangst for torsk blev sammenlignet med den for kommercielle garn, der blev brugt i samme område på samme tid. I løbet af de første 3 måneder faldt fangsteffektivitet af de "tabte" net til omkring 80 %, hvorefter den faldt markant og stabiliseredes ved omkring 5-6 % af startniveauet. Forsøget stoppede efter 27 måneder, men der var stærke beviser for, at forsøgsnettene ville have fortsat med at fange fisk. Det blev også observeret, at net med lang eksponeringstid havde en tendens til at fange færre individer.

Derudover findes der også diverse sporadiske observationer, bl.a. beskrevet i medier, om fisk der har været viklet ind i diverse typer af snore af plastik eller gummi.

3.2.3 Havfugle

Brugen af plastik og andet marint affald som byggemateriale i reder er et udbredt fænomen blandt en række arter af kolonirugende havfugle så som sule (*Morus bassanus*), topskarv (*Phalacrocorax aristotelis*), skarv (*Phalacrocorax carbo*) og ride (*Rissa tridactyla*) og også for flere mågearter (O'Hanlon et al., 2021). Mængderne og sammensætningen af marint affald i fuglereder kan dermed også indgå som indikatorer for D10C4, da det kan øge risikoen for effekter og i sidste ende mortalitet hos både de voksne fugle og deres unger (Matiddi et al., 2023; Votier et al. 2011). De mest almindelige typer plastik til brug som redemateriale består af rester fra fiskenet, liner og reb (Votier et al. 2011).

I Nordsøen er der især for havfuglen sule dokumenteret en udbredt forekomst af indviklede individer i marint affald på rederne i de større kolonier. Bl.a. på den tyske ø Helgoland er der lavet en pilotundersøgelse af plastik i rederne hos suler og almindelig lomvie (*Uria aalge*) i henhold til anbefalingerne i 'the Monitoring Guidance report of the EU Technical Group on Marine Litter' (Galgani et al. 2013). Både fugle der sad fast i plastik i rederne, og antallet af reder der indeholdt plastikaffald blev optalt. Kolonien blev besøgt tre gange: Før start af ynglesæson (marts/april) for at tælle sidste års indviklede døde fugle; midt i ynglesæsonen (juni/juli) for at tælle antal reder med plastik samt indfiltrering af fugle; og efter endt ynglesæson (september/oktober) hvor der kun blev talt individer som var viklet ind i plast. I 2014/2015 blev det opgjort at 97 %/99 % af de optalte reder hos sulerne på Helgoland indeholdt plastik (Werner et al. 2016). I 2015 blev der desuden som følge af indvikling i plastik, registreret 33 døde almindelig lomvier, 12 døde voksne suler, og 14 døde juvenile suler.

Tilsvarende observationer af suler indviklet i marint affald på reden, samt brug af marint affald som redemateriale er beskrevet for flere kolonier i bl.a. Wales og Færøerne (Votier et al., 2011; O'Hanlon et al., 2019).

Der findes kun sparsom information om havfugle indviklet i marint affald i de nordiske lande, men også her er sulen en af de havfugle, der har flest interaktioner med plastik og andet marint affald. Sulen er fortsat den art, der oftest findes viklet ind i plastik blandt alle strandede fugle i den hollandske og tyske del af den sydlige Nordsø. 5-20 % af de indrapporteret dødfundne suler er fundet viklet ind i plastik og andet marint affald, siden undersøgelserne startede i 1980'erne (Fleet et al. 2009). Derudover forekommer der også rapporteringer om levende eller dødfundne suler fra danske farvande, bl.a. som sporadiske observationer fra de indre danske farvande rapporteret af fuglekiggere i form af citizen science data (<https://www.birdsanddebris.com/>). Samme steds er også rapporteret diverse observationer for andre fuglearter inklusiv for reder, bl.a. fra skarvkolonier i Danmark.

En del andre havfuglearter bruger også affald fra havet som redemateriale (O'Hanlon et al. 2021). For eksempel er indholdet af plastik i reder fra havfuglen ride blevet undersøgt i kolonien ved Bulbjerg og Hirtshals i Nordjylland (Hartwig et al. 2007). Her blev det fundet at 39 % af 466 optalte reder i 1992 indeholdt plastik, hvorimod det i 2005 var 57 % af 311 optalte reder (Hartwig et al. 2007). Undersøgelser af reder fra andre fuglearter har bl.a. vist, at plastikaffald forekommer i 0-9 % af reder fra edderfugle (*Somateria mollissima*) i Oslo Fjord i Norge, men ingen plastik blev registreret i reder hos sølvmåge (*Larus argentatus*) og sildemåge (*Larus fuscus*) på Stora Karlsö i den svenske del af Østersøen (O'Hanlon et al. 2021).

