

# Udtjente fundamenter i havet – menneskeskabte oaser eller marint affald?

Tusindvis af marine fundamenter står i de kommende årtier over for skrotning, hvor fundamenterne efter gældende lovgivning skal fjernes fuldstændigt fra havbunden. Seneste forskning peger på, at fundamenterne ofte fungerer som rev, der spiller en positiv rolle for havmiljøet. Der er derfor behov for, at man overvejer, om udtjente fundamenter i Danmark kan fungere som kunstige rev.

JON C. SVENDSEN, BO M. KRUSE, J.  
RASMUS NIELSEN, JEPPE OLSEN &  
AAGE K. O. ALSTRUP

## Op mod 7.500 fundamenter skal fjernes fra havbunden

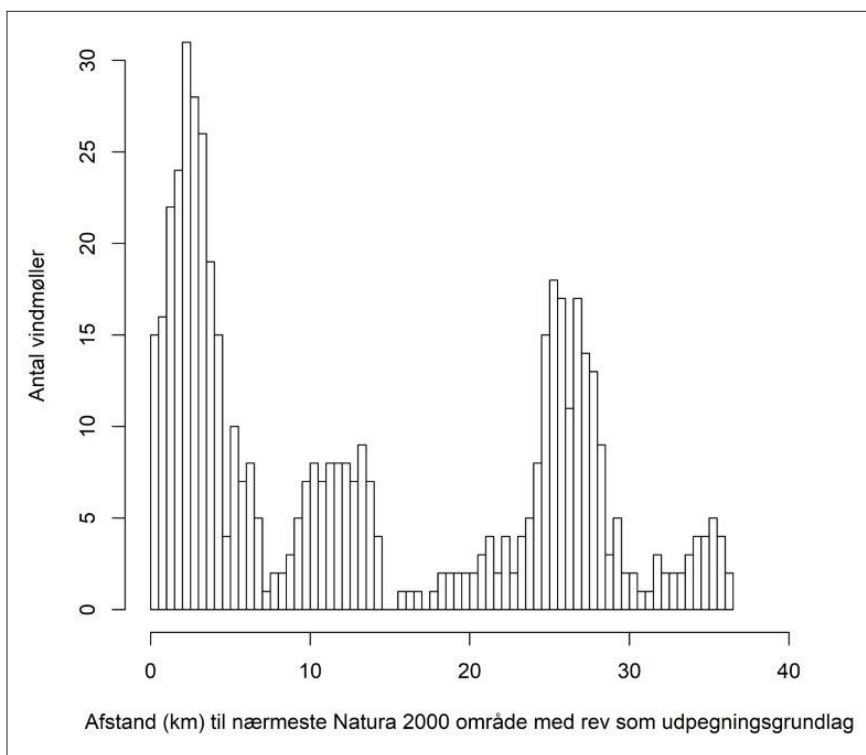
I de kommende årtier vil op mod 7.500 fundamenter, der anvendes af gas-, olie- og vindindustrien, have udtjent deres funktion i verdens have. Fundamenterne skal efter gældende regler fjernes helt fra havets bund. Denne proces indgår i "dekommissionering" og er økonomisk meget bekostelig. Samtidigt er selve miljøbelastningen ved at fjerne fundamenter på niveau med at anlægge dem gennem lokale forstyrrelser, støj og ophvirvlet sediment. Baggrunden for reglerne er betragtninger om, at firmaer skal rydde op efter sig, således at udtjente anlæg og affald ikke ophober sig på havbunden. Men spørgsmålet er, om de undersøiske fundamenter udgør værdifulde kunstige rev, som man med fordel kunne efterlade på havbunden uden at forurene eller forstyrre havmiljøet?

