DTU

DTU Aqua
Institut for Akvatiske Ressourcer

Andre presfaktorer end næringsstoffer og klima-forandringer – vurdering af omfanget af sten-fiskeri i kystnære marine områder

Af Stig A. Helmig, Mette Møller Nielsen og Jens Kjerulf Petersen (red.)

DTU Aqua-rapport nr. 360-2020

DTU Aqua
Institut for Akvatiske Ressourcer

Andre presfaktorer end næringsstoffer og klima-forandringer – vurdering af omfanget af stenfiskeri i kystnære marine områder

DTU Aqua-rapport nr. 360-2020

Af Stig A. Helmig[1], Mette Møller Nielsen[2] og Jens Kjerulf Petersen[2] (red.)

[1] Marin Rådgivning

[2] DTU Aqua, Danmarks Tekniske Universitet

Kolofon

Titel:	Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer – vurdering af omfanget af stenfiskeri i kystnære marine områder
Forfattere:	Stig A. Helmig[1], Mette Møller Nielsen[2] og Jens Kjerulf Petersen[2] (red.) [1] Marin Rådgivning [2] DTU Aqua, Danmarks Tekniske Universitet
DTU Aqua-rapport nr.:	360-2020
År:	Det videnskabelige arbejde er afsluttet marts 2020. Rapporten er udgivet maj 2020
Reference:	Helmig, S.A., Nielsen, M.M. & Petersen, J.K. (2020). Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer – vurdering af omfanget af stenfiskeri i kystnære marine områder. DTU Aqua-rapport nr. 360-2020. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 24 pp.
Kvalitetssikring:	Denne rapport er fagfællebedømt af videnskabeligt personale på DTU Aqua, som ikke selv har deltaget i projektgruppens arbejde
Forsidefoto:	Stenfiskerfartøjet Asta. Foto: Stig Helmig.
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Dansk Skaldyrcenter, Øroddevej 80, 7900 Nykøbing Mors
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-283-8

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

Vandrammedirektivet foreskriver, at medlemsstaterne i vandområdeplanerne skal indsamle og opbevare oplysninger om type og omfang af de signifikante menneskeskabte belastninger og deres virkninger for overfladevandets tilstand i de kystnære vandområder, og at det skal vurderes, hvor påvirkelig vandområdernes tilstand er over for de anførte belastninger. Forskning har tidligere vurderet, at den mest betydende presfaktor er belastningen med kvælstof og fosfor. En række andre presfaktorer kan imidlertid have betydning for tilstanden i det marine miljø. Miljøstyrelsen har ønsket at udvikle en samlet forskningsbaseret viden om andre marine presfaktorer - ud over næringsstofbelastning og klimaændringer – der kan påvirke den økologiske tilstand i de marine vandområder, jf. Vandrammedirektivet. Resultaterne skal inddrages i Vandområdeplan 2021-2027.

Denne rapport er et resultat af et projekt om andre marine presfaktorer end næringsstoffer og klimaændringer igangsat af Miljøstyrelsen til opfølgning af styrelsens målsætning om øget forskningsbaseret dokumentation på området. I projektets indledende faser blev stenfiskeri ikke karakteriseret som en primær presfaktor fordi der ikke længere foregår stenfiskeri i vandområderne og at presfaktoren derfor ikke længere kan udmøntes i et indsatsbehov. Endvidere er der en erkendelse af, at der i Miljøstyrelsen kun er et meget begrænset datagrundlag for vurdering af omfanget af stenfiskeri i danske farvande. Da stenfiskeri imidlertid er en irreversibel proces, der fjerner det primære substrat for kvalitetselementet makroalger vil det være ønskeligt at have det bedst mulige grundlag for at vurdere betydning af denne presfaktor for den aktuelle tilstand.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen og følges af en styregruppe med repræsentanter fra Miljø- og Fødevareministeriets Departement, Miljøstyrelsen, Fiskeripolitisk Kontor under Miljø- og Fødevareministeriet samt DTU Aqua. Der er desuden knyttet en følgegruppe til projektet bestående af styregruppen samt Danmarks Naturfredningsforening, Danmarks Fiskeriforening PO, Landbrug og Fødevarer, Danske Havne, SEGES, Dansk Akvakultur og DHI Danmark.