Figur 2. Eksempel på udbredt forekomst af plastik i reder fra en bynær dansk skarvkoloni ved København (Foto: Jakob Strand)



3.2.4 Havpattedyr

Plastikgenstande og tabte fiskeredskaber i havet udgør en stor risiko for havpattedyr, da det kan føre til fysiske skader, indvikling og død. I den tyske del af Nordsøen og Østersøen har undersøgelser ifm. obduktioner i perioden 1990-2014 fundet at 0,2 % af de dødfundne marsvin (*Phocoena phocoena*), spættet sæl (*Phoca vitulina*) og gråsæl (*Halichoerus grypus*) var døde, som følge af at dyrene havde været viklet ind i plastik (Unger et al. 2017).

4 Potentielle indikatorarter til brug i dansk overvågning

4.1 Anbefalinger til D10C3 indikatorer for indtagelse af marint affald i biota

Mht. D10C3 kan indikatoren for indtagelsen af plastik >1 mm i havfuglen mallekugle fortsat betragtes som den mest velegnede miljøindikator, og denne indikator er også prioriteret som regional indikator for Nordsøen af både OSPAR og EU. Det anbefales derfor, at denne indikator fortsat indgår som en del af nationalt overvågningsprogram i Danmark, selvom det geografiske område er begrænset til Nordsøen og Skagerrak, og at det indsamlede antal prøver har været begrænset i nogle år.

Indikatorer for indtagelse af marint affald i andre arter af havfugle eller andre dyregrupper, der kan have mere relevans for de indre danske farvande og Østersøen, mangler stadig en bredere afprøvning af deres egnethed og robusthed, set i en dansk overvågningskontekst, hvis formålet er at kunne detektere rumlige og tidlige trends.

Tidligere undersøgelser har vist at både fisk og bunddyr, som muslinger fra danske farvande og vores nabolande, kan indeholde især mikroplastik. Disse dyre-grupper kan derfor også være relevante at overveje som overvågningsindikatorer for indtagelse af mikroplastik i danske farvande. Undersøgelser af bl.a. blåmuslinger kan være særligt velegnede, da det vurderes at de forholdsvis nemt kan blive integreret med den nationale overvågning af miljøfarlige stoffer i kystnære danske farvande. Andre bundlevende dyr, fx muslinger eller andre arter af hvirvelløse dyr som pighuder eller krebsdyr, der eksempelvis lever på mere mudret sedimentbund, kan også overvejes som relevante indikatorarter. Fordele ved sådanne invertebrater er bl.a., at de kan betragtes som mere stationære end fisk, have et mere tidsintegreret optag og akkumulering af plastik, samt i højere grad afspejle et optag af mikroplastik direkte fra det omgivende miljø. Der vurderes dog fortsat at være behov for optimering og kvalitetssikring af analysemetoder, især hvis størrelsesfraktioner for mikroplastik < 300 µm medtages i analyserne. Dette gælder for både metoder til prøveforberedelse samt til analyser til identifikation og kvantificering af mikroplastik.

For fisk, tyder hidtidige undersøgelser på et generelt lavt niveau af indtaget mikroplastik. Det indebærer, at et forholdsvis stort antal individer bør analyseres for at være i stand til at kunne detektere væsentlige trends. Ligeledes for indtagelse af plastik i havpattedyr som sæler og marsvin. Døde bardehvaler og havskildpadder findes kun sjældent strandet i danske farvande, men høje niveauer af plastik og andet affald er tidligere blevet dokumenteret i disse. Mere systematiske undersøgelser med analyser af mængder og sammensætning af plastik i disse arter kunne overvejes ifm. anden obduktion, som måtte blive foretaget på disse dyr. I så fald vil sådanne data også kunne indgå som et dansk bidrag til et større regionalt datasæt, fx på OSPAR niveau, selv om sådanne data vil være ganske sporadiske pga. de sjældne fund. Fremtidige klimaforandringer kan måske medføre, at sådanne fund kan blive mere hyppige. Desuden kan registreringer af marint affald indtaget af større havdyr også være væsentlige ifm. formidling til den bredere offentlighed om problemstillingen ved forekomst af affald i havmiljøet.