## Shells aktiviteter i 1990'erne betyder, at intet nu kan efterlades på havbunden

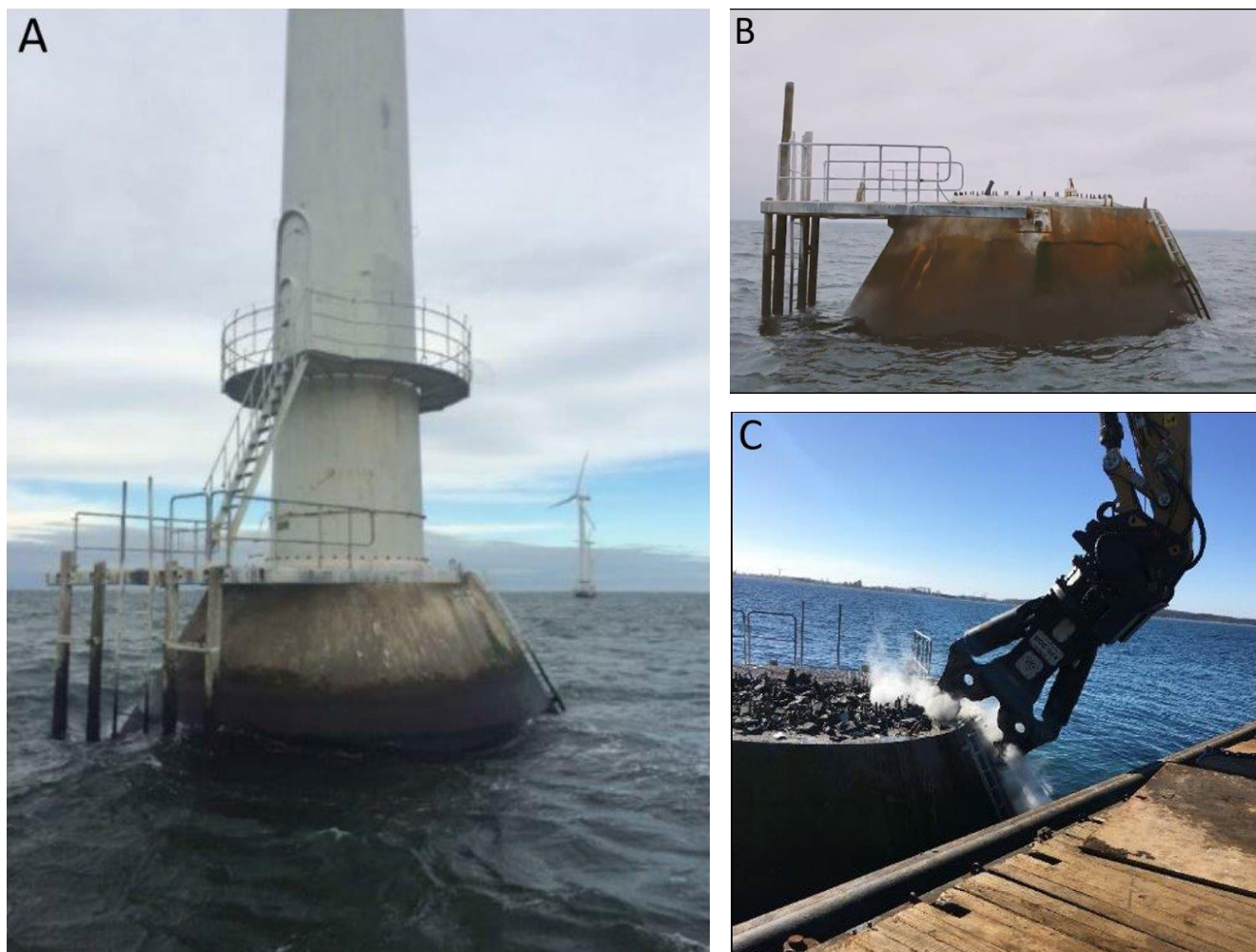
Den komplette fjernelse af udtjente fundamenter blev allerede indskrevet i De forenede Nationers konference om retsorden på havene i Geneve i 1958. I de efterfølgende

årtier kom der en række lempelser, således at dele af fundamenterne kunne forblive i havet. Dette ændrede sig med Brent Spar-sagen i 1995, hvor olieselskabet Shell ønskede at dumpe en platform på havets bund, og hvor blandt andet miljøorganisationen Greenpeace argumenterede imod dumpningen. Brent

Spar-sagen blev epokegørende, idet lovgivningen i 1998 blev strammet, således at platforme og andre fundamenter nu igen helt skal fjernes fra havene, når de har udtjent deres funktion; den såkaldte Oslo-Pariskonvention (OSPAR)-beslutning nummer 98/3.



Figur 1. Histogram der viser afstanden mellem havvindmøller og Natura 2000 områder med rev som udpegningsgrundlag. Over 200 havvindmøller står under 10 km fra et Natura 2000 område med rev som udpegningsgrundlag.



