

Fiskeredskabers opbygning og affaldshåndteringen

Indsamling af eksisterende teknisk viden om fiskeredskabers opbygning til brug for udarbejdelse af en ordning for miljøgraderet bidrag på fiskeredskaber

Esther Savina

DTU Aqua-rapport nr. 460-2024



Fiskeredskabers opbygning og affaldshåndteringen

Indsamling af eksisterende teknisk viden om fiskeredskabers opbygning til brug for udarbejdelse af en ordning for miljøgraderet bidrag på fiskeredskaber

Esther Savina

DTU Aqua-rapport nr. 460-2024

Kolofon

Titel:	Fiskeredskabers opbygning og affaldshåndteringen. Indsamling af eksisterende teknisk viden om fiskeredskabers opbygning til brug for udarbejdelse af en ordning for miljøgraderet bidrag på fiskeredskaber
Forfatter:	Esther Savina
DTU Aqua-rapport nr.:	460-2024
År:	Det videnskabelige arbejde er afsluttet april 2024. Rapporten er udgivet juni 2024
Reference:	Savina, E. (2024). Fiskeredskabers opbygning og affaldshåndteringen. Indsamling af eksisterende teknisk viden om fiskeredskabers opbygning til brug for udarbejdelse af en ordning for miljøgraderet bidrag på fiskeredskaber. DTU Aqua-rapport nr. 460-2024. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 18 pp.
Kvalitetssikring:	Rapporten er kvalitetssikret af lektor Rikke Petri Frandsen, DTU Aqua
Forsidefoto:	Fiskeredskaber. Foto: Rikke Petri Frandsen
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, Willemoesvej 2, 9850 Hirtshals
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-398-9

DTU Aqua-rapporter er afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, redegørelser til myndigheder o.l. Med mindre det fremgår af kolofonen, er rapporterne ikke fagfællebedømt (peer reviewed), hvilket betyder, at indholdet ikke er gennemgået af forskere uden for projektgruppen.

Forord

Opgavens baggrund - Miljøgraderet bidrag

Miljøministeriet skal lave en ordning for **miljøgraderede bidrag til fiskeredskaber** i forbindelse med implementering af udvidet producentansvar for fiskeredskaber (Miljøstyrelsen Id nr.: 10229625). Graderingens formål er at give producenterne et incitament til at bringe fiskeredskaber på markedet, der bidrager til en cirkulær økonomi. En dansk model for miljøgraderede bidrag på fiskeredskaber skal opfylde den del af affaldsdirektivets minimumskrav, der henviser til gradering af bidrag efter materialetype, og modellen skal tage hensyn til deres holdbarhed, genbrugelighed og genanvendelighed og tilstedeværelsen af farlige stoffer.

Formål med opgaven

Miljøstyrelsen ønsker, at DTU Aqua indsamler eksisterende teknisk viden om erhvervsfiskeredskaber. Denne tekniske viden skal bidrage til, at Miljøstyrelsen får et teknisk vidensgrundlag for udarbejdelse af en ordning for miljøgraderet bidrag, og tage udgangspunkt i erhvervsfiskeredskabers **holdbarhed, genbrugelighed, genanvendelighed** og eventuelle indhold af **farlige stoffer**.

Definition af fiskeredskaber

Fiskeredskaber defineres i den Internationale konvention om forebyggelse af forurening fra skibe (MARPOL) som "enhver fysisk enhed eller del heraf eller en kombination af genstande, der kan placeres på eller i vandet eller på havbunden med det tilsigtede formål at fange eller kontrollere til efterfølgende fangst eller høst, marine- eller ferskvandsorganismer" (He et al., 2021).

Kun **kommercielt** (dvs. ekskl. bierhverv og rekreativt) udstyr **produceret i Danmark** overvejes. I denne rapport er det danske erhvervsfiskeri defineret som alle fiskeriaktiviteter med fartøjer, der optræder i **Fiskeristyrelsens afregningsregister** for landinger af fisk og skaldyr. Dataindsamling er tilpasset til fiskeriforvaltningskrav og indeholder ikke de detaljerede oplysninger, der er nødvendige for at rapportere redskabsegenskaber på komponentniveau. Vi præsenterer nedenunder en generel oversigt over gearkomponenter til de mest almindelige redskaber i Danmark: skraber, bundtrawl, snurrevod, pelagisk trawl og nedgarn.

Miljøstyrelsen har fulgt rådgivningens fremdrift på møder undervejs og har haft rapporten til gennemsyn.