Denne rapport er fagfællebedømt af videnskabeligt personale på DTU Aqua, som ikke selv har deltaget i projektgruppens arbejde.

Nykøbing Mors, marts 2020

Indhold

Summary 5

1. Indledning 6

2. Stenrev 7

3. Regulering af stenfiskeri 10

4. Opfiskning af sten 13

5. Anvendelse af sten fra havbunden 18

6. Betydning af stenfiskeri for kvalitetselementet makroalger 20

7. Sammenfatning 23

Referencer 25

Bilag A: 26

Bilag B: Stenfiskeren 27

Bilag C: Bruttoliste over CSR-numre og kendingsbogstaver for stenfiskerskibe 29

Bilag D: Store anlægsopgaver i perioden 1937-1981 32

Summary

As part of a larger project funded by the Danish Environmental Protection Agency (*"Effects on the quality elements defined by the EU Water Framework Directive (WFD) of other pressure factors than excess nutrient load and climate change"*) a number of environmental pressure factors other than excess nutrient loading and climate change have been identified as potential risks to all of the quality elements of the WFD (Petersen et al. 2018). In Denmark, boulder reefs in shallow waters have been extensively exploited habitats targeted for their high concentration of easy-to-collect large boulders for constructing sea defences and harbour jetties. This has destroyed important habitats for the EU WFD quality element macroalgae. Extraction of boulders has for all practical matters been prohibited since 1999 but there is no record of the extent of the volume of stones extracted. However, in order to assess how the historical extraction may potentially have affected attached macroalgae vegetation, an analysis based on historical records have been carried out.

For the assessment of the amounts of boulders that have been removed, we have partly assessed the few available direct sources of boulder extraction from recordings from the extraction vessels as well as estimated consumption of the boulders for major construction work, primarily in relation to the construction of harbour jetties. We have then applied these amounts to the total number of boats that have been recorded performing boulder extraction in the period 1900-1999. There are no complete inventory of all boats extracting boulders and we have only had access to a few logbooks of the ships. Based on these data, it was estimated that 8.3 million m^3 m of boulders (corresponding to 83 million stones) have been extracted from coastal Danish waters (<10 m water depth, predominantly 4-7 m). In the analysis, only stone fractions from 150-600 mm in diameter (type 5) and 340-2000 mm in diameter (type 6) have been considered. Gravel extraction is thus not included in the analysis. It was estimated that the extraction corresponds to a loss of 55 km^2 hard substrate suitable for macroalgae colonization. The estimates are associated with major uncertainties and no data from before 1900 are included.

There are only a few studies that have investigated the ecological effects of Danish stone reefs, but knowledge from the re-establishing of a stone reef at Læsø Trindel in the Kattegat have been used to elucidate the effects of boulder extraction on the occurrence of macroalgae. If it is assumed that Læsø Trindel data are representative, the removed boulders correspond to a potential loss of macroalgae biomass of 14,980-15,790 t of ash-free dry weight (AFDW). As data from Læsø Trindel may underestimate the real loss, as the reef was not fully covered by the end of the study period, it is estimated that a realistic loss of standing biomass of macroalgae associated to the boulder extraction more realistic in in the order 15,000-75,000 t AFDW.

In Danish waters, the extent of stable hard substrate in marine Natura 2000 areas has been estimated to 2080 km^2. It is thus reasonable to assume that it is <5% of stable hard substrate that has been lost due to boulder extraction. This will on a national level not constitute a major environmental problem in relation to the quality element macroalgae. Locally, in specific water bodies the loss may have had a higher impact and have caused a relatively higher loss of suitable stable substrate. In addition, as most the extracted boulders can be assumed to have occurred as cavernous reefs, it is valuable habitats for various heterotrophic organisms that have disappeared.