4.2 Anbefalinger til D10C4 indikatorer for andre påvirkninger af plastik i biota

Da der ikke forekommer kolonier med suler i Danmark, kan der være behov for at afsøge muligheden for, om undersøgelser af andre relevante kolonirugende fugle kan anvendes som D10C4 indikatorer i Danmark. Ud over de to studier fra en ride-koloni ved Bulbjerg i Nordjylland fra 1992 og 2005, findes der ikke andre systematiske registreringer om forekomst af plastik i reder hos havfugle i Danmark. Der er dog rapporteret flere sporadiske observationer, bl.a. fra skarvkolonier. Idet undersøgelser af plastik og andet affald inkorporeret i hav-fuglereder metodemæssigt kan koordineres med andre miljøundersøgelser omkring fuglekolonier, samt kan betragtes som en ikke-invasiv metode, kan en sådan indikator være relevant at overveje i en dansk overvågningskontekst. Eksempelvis kan en opfølgning af de tidligere undersøgelser af kolonien med rider ved Bulbjerg og Hirtshals være relevant, også for at få et tidligt perspektiv på dette. Derudover er det nok mest indholdet af plastik i reder i danske skarvkolonier, som kan være oplagt at overveje som overvågningsindikator for D10C4. Skarven i Danmark yngler mange steder i de indre farvande, og det er derfor muligt at få information om forskelle mellem forskellige lokaliteter (fx by og land) og derved kilderne til forureningen. I Danmark bliver skarven forvaltet af Naturstyrelsen, og hvis denne metode viser sig at være en robust måde at få information om påvirkningen af plastikaffald på dyrelivet, kan det forholdsvis nemt integreres i det igangværende arbejde.

I forbindelse med opfiskning af tabte og efterladte fiskeredskaber (spøgelsesnet og tejner) i de danske farvande kan det være relevant at overveje at man i den marine overvågning inddrager en mere systematisk registrering af forekomst af fisk og større hvirvelløse dyr som krabber og hummere, som måtte være viklet ind i disse. Mængden af fisk og større hvirvelløse dyr, der fanges og dør i tabte fiskeredskaber, kan være høj, og det kan derfor i visse områder ikke udelukkes at have en effekt på artsniveau. Da også antallet af berørte arter kan være højt, anbefales det ifm. overvågning, at der skelnes mellem bundlevende og pelagiske dyr samt kystnære områder og åbent hav.

5 Referencer

Acampora H, Lyashevskaja O, Van Franeker JA, O'Connor I (2016). The Use of beached bird surveys for marine plastic litter monitoring in Ireland. *Marine Environmental Research* 120: 122-129.

AMAP (2021). AMAP Litter and Microplastics Monitoring Guidelines. Version 1.0. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Tromsø, Norway, 257pp.

Beer S, Garm A, Huwer B, Dierking J, Nielsen TG (2018). No increase in marine microplastic concentrations over the last three decades – A case study from the Baltic Sea. *Science of the Total Environment* 621: 1272-1279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.101>

Białowas M, Jonko-Sobús K, Pawlak J, Polak-Juszczak, Dąbrowska A, Urban-Malinga B (2022). Plastic in digestive tract and gills of cod and herring from the Baltic Sea.

Bond AL, Montevecchi WA, Guse N, Regular PM, Garthe S, Rail JF (2012). Prevalence and composition of fishing gear debris in the nests of northern gannets (*Morus bassanus*) are related to fishing effort. *Marine Pollution Bulletin* 64(5): 907-911.

Bravo-Rebolledo EL, Van Franeker JA, Jansen OE, Brasseur SMJM (2013). Plastic ingestion by harbour seals (*Phoca vitulina*) in The Netherlands. *Marine Pollution Bulletin* 67: 200-202. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.035>

Bråte LN, Huwer B, Thomas KV, Eidsvoll DP, Halsband C, Almroth BC, Lusher A (2017). Micro- and macro-plastics in marine species from Nordic waters. *TemaNord* 2017. 549. 103 pp.

Bråte ILN, Hurley Ra, Lusher A, Buenaventura N, Halsband C, Green N (2020). Microplastics in marine bivalves from the Nordic environment. Norwegian Environment Agency publication series M-1629 | 2020. Nordic Council of Ministers, TemaNord report TN2020:504, ISSN 0908-6692. 129 pages. ISBN 978-92-893-6521-5 (PDF), ISBN 978-92-893-6522-2 (ONLINE) <http://dx.doi.org/10.6027/TemaNord2020-504>.

Budimir S, Setälä O, Lehtiniemi M (2018). Effective and easy to use extraction method shows low numbers of microplastics in offshore planktivorous fish from the northern Baltic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 127: 586e592. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.054>.

EU (2008). Direktiv 2008/56/EF, »Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet).

EU (2022). MSFD CIS Guidance Document No. 19, Article 8 MSFD, May 2022.