Esther Savina

Forsker i fiskeriteknologi, DTU Aqua

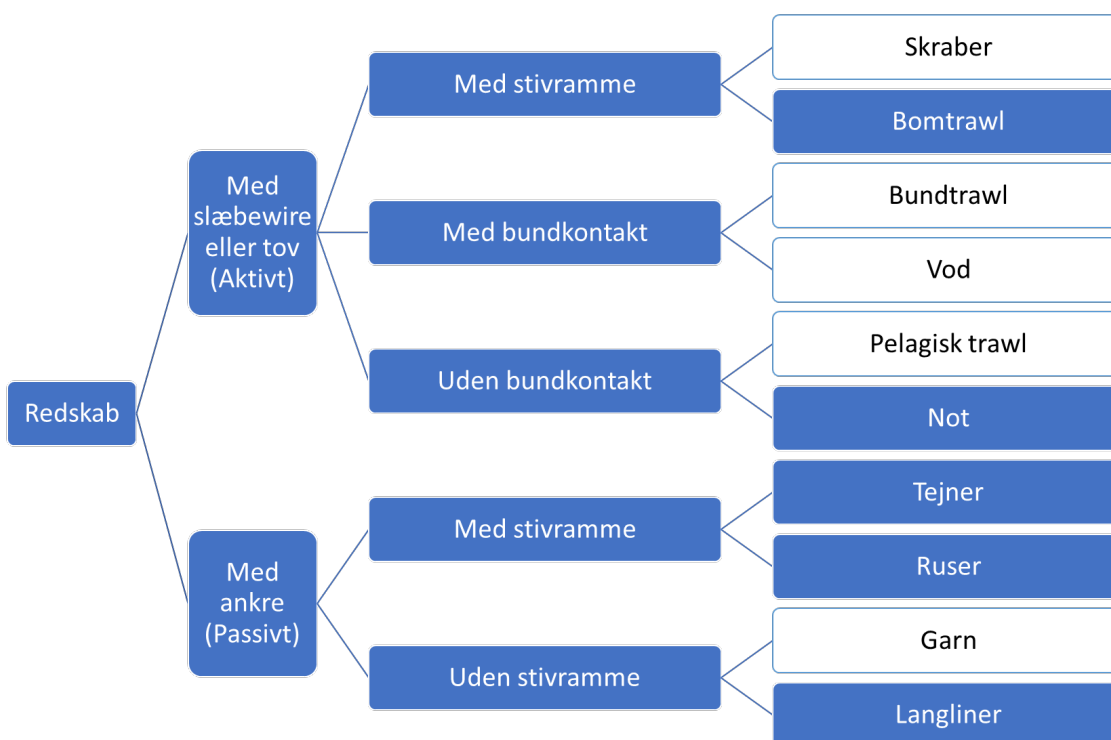
Indhold

1.	De danske erhvervs fiskeri og havne (oversigt)	5
1.1	Hvilke fartøjer og redskaber er de?	5
1.2	Hvor arbejder de danske fiskerfartøjer?	6
1.3	Hvordan foregår affaldshåndteringen i de 16 erhvervsfiskerihavne?.....	6
2.	De tekniske kriterier for erhvervsfiskeudstyr	8
2.1	Et redskab er lavet af flere dele, der hver har en præcis funktion	8
2.2	Plastmaterialer i fiskeredskaber	9
3.	De tekniske kriterier for affaldshåndteringen af erhvervsfiskeudstyr	11
3.1	Holdbarhed (levetid)	11
3.2	Genanvendelighed	12
3.3	Indsamling og udsortering	13
3.4	Potentielle skadelige/farlige stoffer	14
4.	Fremtidsperspektiver	15
4.1	Design og kvantificeret vurdering af moderne fiskeredskaber	15
4.2	Retningslinjer for affaldshåndteringen af erhvervsfiskeudstyr i en cirkulær økonomi	16
	Referencer	17

1. De danske erhvervs fiskeri og havne (oversigt)

1.1 Hvilke fartøjer og redskaber er de?

Redskabstyperne er designet efter fiskearter og bundforhold. Når redskaber trækkes gennem vandet (dynamiske), taler vi om **aktive redskaber**. Når redskaber sættes stationært (statiske), taler vi om **passive redskaber** (Poulsen 2020) (Figur 1). I forbindelse med levetid og sortering af fiskeriudstyr, har vi også brug for en klassificering, der tager højde for tilstedeværelsen af en stivramme eller ekstra udstyr til at beskytte redskaberne fra bunden i modsætning til redskaber, der primært består af kun net f.eks. pelagisk og net (Figur 1). Et fartøj kan fiske med **et eller flere redskaber på samme tid**. Det er altid tilfældet for passive redskaber, der er indsat som flåder af redskaber knyttet sammen, men også for aktive redskaber, der kan trækkes to eller nogle gange endda fire ad gangen. Illustrationer af redskaber findes i Korsgaard et al. (2007).



Figur 1. Redskabsklassifikationen som, i forbindelse med levetid og sortering af fiskeriudstyr, tager højde for tilstedeværelsen af en metalramme eller bundkontakt. De mest almindelige redskaber i Danmark er fremhævet med hvid baggrund.

De største fartøjer (> 17 m) fisker typisk med **pelagisk trawl efter sild, brisling og makrel**, eller med **bundtrawl efter jomfruhummer, torsk og rødspætte** (Gislason et al. 2021). Mange af de mellemstore fartøjer (10¹-17 m) fisker med passive redskaber (**nedgarn**) eller med **skraber**, men der er også en del, der deltager i **bundtrawls- og snurrevodsfiskeri** (Gislason et al. 2021). Mere end halvdelen af de andre små ikke-logbogspligtige erhvervsfiskefartøjer fisker

¹ 8-17 m for Østersøen

med **nedgarn efter rødspætter, torsk og stenbider** (Gislason et al. 2021). Vi præsenterer nedenunder en generel oversigt over gearkomponenter til de mest almindelige redskaber i Danmark: skraber, bundtrawl til konsum, snurrevod, pelagisk trawl og nedgarn.

Størstedelen af de fisk og skaldyr, der landes i danske havne, kommer fra de erhvervsaktive **store og mellemstore fartøjer** (i alt 635.625 tons, 3,2 milliarder kroner og 70.821 indsatsdage i 2019) (Gislason et al. 2021). Når de **små fartøjer** fisker markant flere dage per landet ton end de største og mellemstore fartøjer (23 % af indsatsdagene, 0,5 % af landingerne), skyldes det primært, at de fisker med mindre maskinkraft og redskaber og derfor har lavere fangstevne per fiskedag (Gislason et al. 2021). Detaljerne over indsatsdage, landinger, landingsværdi, typiske dybdegrænser og bundtyper for de danske fiskefartøjer findes i Gislason et al. (2021).

1.2 Hvor arbejder de danske fiskerfartøjer?

Det danske erhvervsfiskeri foregår primært i **Nordsøen, Skagerrak, Kattegat og Østersøen**, men også efter sild i **Norskehavet**, efter hestemakrel i den vestlige del af den Engelske Kanal, efter dybvandsrejer ved Grønland og efter blåhvilling og havgalt i farvandet vest for Irland (Gislason et al. 2021).

Fiskeredskaber kan gå tabt på grund af ugunstige vejrforhold, uregelmæssig topografi, redskabskonflikter og -fejl, skibskollisioner, opgivelse, menneskelige fejl og hærværk (Pedersen et al. 2021). Tabte redskaber og dele bliver derefter hentet på havet af andre fiskere eller gennem oprydningundersøgelser på tværs af kystlinjen. Hvert år indsamler Danmark 1 000 tons affald på sin vestlige kystlinje (Høngaard Andersen et al. 2019). Da flere nationaliteter deler fiskepladser, og havstrømme fører havaffald på tværs af landegrænser, er det en betydelig grad af **tværnational rækkevidde**, når man overvejer håndtering af redskabsaffald (Antunes Nogueira et al. 2022).