1. Indledning

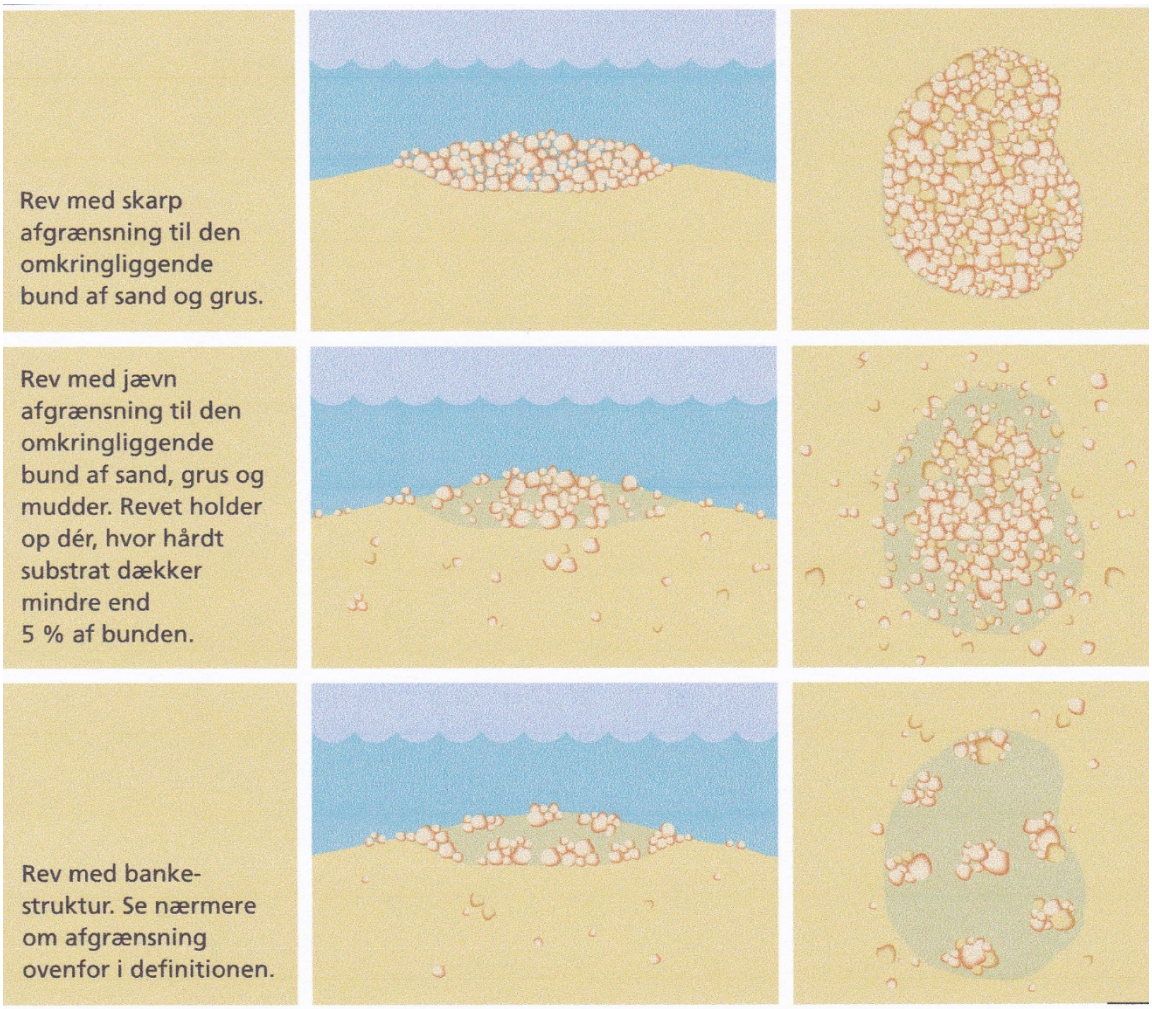
EU's vandrammedirektiv (VRD) sætter rammerne for forvaltning af de kystnære marine områder og fordrer, at vandområderne er i god økologisk tilstand. For at nå målsætningen om god økologisk tilstand foretager myndighederne indledningsvis en basisanalyse af vandområdernes økologiske tilstand, der beskriver de vigtigste menneskelige belastninger (presfaktorer) og deres effekter på vandområdets tilstand. På baggrund af basisanalysen udarbejdes vandområdeplaner, der skal sikre målopfyldelse.