Fischer E (2019). Distribution of microplastics in marine species of the Wadden Sea along the coastline of Schleswig-Holstein, Germany. Report from Hamburg University.

Fleet D, Van Franeker J, Dagevos J, Hougee M (2009). Marine Litter. Wadden Sea Ecosystem No. 25, Thematic Report No. 3.8 for the Quality Status Report 2009, Trilateral Monitoring and Assessment Group (TMAG).

Galgani F, Hanke G, Werner S, Oosterbaan L, Nilsson P, Fleet D, Kinsey S, Thompson RC, Van Franeker J, Vlachogianni T (2013.) Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. A Guidance Document within the Common Implementation Strategy for the Marine Strategy Framework Directive. Publications Office of the European Union, MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, Luxembourg, p. 128, 9279327100

GESAMP (2019). Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.

Gomiero A, Strafella P, Øysæd KB, Fabi G (2019). First occurrence and composition assessment of microplastics in native mussels collected from coastal and offshore areas of the northern and central Adriatic Sea. Environmental Science and Pollution Research, 26(24):24407-24416.
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-05693-y>

Hartwig E, Clemens T, Heckroth M (2007). Plastic debris as nesting material in a Kittiwake- (*Rissa tridactyla*)-colony at the Jammerbugt, Northwest Denmark. Marine Pollution Bulletin 54 (5): 595-597.

HELCOM (2020). Monitoring Programme topic – Litter. Programme: Litter in biota.

Kershaw PJ, Alcaro L, Garnacho E, Doyle T, Maes T, and Painting S (2013). Review of existing policies that may be applied to mitigate the impact of marine litter. Deliverable Report D1.3 - from the MARLISCO Project.

Kühn S, Van Franeker JA (2020). Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. Marine Pollution Bulletin 151: 110858.

Lenz R, Enders K, Beer S, Sørensen TK, Stedmon CA (2016). Analysis of Microplastic in the Stomachs of Herring and Cod From the North Sea and Baltic Sea DTU Aqua National Institute of Aquatic Resources.

Linnebjerg JF, Baak JE, Barry T, Merkel F, Strand J et al. (2021). Review of plastic pollution policies of Arctic countries in relation to seabirds. Facets, Bind 6, 01.2021, s. 1–25.

Lusher A, McHugh M, Thompson R (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. Mar. Pollut. Bull. 67, 94e99.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>.

Lusher AL, Provencher JF, Baak JE, Linnebjerg JF et al. (2022). Monitoring litter and microplastics in Arctic mammals and birds. *Arctic Science*, Bind 8, Nr. 4, 2022, s. 1217-1235.

Matiddi M, Hochscheid S, Camedda A, Baini M, Cocumelli C, Serena F, Tomassetti P, Travaglini A, Marra S, Campani T, Scholl F, Mancusi C, Amato E, Briguglio P, Maffucci F, Fossi MC, Bentivegna F, de Lucia GA (2017). Loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): a target species for monitoring litter ingested by marine organisms in the Mediterranean Sea. *Environ. Pollut.* 230, 199e209. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.06.054>

Matiddi M, Silvestri C, Anastasopoulou A, Andresmaa E, Angiolillo M, Bakker Paiva M, Buhhalko N, Cadiou B, Clarò F, Consoli P, Darmon G, Deudero S, Eriksson J, Fischer E, Fossi MC, Galgani F, Gérigny O, Guse N, Hanke G, Ioakeimidis C, Kammann U, Kühn S, Lips I, Loza AL, Papadoyannakis M, Ruiz L, Setälä O, Schulz M, Soederberg L, Strand J, van Franeker J, van Loon W, Volckaert A, Weiel S, Werner S (2023). Guidance on monitoring of marine litter in European Seas – A guidance document within the Common Implementation Strategy for the Marine Strategy Framework Directive. Marine Litter impact on Biota. JRC Scientific and policy reports (DRAFT).

Mikkelsen L, Strand J, Kyhn LA (2022). Screening for plastik i havpattedyr. Forekomst og sammensætning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 26s. - Teknisk rapport nr. 230 . <http://dce2.au.dk/pub/TR230.pdf>

Miljøstyrelsen (2020). Danmarks Havstrategi II, Anden del, Overvågningsprogram. https://mst.dk/media/225665/hsd_ii_anden_del_overvaagningsprogram_2020-26.pdf

Morkūnas J, Biveinytė V, Balčiūnas A, Morkūnė R (2021). The broader isotopic niche of Long-tailed Duck *Clangula hyemalis* implies a higher risk of ingesting plastic and non-plastic debris than for other diving seabirds. *Marine Pollution Bulletin* 173: 113065.