1.3 Hvordan foregår affaldshåndteringen i de 16 erhvervsfiskerihavne?

Fiskerivirksomheder bortskaffer deres grejaffald ved havnemodtagelse eller nærmeste affaldshåndteringsanlæg (Tabel 1). Endelig er havnene forpligtede til gratis at modtage opfisket havaffald fra skibe og videreformidle dette efter internationale og danske regelsæt. Fiskeredskabsaffald transporteres i øjeblikket til **Danmark** (Plastix) og **Litauen**.

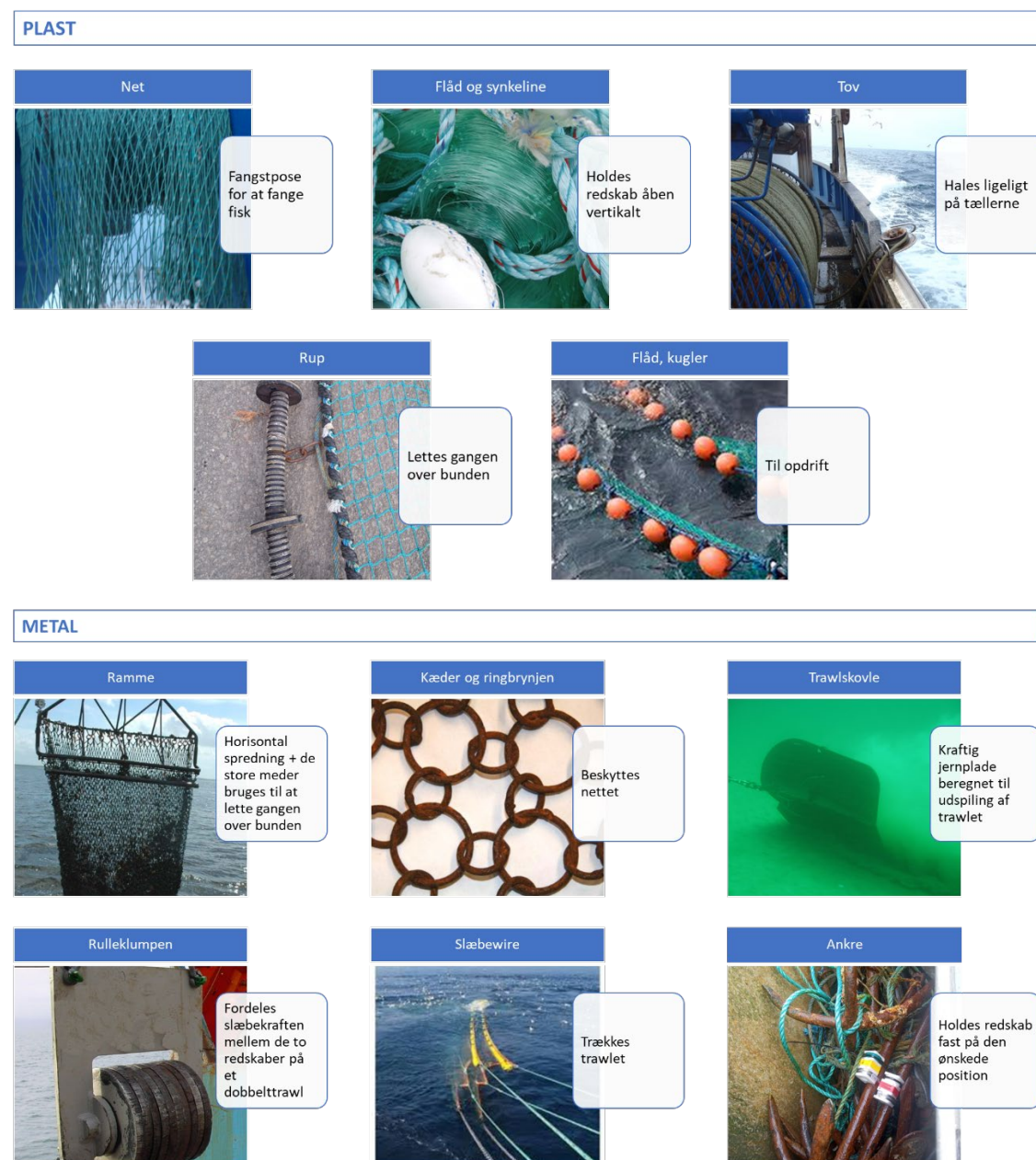
Table 1. Overview of the 16 commercial fishing harbors in Denmark.

HAVN	TYPER
Skagen	Kommunal selvstyrehavn
Hirtshals	Kommunal selvstyrehavn
Hanstholm	Kommunal selvstyrehavn
Thyborøn	Kommunal selvstyrehavn
Thorsminde	Kommunal selvstyrehavn
Hvide Sande	Kommunal selvstyrehavn
Esbjerg	Kommunal selvstyrehavn
Rømø	Kommunal selvstyrehavn
Søby	Anden organisationsform
Marstal og Ærøskøbings	Kommunal havn
Orehoved (Guldborgsund)	Kommunal havn
Klintholm	Kommunal havn
Nexø	Aktieselskab
Hundested	Anden organisationsform
Grenaa	Aktieselskab
Strandby	Anden organisationsform

2. De tekniske kriterier for erhvervsfiskeudstyr

2.1 Et redskab er lavet af flere dele, der hver har en præcis funktion

Redskaber er udviklet så de bedst passer til de lokale forhold og økonomien i fiskeriet, f.eks. ekstra kædemåtte på bundredskaber for at beskytte nettet mod bundkontakt. Redskaberne indstilles ved hjælp af anker eller bugseres ved hjælp af slæbewirer (Figur 2).

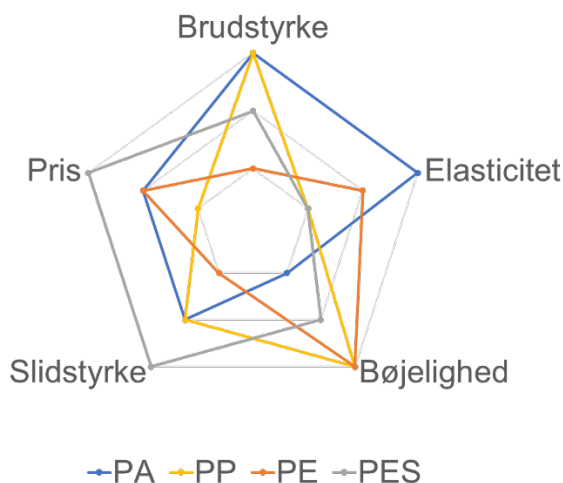


Figur 2. Plast og metal redskabersdele og funktioner. © DTU Aqua, Marine Scotland.