Figur 2. Fjernelse af verdens første havvindmølle park, der stod ved Vindeby på Lolland i perioden 1991 – 2017. Fundamenterne rummede ingen miljøfarlige stoffer /9/. Hvert fundament var et gravitationsfundament og havde en top-diameter på 5 m og en bund-diameter på 14 m. Fundamenterne blev bl.a. fjernet med en hydraulisk betonsaks. Fjernelsen af fundamenterne kostede ifølge Ørsted A/S et mindre tocifret millionbeløb. Billede A er fra /9/ og B og C er taget af Ørsted A/S.

### Fundamenter kan udgøre kunstige rev til gavn for havmiljøet

Seneste videnskabelige undersøgelser har dokumenteret, at fundamenter til offshore-installationer og havmølleparker ofte udgør rige økologiske lokaliteter på havets bund /1–2/. Dels udgør installationerne kunstige rev, som giver høj lokal biodiversitet, og dels beskytter installationerne fisk og andre organismer mod trawl-fiskeri. Fundamenterne udgør kunstigt substrat, hvor blandt andet koraller og sønemoner kan vokse, og forskning tyder på, at fundamenterne rummer et rigt økosystem med fødegrundlag for en række arter, heriblandt rovfisk og marine pattedyr /3–4/. I Nordsøen udgør disse kunstige og naturlige rev vigtige levesteder for blandt andet koraller, muslinger og fisk, som er afhængige af fast substrat. Forskellige forskningsgrupper har for nyligt publiceret artikler, hvor de opfordrer til, at man genovervejer kravet om fuldstændig fjernelse af marine installationer /5–6/. Det anbefales, at der i hvert enkelt tilfælde tages individuel stilling

til, om havmiljøet har bedst af en fuldstændig fjernelse eller blot en delvis fjernelse.

### Vindmøllefundamenter i samme områder som beskyttede rev

Antallet og størrelsen af rev-områder i Danmark er kraftigt reduceret grundet tidligere tiders opfiskning af sten til møler og andre bygningsværker. Mange danske Natura 2000 områder har derfor naturtypen rev som udpegningsgrundlag. Udpegningsgrundlag i Natura 2000 områder er etableret i overensstemmelse med en række EU-direktiver./7/ I de pågældende Natura 2000 områder er rev beskyttede og skal om nødvendigt restaureres for at bevare naturtypen i området.

Mange vindmøllefundamenter er placeret tæt på eller i Natura 2000 områder med rev som udpegningsgrundlag. Vi har beregnet afstandene mellem danske vindmøllefundamenter og Natura 2000 områder med rev som udpegningsgrundlag (Fig. 1). Beregningerne viser, at over 200 vindmøller står inden for 10 km fra nærmest Natura 2000 område med rev

som udpegningsgrundlag. Nogle vindmøller er endda placeret i et Natura 2000 område med rev som udpegningsgrundlag (afstand 0 km) (Fig. 1). Fundamenterne bidrager formodentligt til forekomsten af rev i de danske farvande /8,9/.

### Dekommissionering af Vindeby Havmøllepark

Efter et kvart århundredes vindkraft blev verdens første havmøllepark, Vindeby, et par kilometer ud for Lollands vestkyst fjernet i 2017. I alt 11 havmøller producerede her strøm til 2.200 husstande, men teknologien havde indhentet møllerne, der tilsammen kun producerede den mængde strøm, som en enkelt moderne havmølle kan producere. Fjernelsen af gravitationsfundamenterne kostede ifølge Ørsted A/S et mindre tocifret millionbeløb i 2017 (Fig. 2). Efter alt at dømme fungerede fundamenterne som kunstige rev, inden de blev fjernet /8,9/. Miljøvurderingen for fjernelsen af Vindeby Havmøllepark konkluderede, at fundamenterne gav rev-habitat til



torsk /9/. Derfor var der risiko for en nedgang i torskefiskeriet, efter fundamentene blev fjernet fra området /9/. Ifølge miljøvurderingen rummede fundamentene ingen miljøfarlige stoffer /9/.

Indenfor en radius af 30 km fra den tidligere Vindeby Havmøllepark findes 8 Natura 2000 områder med rev som udpegningsgrundlag (Fig. 3). Der er således stor interesse for at beskytte og bevare rev i området ved Vindeby.