I Danmark har der i tidligere og nuværende vandområdeplaner (2009-15, 2015-21) været fokus på presfaktoren tilførsel af næringsstofferne kvælstof og fosfor. Der findes imidlertid en række andre presfaktorer såsom fiskeri, råstofindvinding, klapning mm som kan have betydning for tilstanden i det marine miljø (se også Petersen et al. 2018). Ved stenfiskeri fjernes den som udgangspunkt eneste substrattype på den danske havbund, der er levested for den hårde bunds flora og fauna. Undtagelser herfor er klippekysten ved Bornholm, de undersøiske dele af Stevns- og Møns klinter, kalkstensrev langs Djurslandskysten samt boblerevene, der overvejende forekommer langs den fennoskandiske randzone, der løber fra Skagerrak og Vendsyssel mod sydøst gennem Kattegat til Bornholm. Opfiskning af dele af den hårde bund er et væsentligt indgreb i det marine miljø og et som udgangspunkt irreversibelt indgreb. De i dag gældende bølge- strømklimaer i indre danske farvande har nemlig ikke en styrke, der kan udvaske de stenholdige sedimenttyper (moræne) på havbunden (Aagaard, 1991). Stenfiskeri udgør en væsentlig fysisk presfaktor, fordi stenene er levested for stort set hele den marine algevegetation, der, i modsætning til de få højere planter i det marine miljø, ikke har rødder eller jordstængler, men alene hæfter sig til stenenes hårde overflade med hæfteskiver eller hæftetråde eller kryber som skorper på stenoverfladen. Stenene tjener dermed som et stabilt hæfte for algerne, så de kan fastholdes på levestedet.

Denne rapport har alene fokus på stenene som levested for algevegetationen og dermed omfanget af den fjernelse af levesteder for økosystemkomponenten makroalger, som stenfiskeriet har medført. Selvom råstofindvinding omfatter indvinding af såvel søsten som de andre hårde ressourcefraktioner sand, grus og ral, så behandles i denne rapport udelukkende indvinding af søsten og grabsten som stabilt substrat for makroalger. Råstofindvinding af sand, grus og ral er behandlet i andre analyser i projektet (se f.eks. Petersen et al. 2018). Egentlige sten opfisket fra havbunden ved grab, polygrab eller stentang er som råstof defineret i to typer i råstofindberetningssystemet: 1) Grabsten med en størrelse på 150-600 mm (råstoftype 5) eller 2) søsten eller dykkersten med en størrelse på 340-2000 mm (råstoftype 6). Til vurdering af mængden af søsten, der er blevet fjernet, har vi dels vurderet de få tilgængelige direkte kilder fra stenfiskere såvel som estimeret forbruget af søsten til større anlægsarbejder, primært i relation til anlæg af havne.

2. Stenrev

Den hårde bund i danske farvande består primært af sten tilført under de voldsomme formdannende processer, der fandt sted under og efter den sidste istid, Weichel-istiden. Under isens fremstød blev store mængder materiale fra de skandinaviske fjeldområder ført med og løbende skuret rundt til de afrundede sten, der sammen med andre sedimenttyper blev aflejret i trit med isens afsmeltning. Gentagne gletsjerfremstød efterfuldt af perioder med afsmeltning dannede de randmoræner, der i dag også kan erkendes på havbunden. Stenene blev desuden løbende frigjort fra isen under afsmeltningen og aflejret mere spredt på havbunden og efterfølgende blotlagt fra det omgivende finere sediment af de voldsomme afstrømninger af smeltevand. Endelig har vand-standsstigninger og landhævninger spillet en betydelig rolle i kystdannelser og sedimenttransporter (GEUS/Orbicon 2012).



Figur 2.1. Forskellige stenrevstyper (Dahl et al. 2003).