Fiskeredskaber fremstilles med **højstyrke materialer**, der indeholder mekaniske og fysiske egenskaber, der kræves for at fange målartern. En stor variation og ofte en kombination af **forskellige materialer** bruges i konstruktionen af fiskeredskaber, som **plastpolymerer** eller **metaller** (bly, zink, stål) (Sala og Richardson 2023). Nogle redskaber også omfattes naturlige, ikke-syntetiske materialer, f.eks. **bomuld** i nogle tejnefiskerier, der bruges til biologisk nedbrydelighed flugtmekanismer. Net **importeres mest fra Asien** og **monteres i Danmark** (Korsgaard et al. 2007). De fleste moderne fiskenet sammensættes af hundredvis af **forskellige kombinationer af polymererne og additiver**. Produktdesign og værktøjsudviklingsprocesser er ikke altid offentligt formaliserede, da de ofte er baseret på individuel **ekspertviden og erfaring** med intellektuelle ejendomsrettigheder (Sala og Richardson 2023). Det resulterer i **store videnshuller omkring materialesammensætning**, som komplicerer evnen til at genbruge effektivt.

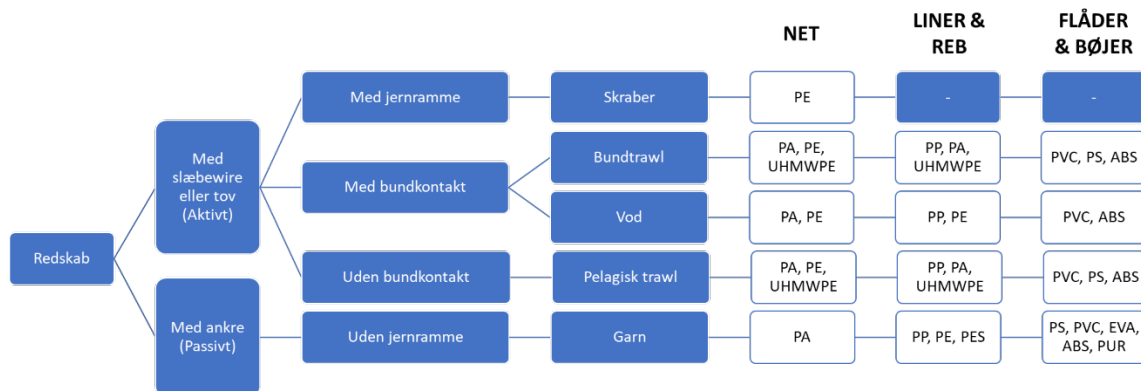
2.2 Plastmaterialer i fiskeredskaber

Fiskeredskaber er produceret af **mineraloliebaserede polymerer** siden 1960'erne på grund af deres langtidsholdbare egenskaber (Weissbach et al. 2021). Materialevalg er baseret på **brudstyrke, elasticitet, bøjelighed, vægtfylde, knudefasthed og pris** (Klust 1982, Korsgaard et al. 2007, Oxvig og Hansen 2007, Sala og Richardson 2023). De fire almindeligste plastmaterialer i fiskeredskaber er **polyamid (PA, f.eks. nylon)**, **polypropylen (PP, f.eks. Danaflex)**, **polyethylen (PE)** og **polyester (PES)** (Figur 3).



Figur 3. Brudstyrke, elasticitet, bøjelighed, slidstyrke og pris ved de fire almindeligste plastmaterialer i fiskeredskaber: polyamid (PA, blå), polypropylen (PP, gul), polyethylen (PE, orange) og polyester (PES, grå). De forskellige markere i radaren indikerer acceptabel, god og fremragende egenskaber (og ikke procentvis forskel).

Til net, man bruges mest **PA** og **PE**, men også PP, PE og **polyethylenterephthalat (PET)** i blandinger (Figur 4). PA udgør ca. 63% af plasten i nettene, PE 19% og blandet PE/PP/PA ca. 13% (Poulsen 2020). PA kan opnå højeste brudstyrke med mindste diameter, hvilket er nyttigt til at minimere trækmotstand i pelagiske trawl og sigtbarhed i garn, og kræver mindre plads til opbevaring end PE. Hvis PA er meget udbredt til garn i f.eks. Danmark, vil andre lande bruge PES, PE, eller stadig naturlige fibre. PE er nemmere at fremstille (billigst), håndtere eller rengøre, favoriserer reduktion i slitage (lav vægtfylde), og (samt med PP) holder oprindelige form længere, hvilket gør reparationer nemmere (Oxvig og Hansen 2007). **Ultra-Høj-Molekylvægt Polyethylen (UHMWPE, f.eks. Dyneema)** bruges til stærke men lette fiskenet og reb (Figur 4), som hjælper med at reducere brændstofomkostningerne og lette sikker håndtering af redskaber.



Figur 4. Plastmaterialer til net, liner og reb samt flåder og bøjer i de mest almindelige fiskeredskaber i Danmark: polyamid (PA), polypropylen (PP), polyester (PES), polyethylen (PE), Ultra-Høj-Molekylvægt Polyethylen (UHMWPE), polyvinyl chloride (PVC), polystyren (PS), ethylen-vinylacetat (EVA), polyurethan (PUR), og copolymer Acrylonitril-butadien-styren (ABS).

Til liner, man bruges mest PP, PE eller PES (Figur 4). I løbet af 1980 og 1990'erne, blev galvaniseret jern wire og ståltov erstattet af **højstyrkematerialer** som er dyrere, men kan tillade mindske diameteren (Oxvig og Hansen 2007). I de fleste wirer, hvor elasticiteten skal være lille, er der et hjerte af syntetiske fibre, f.eks i **taifun kombinationstov** som består af en blanding af ståltråd og PP (Oxvig og Hansen 2007). **Blandingsprodukt**, f.eks. modificerede og UV-stabiliseret **PP**-filamenter Danline, og **copolymer**, f.eks. **polyvinylidene** (PVD, f.eks. Saran), bruges også (Klust 1982) (Figur 4).