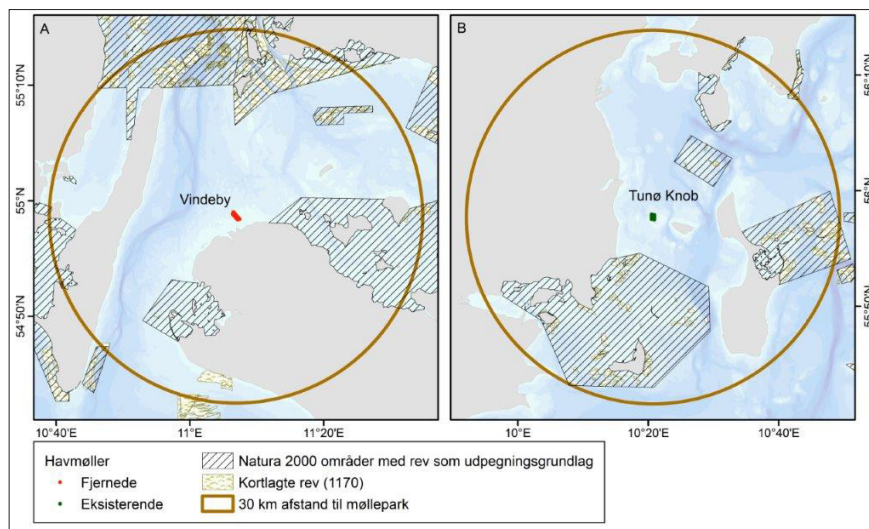
### Man restaurerer rev og fjerner møllefundamenter samtidigt i nærliggende havområder

Samme år (2017) som man fjernede møllefundamenterne ved Vindeby, restaurerede man rev ved Sønderborg i forbindelse med projekter til over 10 millioner kr. fra nationale fonde og offentlige midler (Fig. 4). Afstanden mellem lokaliteterne ved Sønderborg og Vindeby er under 80 km, og forholdene på de to lokaliteter minder meget om hinanden. Begge lokaliteter er kystnære, lavvandede ( $\leq 11$  m) og kraftigt påvirkede af vand fra Østersøen, der betyder, at saltindholdet typisk er forholdsvist lav (10-20 ‰).

### Møllefundamenterne ved Tunø Knob kan blive til 10 marine rev

Historien fra Vindeby Havmøllepark kan gentage sig ved Tunø Knob Havmøllepark, der snart skal nedtages og fjernes (Fig. 5). Havmølleparken blev i 1995 anlagt mellem Samsø og Jylland. Inden for en radius af 30 km er havmølleparken omkranset af 6 Natura 2000-områder, hvor udpegningsgrundlaget er rev (Fig. 3). Det betyder, at den danske stat er forpligtet af EU til at beskytte revene i områderne.

Fundamenterne ved Tunø Knob består af gravitationsfundamenter, som antageligvis fungerer som marine rev, men de økologiske



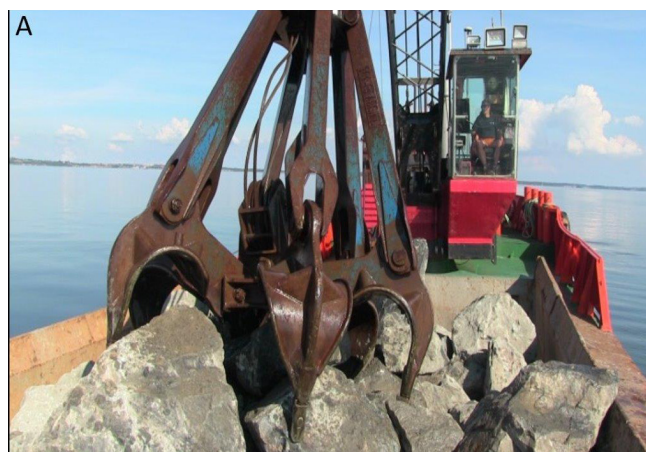
Figur 3. Havmølleparker ved Vindeby nordvest for Lolland og Tunø Knob vest for Samsø. Tunø Knob Havmøllepark eksisterer fortsat, hvorimod Vindeby Havmøllepark blev fjernet i 2017. Havmølleparkerne er omkranset af 6-8 Natura 2000 områder med rev som udpegningsgrundlag inden for en radius af 30 km som angivet af den cirkulære linje. Det forventes, at Tunø Knob Havmøllepark skal fjernes i løbet af nogle få år.