Den hårde bund af sten i danske farvande består derfor af sten i mange størrelser fra flere m³ til 20 mm i diameter, der er den geologiske grænse mellem sten og groft sand. Stenene kan som nævnt være samlede i rev, der er mere eller mindre langstrakte geomorfologiske formationer, der hæver sig fra den omgivende havbund eller ligger mere eller mindre spredt på havbunden

(figur 2.1). Et hårdbundsrev er jf. Dahl et al. (2003) et område, som hæver sig fra den omkringliggende havbund. Det hårde substrat, hvad enten det er sten, klippe eller af biogen oprindelse, skal dække mindst 5 % af havbundens overflade, og arealet skal have en størrelse på mindst 10 m². Er der tale om et rev med bankestruktur, dvs. rev opdelt i mindre samlinger af sten, afgrænses revet af en linje rundt om alle banker, som hver især lever op til kravene om størrelse og dækning. Er der tale om rev med en brat eller glidende overgang mod sand eller grusbund, afgrænses revet af dækningskravet på mindst 5% hårdt substrat (Dahl et al. 2003).

Denne biologiske definition (Dahl et al. 2003) af et hårdbundsrev adskiller sig fra den geologiske definition. Med afsæt i den akustiske kortlægning af havbunden, som GEUS står for, er stendækket for egentlige stenrev (substrattype 4) 25% og opefter med en blød grænse til substrattype 3, som er sand, grus og småsten samt stenbestrøninger med større sten dækkende 10-25% af et afgrænset havbundsareal. I definitionerne af rev i forbindelse med kortlægning af rev i habitatområderne er der anvendt 4 kategorier, der læner sig op ad den biologiske definition ovenfor: 1) Sand med enkelte sten (< 5% sten); 2) Sand med spredte sten (5-25% sten), senere ændret til (10-25% sten); 3) Sten med spredte sandpartier (> 25% sten); 4) Stenrev med relief (primært sten > 20 cm) Bekendtgørelse nr. 1680 af 17/12/2018). I Habitatdirektivet er den fysiske afgrænsning af naturtypen rev (1170) fra de øvrige naturtyper på havbunden ikke afklaret. Direktivet præciserer med andre ord ikke, hvor et stenrev starter og slutter. Det er dog fastsat, at mindstestørrelsen for sten i naturtypen rev er 64 mm, dvs. noget større end de 20 mm, der er den nedre geologiske definitionsgrænsen for sten fastsat af GEUS, men naturligvis langt mindre end de stenstørrelser - grabsten og søsten - der er omfattet af stenfiskeriet.

2.1 Kortlægning af stenrev

I begyndelsen af 90'erne blev der foretaget undersøgelser af stenrevsforekomster i danske farvande, der kunne danne udgangspunkt for udpegning af geografisk afgrænsede områder for stenfiskeri (se kapitel 3), og som efterfølgende også blev brugt til udpegning af marine Natura2000-områder med naturtypen 1170, rev.

Implementering af habitatdirektivet har medført, at der er igangsat en kortlægning af de marine Natura2000-områder med henblik på at få fastlagt, hvor og med hvilket areal de respektive naturtyper er fordelt indenfor Natura2000-områderne. Naturstyrelsen har i forbindelse med implementering af direktivet gennemført en række kombinerede kortlægningsprojekter mellem råstofkortlægning og naturtypekortlægning ud fra den erfaring, at der er en nøje sammenhæng mellem den akustiske kortlægning af overfladesedimentet og de anførte marine naturtyper i Habitatdirektivet. I tabel 2.1 er med stor sikkerhed angivet stenrevsarealet indenfor de udpegede Natura2000-områder og med mindre sikkerhed de tilsvarende arealer udenfor de udpegede områder, hvor kortlægningsintensiteten naturligvis har været mindre og pålideligheden derfor tilsvarende mindre og hvor naturtypen ikke er verificeret. (Al-Hamdani, 2018). Opgørelsen omfatter substrattype 4 (dvs. stenede områder, hvor større sten dækker 25% og derover) og substrattype 3 (dvs. bund med stenbestrøning med større sten dækkende 10-25%), hvor denne støder op til type 4. Isolerede områder med substrattype 3 indgår således ikke i opgørelsen.