Polyvinyl chloride (PVC) bruges til de bløde flåder og bøjer og **PE** bruges til de hårde flåder og bøjer samt flagstof (Figur 4). Til trawlflåd, anvendes en hård plasttype der bl.a. bruges til LEGO-klodser som kombineres akrylonitril og butadien-gummi (**Acrylonitril-butadien-styren**, ABS), til dybvandsflåd som er stærkere end **polystyren** (PS).

3. De tekniske kriterier for affaldshåndteringen af erhvervsfiskeudstyr

3.1 Holdbarhed (levetid)

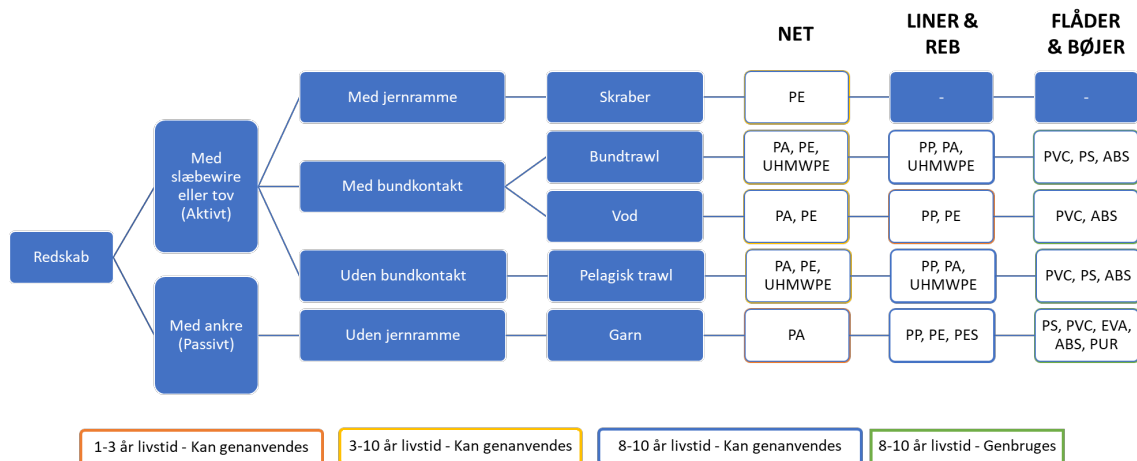
Har fiskeredskabet en lav eller høj holdbarhed med hensyn til levetid, før det er udtjent?

I Norge, næsten en tredjedel af garn og en fjerdedel af trawl bortskaffes hvert år (Deshpande et al. 2020). Fiskeudstyr skal tåle **hårde havforhold** og forårsager **slitage**. Derfor skal fiskerne ofte reparere deres redskaber. Nogle reparationer involverer udskiftning af beskadigede eller mistede dele. Større reparationer kræver ekstern indgriben f.eks. fra redskabsproducenter. De fleste redskaber gennemgår også løbende mindre reparationer efter hver fiskeriaktivitet, herunder syning, binding og justering af ødelagte dele af redskabet uden nogen væsentlig udskiftning af dele (Deshpande et al. 2020). Generelt, er det svært at estimere holdbarhed, fordi mange faktorer har indflydelse.

Levetid afhænger af redskaber typer og funktion, men også af **bundtypen** (Figur 5). Trawl uden bundkontakt holder længst på grund af deres fiskeriprincip (langsom udbredelse i åbent hav), der **minimerer slitage**. Flydere og tovværk har en levetid på 8-10 år (Poulsen 2020). De produkter, som har størst volumen (trawl og net) har den korteste levetid (Poulsen 2020). En trawl har en levetid på 3-10 år, med mere end 80 % af det samlede trawl, der hvert år udsættes for større reparationer (Deshpande et al. 2020, Poulsen 2020). Garn er på den anden side billige og har en driftslevetid på mellem 1-3 år, hvilket indebærer **hyppig bortskaffelse** (Oxvig og Hansen 2007, Deshpande et al. 2020).

Antal indsatsdage pr. skib beskrives, hvor ofte redskaberne bruges i året, men det er ikke muligt at estimere brugen af hvert redskab præcis fordi redskaber skiftes afhængigt af **målartens og område**. F.eks. et garnfartøj, der starter op med torskegarn i januar, kan skifte til tungegarn hen på foråret, drive kulmulefiskeri om sommeren – og endelig rigge om til torskefiskeri igen i oktober (Korsgaard et al. 2006). For passive redskaber er fiskedagen heller ikke lig med den tid redskabet fisker, hvilket kan variere fra **et par timer til flere dage**.

Flettes ofte PA, PP og PE for at øge materialets styrke. Ca. 12,8% af plasten i den islandsk frivillige indsamlingsordning var flettet net og tovværk (Poulsen 2020). Men flere plasttyper flettet sammen (PE+PP og PA+PE) eller med stål (taifunwire) kompliceres genanvendelsesmuligheder (Poulsen 2020). Taifunwire genanvendes af metal-genanvender, hvor plast er smeltet og plast kan ikke genanvendes (Poulsen 2020). Plastmaterialer som UHMWPE kan forlænge levetiden samt separeres til genanvendelse i rene plast-fraktioner (Poulsen 2020, Sala og Richardson 2023).



Figur 5. Plastmaterialer (polyamid PA, polypropylen PP, polyethylen PE, polyester PES, Ultra-Høj-Molekylvægt Polyethylen UHMWPE, polyvinyl chloride PVC, polystyren PS, ethylen-vinylacetat EVA og polyurethan PUR, samt copolymer Acrylonitril-butadien-styren ABS) til net, liner og reb samt flåder og bøjer i de mest almindelige fiskeredskaber i Danmark i forhold til holdbarhed (livstid inkl. slitage), genbrugelighed og genanvendelighed (1-3 år i orange, 3-10 år i gul og 8-10 år i blå som kan genanvendes, og 8-10 år som genbruges i grøn).

I hvilket omfang kan dele af fiskeredskabet genbruges til nye fiskeredskaber?

Ved genbrug **bevarer** et affaldsprodukt **sin originale form**, f.eks. flydere, kasser, eller tovværk - til samme formål eller andre formål (Poulsen 2020). Produktionsprocesser af polymermaterialerne er komplekse, energikrævende og dyre, hvilket gør det økonomisk og økologisk ønskeligt at genbruge materialerne og **minimere produktionsomkostningerne** for jomfruelige polymerer (Weißbach et al. 2022).