funktioner af fundamentene er ukendte. Ved kun at fjerne selve møllen og tilhørende anordninger og efterlade fundamentet på havbunden, kan de eksisterende møller sandsynligvis ændres til ti rev til gavn for en lang række organismer, der lever ved rev (bl.a. torsk). Denne strategi forudsætter, at fundamentene ikke rummer miljøfarlige stoffer. Det er i øjeblikket lovgivningsmæssigt umuligt at lade fundamentene stå som rev. Hvis dette skal ændre sig i fremtiden, er der behov for at undersøge, om udtjente fundamenter fungerer som rev i samme grad som naturligt forekommende rev. Der er brug for bedre viden om den økologiske funktion af fundamentene i havet, hvis vi i fremtiden skal vurdere, om det vil være fordelagtigt for havmiljøet at efterlade fundamenter på havbunden. Denne viden kan kun opnås inden dekommissionering ved at undersøge fundamenternes begro-

ning, flora og fauna i forhold til nærliggende naturlige rev.

### Optimeret dekommissionering kan give flere midler til miljøforbedrende tiltag

Dekommissionering af udtjente anlæg er en økonomisk tung opgave, der kan påvirke de involverede landes økonomi. "Alene de danske installationer i Nordsøen vil formodentlig koste omkring 30 milliarder kroner at fjerne helt (som planlagt), og for alle Nordsøens olie- og gasinstallationer vil beløbet antageligt løbe op i omkring 100 milliarder euro. Hvis man ændrer procedurer, så det bliver muligt at efterlade fundamenter, der fungerer som rev, kan man forventeligt spare op til 10-20 % af den samlede udgift." /10/. Både stater og selskaber kommer til at bidrage økonomisk til oprydningen på havet. "Det er



Figur 4. Udlægning af rev lavet af kampesten ved Sønderborg i 2017. Efter nogle år er kampestenene tilgroet med alger, der bidrager til at danne et habitat, der er favorabelt for en lang række organismer, heriblandt torsk. Der er de senere år udlagt stenrev for over 10 millioner kr. ved Sønderborg. Billederne er taget af foreningen Als Stenrev. Stenudlægningen kan ses her: <https://vimeo.com/235319303>.

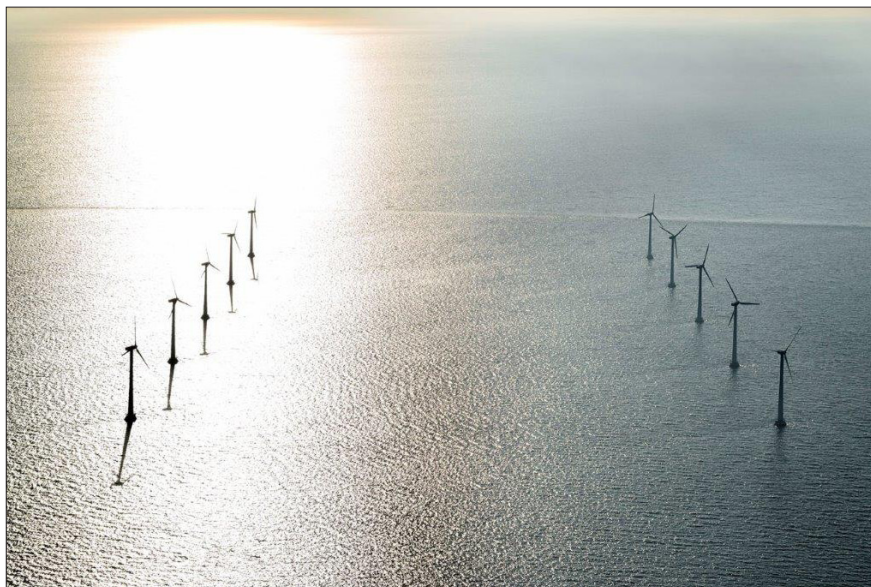


Fig. 5. Vindmøller ved Tunø Knob Havmøllepark. Parken er fra 1995 og vil forventeligt blive nedtaget og fjernet de kommende år. Der er tale om gravitationsfundamenter på vanddybder mellem 4 og 7 m. De 10 fundamenter fungerer sandsynligvis som marine rev, der giver levesteder til mange organismer. Det vil derfor være fordelagtigt at beskrive den økologiske funktion af fundamentene og undersøge, om det er muligt kun at fjerne hvert fundament delvist og lade resten fungere som et rev. Billedet er taget af MHI Vestas Offshore Wind.

vurderet, at staterne kan ende med 60-70 % af regningen, hovedsageligt af skattetekniske årsager." /10/. De sparede penge kan anvendes direkte til andre miljøforbedrende tiltag. Tilsammen gælder der formodentligt, at efterladelsen af fundamentene og afsætningen af dele af de sparede midler til miljøforbedring kan give os et bedre havmiljø (Fig. 6) og en samfundsmæssig besparelse. Tilbage står kun at tage det første skridt ved at undersøge, om miljømæssigt rene fundamenter ved Tunø Knob og andre steder fungerer som rev i økosystemet og dermed kan efterlades på havbunden og erstatte aktiv etablering af rev i

områderne.