O'Hanlon NJ, Bond AL, Masden EA, Lavers JL, James NA (2021). Measuring nest incorporation of anthropogenic debris by seabirds: An opportunistic approach increases geographic scope and reduce costs. *Marine Pollution Bulletin* 171: 112706.

OSPAR (2019). Coordinated environmental monitoring programme (CEMP). Guidelines for monitoring and assessment of plastic particles in stomachs of fulmars in the North Sea area. Update 2019. <https://www.ospar.org/convention/agreements?q=fulmar&t=32281&a=&s>

OSPAR (2022). Impacts of marine litter on biota in the OSPAR Maritime Area. A review of previous and current studies. OSPAR'S Quality Status Report 2023. 38 pp.

Pedersen EM, Andersen NG, Egekvist J, Nielsen A, Olsen J, Thompson F, Larsen F (2021). Ghost nets in Danish waters. DTU Aqua Report no. 394-2021. National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark, 83 pp. + appendices in separate report.

- Pedersen EM, Thompson F (2022). Oprensning af spøgelsesnet i Limfjorden. DTU Aqua. DTU Aquarapport Nr. 412-2022.
- Philipp C, Unger B, Fische EK, Schnitzler JG, Sibert U (2020). Handle with care – microplastic particles in intestine samples of seals from German Waters. *Sustainability* 12 (24): 10424. <https://doi.org/10.3390/su122410424>
- Philipp C, Unger B, Siebert U (2022) Occurrence of Microplastics in Harbour Seals (*Phoca vitulina*) and Grey Seals (*Halichoerus grypus*) from German Waters. *Animals* 12: 551. <https://doi.org/10.3390/ani12050551>
- Piarulli S, Scapinello S, Comandini P, Magnusson K, Granberg M, Wong JXW, Sciutto G, Prati S, Mazzeo R, Booth AM, Airoidi L (2019). Micro-plastics in wild populations of the omnivorous crab *Carcinus aestuarii*: a review and a regional-scale test of extraction methods, including microfibrils. *Environmental Pollution*, 251:117-127.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.092>
- Provencher JF, Bond AL, Hedd A, Montevecchi WA, Muzaffar SB, Courchesne SJ, Gilchrist HG, Jamieson SE, Merkel FR, Falk K, Durinck J, Mallory ML (2014). Prevalence of marine debris in marine birds from the North Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 84: 411-417.
- Rummel CD, Löder MG, Fricke NF, Lang T, Griebeler EM, Janke M, Gerdts G (2016). Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 102 (1):134–141.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.043>
- Setälä OV, Fleming-Lehtinen V, Lehtiniemi M (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185:77-83. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.013>
- Strand J (2018). Havfugle som indikatorer for forureningen med plastik i havet. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift*, Bind 112, Nr. 1, 2018, s. 8-9.
- Tschernij V, Larsson PO (2002). Ghost fishing by lost cod and gill nets in the Baltic Sea. *Fisheries Research* 64: 151-162.
- UNEP - United Nations Environment Programme (2021). From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. Nairobi.
- Votier SC, Archibald K, Morgan G, Morgan L (2011). The use of plastic debris as nesting material by a colonial seabird and associated entanglement mortality. *Marine Pollution Bulletin* 62 (2011) 168-172.
- Ward JE, Zhao S, Holohan BA, Mladinich KM, Griffin TW, Wozniak J, Shumway SE (2019). Selective ingestion and egestion of plastic particles by blue mussel (*Mytilus edulis*) and eastern oyster (*Crassostrea virginica*): Implications for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution. *Environmental Science & Technology* (15): 8776-8784.
DOI: 10.1021/acs.est.9b02073

Werner S, Budziak A, Van Franeker J, Galgani F, Hanke G, Maes T, Matiddi M, Nilsson P, Oosterbaan L, Priestland E, Thompson R, Veiga J, Vlachogianni T (2016). Harm caused by Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter - Thematic Report; JRC Technical report; EUR 28317 EN; doi:10.2788/690366.

INDIKATORER TIL OVERVÅGNING AF PÅVIRKNINGER AF MARINT AFFALD PÅ BIOTA I DANSKE FARVANDE

Forskellige miljøindikatorer for indtagelse og andre miljøpåvirkninger af marint affald, herunder plastik, på en række forskellige dyregrupper kan være relevante også ift. et dansk overvågningsprogram målrettet EU's havstrategidirektiv. Dette omfatter både indtagelse af plastik i havfugle, fisk og bunddyr samt forekomst af dyr, der er viklet ind i affald og plastik anvendt som redemateriale.