Fastgørelses- og komponentmaterialer som flydere, wirer, reb, synkeliner og vægte kan **ofte genbruges** (Figur 5). Til sammenligning, fordi maskebredder og fiberfasthed i fiskenet aftager med tiden og udsættelse for havet miljø, kan net typisk **ikke genbruges** (Sala og Richardson 2023).

3.2 Genanvendelighed

I hvilket omfang er fiskeredskabet designet til genanvendelse?

Ved genanvendelse, frasepareres plasten til en **ny vare**, f.eks. net som omsmeltes (Poulsen 2020). Plast i fiskeriredskaber er i princippet velegnet til **mekanisk eller kemisk genanvendelse** (Weißbach et al. 2022) (Figur 5). Mekanisk genanvendelse sparer mere CO₂ per kg plast end andre genbrugsteknologier i dag. Forbrænding har en negativ CO₂-balance sammenlignet med genanvendelse af plast (Høngaard Andersen et al. 2019). **Typen af plastpolymerer, materialets renhed, forureningsgrad, og tilgængeligheden af genanvendelsesteknologier** bestemmes genanvendelsesmetode. Kemisk genanvendelse er ikke en almindelig genanvendelsesprocedure på grund af ressourcebehov (kapital, ekspertise og energi). Derimod er mekanisk genbrug mere globalt, da det er billigere at implementere, mindre energikrævende, og mere tilgængelig for mindre genbrugsoperationer (Sala og Richardson 2023).

Mange af de syntetiske polymerer som PA (ca. 16 kr. pr. kg) eller PP og PE (ca. 10 kr. pr. kg) kan repræsentere **værdi** på genbrugsmarkedet, men markedspris for råvare er ikke altid høj nok til at affaldsproduktet reelt har en salgsværdi (Poulsen 2020). Polar Doors ©, et islandsk fiskereds-kaber designfirma, har udviklet en ny linje af trawldøre med 50% genanvendt plast.

Mekanisk genanvendelse af polymeraffald er kendt som primær genanvendelse, hvis det nye produkt har tilsvarende egenskaber som det originale produkt, og sekundær genanvendelse, hvis det nye produkt har lavere egenskaber. Ved primær og sekundær genanvendelse begynder den mekaniske plastgenvindingsproces med plastkomponenter, der smeltes (plastificeres), og derefter forarbejdes til formede råvarer, som piller, flager eller pulver. På grund af kravene til **rene og enkeltpolymere**, anvendes primær genanvendelse ofte for affaldsmaterialer, der produceres i fremstillingsprocessen, f.eks. PA6. Mekanisk genbrugssucces er også mere sandsynlig med **kendte kompatible polymerblandinger**. Mens PA generelt er kompatibel med PS og lille PET-blandinger, det er uforeneligt med PP eller PE, fordi de smelter ved meget lavere temperaturer (Sala og Richardson 2023). Det er vigtigt at skelne mellem forskellige polymerklasser såvel som polymerer inden for en polymerklasse, f.eks. PA6 og PA6.6, da de kan ikke genanvendes mekanisk i samme affaldsstrøm på grund af deres forskellige fysiske egenskaber (Sala og Richardson 2023).

Kemisk genanvendelse (tertiær genanvendelse) kan anvendes til de fraktioner, der ikke kan genanvendes mekanisk, eller at fremstille et slutprodukt af højere kvalitet. Generelt, er f.eks. UHMWPE ikke egnet til mekaniske genanvendelsesprocesser, da materialet ikke smelter, men bedst egnet til tertiære processer (i pyrolyse anlæg, som kan producere olie ud af materialet, Poulsen 2020). Kemikalier (polymerisering) og varme (termisk) bruges til at nedbryde plastpolymerer til deres bestanddele eller monomerer, da polymerens kemiske struktur ændres. Kemikalier polymerisering er begrænset kun til polykondensater som PET, PA og PU (Sala og Richardson 2023). Under rengøringsprocessen, kan disse materialer være svære at homogenisere (bløde fiberkugler), og termisk behandling er ofte nemmere end mekanisk genanvendelse på grund af lavere forbehandlingskrav (Sala og Richardson 2023). Rensningsteknologier er stadig relativt nye og stadig i udviklings. Bly og andre metalkomponenter kan adskilles ved termiske processer (Sala og Richardson 2023).

Til affaldsfraktioner, der ikke er mulige at genbruge ved hjælp af primære, sekundære eller tertiære processer, kan affald **afbrændes** (kvaternære genanvendelse) for at producere energi (varme, damp og elektricitet). De fleste moderne forbrændingsanlæg kan bruge materiale med bly og andre metalkomponenter (hvis det producerer mindre end 3,3 g bly pr. kg brændstof) som f.eks. synkeliner i trawl og garn (Sala og Richardson 2023).

3.3 Indsamling og udsortering

I hvilket omfang kan fiskereds-kabet indsamles og udsorteres effektivt og virkningsfuldt til genbrug eller genanvendelse?

Selvom både kemiske og mekaniske teknologier er tilgængelige, udgør **transport og sortering** af fiskereds-kaber en betydelig økonomisk byrde for genbrugere (Deshpande et al. 2020). For at optimere de potentielle plastmængder i fiskereds-kaber, der kan genanvendes, skal affaldet være rent. De fleste redskaber er fyldt med rådden biomasse, fiskeolie og snavs, og muligheden for at **rense** sådant affald i mest affaldshåndteringsanlæg er stadig begrænset (Deshpande

et al. 2020, Poulsen 2020). Ca. 20-30% af fiskeriplasten kan ikke genanvendes på grund af vanskeligheder med at separere det, eller at emner er fyldt med sand og tang ca. 75 kg per 1t plastic (Storm 2017, Poulsen 2020). Rensning kan være ressourcekrævende, med 100 kWh og 1-3 m³ af vand pr. ton fiskeredskabsmateriale, der vaskes (Sala og Richardson, 2023). Pas-sende opbevaring og rettidig forsendelse efter afhentning af redskaber er også vigtig, for at undgå forurening fra sand og snavs samt UV-stråling (Sala og Richardson, 2023).