#### Referencer

- /1/ Claisse JT, Pondella DJ, Love M, Zahn LA, Williams CM, Williams JP, et al. Oil platforms off California are among the most productive marine fish habitats globally. *Proc Natl Acad Sci.* 2014;111: 15462–15467.
- /2/ Andersson MH, Öhman MC. Fish and sessile assemblages associated with wind-turbine constructions in the Baltic Sea. *Mar Freshw Res.* 2010;61: 642–650.
- /3/ Russell DJF, Brasseur SMJM, Thompson D, Hastie GD, Janik VM, Aarts G, et al. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Curr Biol.* 2014;24: 638–639.

- /4/ Lindeboom HJ, Kouwenhoven HJ, Bergman MJN, Bouma S, Brasseur S, Daan R, et al. Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation. *Environ Res Lett.* 2011;6: 1–13.
- /5/ Fowler AM, Jørgensen AM, Svendsen JC, Macreadie PI, Jones DO, Boon AR, et al. Environmental benefits of leaving offshore infrastructure in the ocean. *Front Ecol Environ.* 2018;16: 571-578.
- /6/ Todd VLG, Lavallin EW, Macreadie PI. Quantitative analysis of fish and invertebrate assemblage dynamics in association with a North Sea oil and gas installation complex. *Mar Environ Res.* 2018; 142: 69-79.
- /7/ <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/udpegningsgrundlag/>
- /8/ Petersen JK, Malm T. Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment area. *Ambio.* 2006;35: 75–80.
- /9/ Nicolaisen JF, Dons S, Jensen DJ, Struve A, Nielsen B, Schmidt LB. Vindeby Havmøllepark. DONG Energy. 2016.
- /10/ <https://ing.dk/artikel/kronik-milliard-oprydning-paa-havet-gavner-ikke-havmiljoet-213046>

JON C. SVENDSEN (jos@aqu.aqua.dtu.dk) er seniorforsker ved DTU Aqua og arbejder med marine habitater, fiskeri og habitat-restaurering. Twitter: @JonCSvendsen.

BO M. KRUSE (bkru@sonderborg.dk) er biolog ved Sønderborg Kommune og involveret i foreningen Als Stenrev. J. RASMUS NIELSEN (rn@aqu.aqua.dtu.dk) er professor ved DTU Aqua og arbejder med marine ressourcer og fiskeriforvaltning.

JEPPE OLSEN (jepol@aqu.aqua.dtu.dk) er akademisk medarbejder ved DTU Aqua og arbejder med kortlægning af ressourcer.

AAGE K. O. ALSTRUP (aagols@rm.dk) fra PET-centret ved Aarhus Universitetshospital er adjungeret lektor og dyrlæge på Aarhus Universitet.

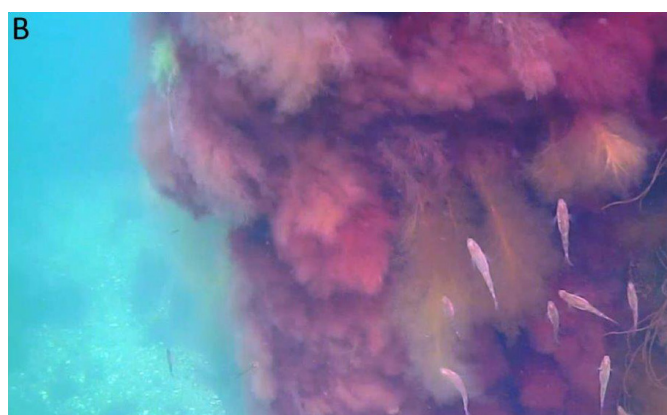


Fig. 6. Torsk der lever på en marin installation i Nordsøen (A) og to-plettede kutlinger på et vindmøllefundament ved Vindeby, inden det blev fjernet (B). Billede A er taget af Cor Kuyvenhoven og billede B stammer fra /9/.