Affald skal også være **adskilles** som separat fraktion f.eks. reb, net og bøjer (Poulsen 2020). For at lette transport og reducere transportvolumen, garn kan skæres i 1-2 m portioner og tejner kan fælder klemmes med en hydraulisk presse. Trawl net er lavet af en række forskellige materialer, der kan adskilles, og skæres i stykker. De kræver stor mekanisk styrke og stærke knive at klippe og neddele de tykkeste tovværk f.eks vinkelslibere eller boltsakse, og derefter kværne (Poulsen 2020). Metal og lignende er et problem fordi metaltråde i f.eks. reb gør det vanskeligt at skære dem i transportable stykker, men også, fordi de kan ødelægge maskiner og skade personel ved håndtering (Deshpande et al. 2020, Poulsen 2020). Plast der bruges i tejner kan smeltes for at genvinde metallet til genbrug (Sala og Richardson 2023). Sortering, specielt finsortering, kan også være ressourcekrævende, med cirka 1 persontime for at finsortere 20-30 kg materialer (260-550 kg materialer for at grovsortere) (Sala og Richardson 2023).

3.4 Potentielle skadelige/farlige stoffer

I hvilket omfang indeholder fiskeredskabet potentielle skadelig/farlige stoffer for miljøet?

Det er almindeligt at behandle net og reb med imprægnering, f.eks. antioxidants eller UV-stabilisatorer der hindrer lyset i at trænge ind (UV-lys), og farver (Oxvig og Hansen 2007). **Farver** bruges til kontrast og visuel stimulus. Grøn og blå er de vigtigste farver, men andre bruges, f.eks. orange minimerer kontrast mellem net og en grågrøn vandbaggrund. **Opløsningsmiddelbaseret rensning** adskiller plastadditiver fra polymerer, men det er stadig nye og bruges ikke for genanvendelse af fiskeredskaber, og derfor hindrer plastadditiver kemisk genanvendelse (Sala og Richardson 2023).

Antioxidanter f.eks. Irganox 1076 og Irganox 1010, er i højere brug end UV-stabilisatorer (prøver fra plastikrester i Sydkorea), og har meget lav grad af oral toksicitet (Rani et al. 2017). Nyere undersøgelser viste, at farlige sporstoffer var mest udbredt i til orange tråd materiale (prøver fra plastikrester i England) (Turner 2017), og metaloptagelse ved brug af nettene var ikke farligt affald (Grimstad et al. 2023).

Net kan stadig indeholde de nu forbudte bly pigmenter (f.eks. C.I. 77600/77603 Pigment Yellow 34 eller C.I. 77601 Pigment Orange 21), som kan forurene genanvendelsesprodukter (Amariei et al. 2023). Blyline i garn erstattes af zink (f.eks. Hau sinkline), godkendt som synkemateriale i fiskeriredskaber af Miljøministeriet.

4. Fremtidsperspektiver

4.1 Design og kvantificeret vurdering af moderne fiskeredskaber

De sidste 50 år har set enorme fremskridt inden for fiskeriteknologi. Undersøgelser af fiskeredskaber fokuserede først på **fangsteffektivitet** og i 1970'erne på **energiforbruget**. Nu, mange af de nye udviklinger sigter mod at hjælpe med fiskeriforvaltning, som **selektivitet og bundpåvirkning** (MacLennan, 2017). Selektivitet betyder, at fisken sorteres efter størrelse eller art. I mange år var maskestørrelsen den eneste form for selektivitet, men i dag er der flere muligheder til trawlet, f.eks. flere poser i trawlet, exit vinduer, maskernes form og sorteringsriste (Korsgaard et al., 2006). Forskning i **øko-design** skal udforske redskaber der er let at skilles ad og erstattet alternative materiale, der muliggør effektiv og rentabel genanvendelse uden at hæmme effektiviteten (Deshpande et al., 2020).

Stigende brændstofpriser, snarlig indførsel af CO₂-afgift, udlægning af trawlfri havområder og øget interesse for produktion af bæredygtige fødevarer, har initieret en interesse hos danske fiskere såvel som aftagere og forbrugere, i forhold til de økonomiske og miljømæssige effekter hvis man udskifter trawl med **tejner** (Figur 6). Tejner er lavet af PVC-belagt tråd, PE-net og PP-reb (Sala and Richardson, 2023).



Figur 6. Tejn til hummerfiskeri (Limfjorden) © DTU Aqua.



Der er i de senere år udviklet nye **bionedbrydelige materialer** som erstatning for plastmaterialer i fiskeriet til fiskegarn og reb (inkl. snurrevodsreb og Dolly-reb) (Cerbule et al., 2022b, 2022a; Grimaldo et al., 2019; Le Gué et al., 2023) (Figur 7). I princippet ønskes et garn, der er så stærkt som muligt i sin levetid og hvorefter det hurtigst muligt skal nedbrydes, samt et garn som kan konkurrere med de eksisterende nylonbaserede (PA) fiskegarn i forhold til fangsteffektivitet og nedbrydningsprofil. Yderligere udvikling bør også tage fat på potential for genanvendelse af disse nye materialer, som indtil videre for det meste består af en **blanding** af materialer.

Figur 7. Bionedbrydelige materiale (polybutylene succinate co-adipate-co-terephthalate PBSAT) til garnfiskeri © DTU Aqua / DTU Sustain.

Fremtidig forskning kunne bruge metode til **kvantificeret vurdering** som Material Flow Analysis (MFA) eller Life Cycle Analysis (LCA) til at **spore og kvantificere** de årlige strømme fra fiskeredskaber i Danmark baseret på data fra redskabsproducenter, fiskere, og genbrugs- og affaldshåndteringsvirksomheder (Deshpande et al. 2020; Schneider et al. 2023).

4.2 Retningslinjer for affaldshåndteringen af erhvervsfiskeudstyr i en cirkulær økonomi

Kildeseparering muliggør konsekvent høje genanvendelsesprocenter sammenlignet med andre sorteringsmetoder (Høngaard Andersen et al., 2019). Den visualiserede **affaldsrejse** foreslået i Esbjerg havn ved EGGs Design² tydeliggjorde som udfordringer **kapacitet og positionering** af containere, samt internationale besætninger. **Mærkningerne** på containere skal være simple nok at forstå for besætninger fra mange forskellige lande især hvis skibe bruger en affaldssorteringsstandard, med andre kategoriseringer (f.eks. MARPOL).

Danmark importerer ny plast for 1,6 milliarder kroner om året i stedet for at genanvende husholdningsplastaffald (Høngaard Andersen et al., 2019). Dette affald er p.t. svært at **genanvende rentabelt**, men **cirkulær økonomi** kunne tilbyde en ny vision for livet af plastik i Danmark (Grimstad et al. 2023; Høngaard Andersen et al. 2019).

² <https://www.danskindustri.dk/lad-os-lose-det-sammen/gron-omstilling/eggs-design-x-esbjerg-havn/>

Referencer

- Amariei, G., Henriksen, M. L., Friis, J. B., Pedersen, P. K., Hinge, M., 2023. In-line identification of Pb-based pigments in fishing nets and ropes based on hyperspectral imaging and machine learning. *Marine Pollution Bulletin*, 191, 114910. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114910>
- Antunes Nogueira, L., Brøns Kringelum, L., Olsen, J., Arne Jørgensen, F., Vidar Vangelsten, B., 2022. What would it take to establish a take-back scheme for fishing gear? Insights from a comparative analysis of fishing gear and beverage containers. <https://doi.org/10.1111/jiec.13296>
- Cerbule, K., Grimaldo, E., Herrmann, B., Larsen, R.B., Brčić, J., Vollstad, J., 2022a. Can biodegradable materials reduce plastic pollution without decreasing catch efficiency in longline fishery? *Mar Pollut Bull* 178. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2022.113577>
- Cerbule, K., Herrmann, B., Grimaldo, E., Larsen, R.B., Savina, E., Vollstad, J., 2022b. Comparison of the efficiency and modes of capture of biodegradable versus nylon gillnets in the North-east Atlantic cod (*Gadus morhua*) fishery. *Mar Pollut Bull* 178. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2022.113618>
- Deshpande, P.C., Philis, G., Brattebø, H., Fet, A.M., 2020. Using Material Flow Analysis (MFA) to generate the evidence on plastic waste management from commercial fishing gears in Norway. *Resources, Conservation and Recycling: X* 5. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100024>
- DFPO, 2023. Fiskeri i tal; TAC og kvoter 2023 og statistik om dansk erhvervsfiskeri. Danmarks Fiskeriforening Producent Organisation, 24p.
- Eigaard, O. R., Frandsen, R., Andersen, B., Jensen, K. M., Poulsen, L. K., Tørring, D., Bak, F., Dolmer, P., 2011. Udvikling af skånsomt redskab til fiskeri af blåmuslinger. DTU Aqua, 39p.
- Gislason, H., Eigaard, O.R., Dinesen, G.E., Larsen, F., Glemarec, G., Egekvist, J., Rindorf, A., Vinther, M., Storr-Paulsen, M., Håkansson, K.B., Bastardie, F., Olesen, H.J., Krag, L.A., O'Neill, B., Feekings, J., Petersen, J.K., Dalskov, J., 2021. Miljøskånsomhed og økologisk bæredygtighed i dansk fiskeri. DTU Aqua, 167p.
- Grimaldo, E., Herrmann, B., Su, B., Føre, H.M., Vollstad, J., Olsen, L., Larsen, R.B., Tatone, I., 2019. Comparison of fishing efficiency between biodegradable gillnets and conventional nylon gillnets. *Fish Res* 213, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.01.003>
- Grimstad, S.M.F., Ottosen, L.M., James, N.A., 2023. *Marine Plastics: Innovative Solutions to Tackling Waste*. Springer, 283p.
- He, P., Chopin, F., Suuronen, P., Ferro, R.S.T., Lansley, J., 2021. Classification and illustrated definition of fishing gears, *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers* No. 672, 110p.
- Høngaard Andersen, P., Duvold, T., Frølund, B., Lüneborg, J., Toft-Petersen, K., Vanthournout, H., Witte, C., 2019. *New Plastics Economy; A research, innovation and business opportunity for*

- Denmark. McKinsey&Company og Innovation Fund Denmark, 169p. https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2019-01/20190116-plastic-research-innovation-and-business-opportunities_technical-report_vf.pdf
- Klust, G., 1982. Netting materials for fishing gear. FAO (Fishing News Books Ltd), 175p.
- Korsgaard, K., Olrik, M.R., Mandrup, P., 2007. Fiskerilære. Fiskericirklen 87-90749-10-3, 145p.
- Le Gué, L., Davies, P., Arhant, M., Vincent, B., Tanguy, E., 2023. Mitigating plastic pollution at sea: Natural seawater degradation of a sustainable PBS/PBAT marine rope. *Mar Pollut Bull* 193. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115216>
- Oxvig, U., Hansen, U.J., 2007. Redskabslære. Fiskericirklen 87-90749-14-6, 62p.
- Pedersen, E.M., Andersen, N.G., Egekvist, J., Nielsen, A., Olsen, J., Thompson, F., Larsen, F., 2021. Ghost nets in Danish waters. *DTU Aqua*, 87p.
- Poulsen, T.S., 2020. Nordisk Arbejdsrapport; Genbrug og genanvendelse af plast i fiskeredskaber i nordiske småsamfund. Nordisk Ministerråd, 59p. <https://doi.org/10.6027/NA2020-902>
- Rani, M., Shim, W. J., Han, G. M., Jang, M., Song, Y. K., Hong, S. H., 2017. Benzotriazole-type ultraviolet stabilizers and antioxidants in plastic marine debris and their new products. *Science of the Total Environment*, 579, 745–754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.033>
- Sala, A., Richardson, K. 2023. Fishing gear recycling technologies and practices. Rome, FAO and IMO, 120p. <https://doi.org/10.4060/cc8317en>
- Schneider, F., Parsons, S., Clift, S., Stolte, A., Krüger, M., Mcmanus, M., 2023. Life cycle assessment (LCA) on waste management options for derelict fishing gear. *Int J Life Cycle Assess* 28, 274–290. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02132-y>
- Storm, B. K. 2017. Production of recyclates compared with virgin Plastics-a LCA Study. *Matec Web of Conferences*, 112, 04024. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711204024>
- Turner, A. 2017. Trace elements in fragments of fishing net and other filamentous plastic litter from two beaches in SW England. *Environmental Pollution*, 224, 722–728. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.034>
- Weißbach, G., Gerke, G., Stolte, A., Schneider, F., 2022. Material studies for the recycling of abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear (ALDFG). *Waste Management and Research* 40, 1039–1046. <https://doi.org/10.1177/0734242X211052850>

Danmarks
Tekniske
Universitet

DTU Aqua
Willemoesvej 2
9850 Hirtshals

www.aqua.dtu.dk