Tabel 2.1. Det samlede hårdbundsareal i dansk farvand samt den andel, der indgår i de udpegede Natura2000-områder. Beregningen er baseret på en opgørelse af areal af moræne (formodet rev) uden for områderne, og arealet af kortlagt stenrev samt forventet stenrev inden for områderne.

Moræne/stenrevsareal				
Geografisk region	**Morænareal udenfor habitat-områder i km²**	**Stenrev/morænareal indenfor habitat-områder i km²**	**I alt**	**Andel af udpeget areal i pct.**
Østersøen	4094	1004	5098	19
Nordsøen/Kattegat	4314	1076	5390	19
I alt	8408	2080	10488	19

Ud fra denne sammenstilling er der i størrelsesordenen 10.000 km² formodet hårdbund på det danske søterritorium, hvoraf de 2.000 km² opfylder kriterierne for naturtypen 1170, rev. Det skal understreges, at specielt tallene for morænareal udenfor habitatområderne ikke umiddelbart kan sidestilles med stenrev, da ikke alle blotlagte morænearealer opfylder kriterierne for naturtypen 1170 rev, og da de anførte arealer ikke er verificerede ved dykker eller ROV (undervandskamera). Til gengæld indgår langt fra alle rev på havbunden i de udlagte Natura2000-områder. I tabel 2.1 er udpegningsprocenten på 19%.

Figur 2.2. Asta med last af søsten opfisket med polygrab. Billede fra Fåborg Byhistorisk Arkiv.

3. Regulering af stenfiskeri

Fra 2009 blev stenfiskeri med Lovbekendtgørelse nr. 950 af 24-09-2009 forbudt. Men allerede med råstofloven af 1996 trådte en markant ændring af administrationsgrundlaget for indvinding af marine råstoffer i kraft. Med virkning fra 1. januar 1997 skulle al fremtidig efterforskning efter og indvinding af sand, grus, ral og sten fra havbunden finde sted i geografisk afgrænsede og miljøvurderede områder, jf. lovens § 20, BEK 1007. For stenfiskerne betød lovændringen, at deres generelle tilladelser blev opsagt den 1. juli 1989 med et i henhold til loven 10-årigt opsigelsesvarsel. Opsigelsen betød i praksis, at efter 1. juli 1999 krævede stenfiskeri en særskilt tilladelse fra sag til sag, hvor der i sagsbehandlingen var skærpet beskyttelse af havets naturværdier, herunder at der ikke kunne gives tilladelse til efterforskning og indvinding af råstoffer i internationalt naturbeskyttede områder og ikke på lavere vanddybder end 6 m.

For Skov- og Naturstyrelsen (nu Miljøstyrelsen) betød den nye lovgivning, at fortsat indvinding af råstoffer fra havbunden ikke længere kunne fortsætte som den hidtidige såkaldte frie indvinding, men måtte erstattes af indvinding i afgrænsede indvindingsområder. Kun i afgrænsede områder var det muligt at gennemføre en miljøvurdering af den ansøgte aktivitet i det konkrete område og på dette grundlag en vurdering af indvindingens påvirkning af konkrete naturværdier. I samarbejde med råstofbranchen var der forud for lovændringen i 1996 gennemført en registrering af de lokaliteter, som branchen ønskede fortsat at kunne indvinde i. Branchen havde ønsker om 64 områder, der under forhandlingerne med Skov- og Naturstyrelsens Hav- og Råstofkontor og den efterfølgende høringsproces blev reduceret til 29 områder, der herefter på ny blev gennemgået blandt andet med en vurdering af ressourcerne (grabsten/søsten) og områdets geografiske betydning. Resultatet blev nogle overgangsområder for stenfiskeri fra havbunden (BEK nr. 1082 af 11-12-1996), der omfattede 18 lokaliteter plus 11 lokaliteter, hvor indvindingen skulle ophøre pr. 1. juli 1999, når de generelle tilladelser (overgangsperioden) udløb, og hvor der med andre ord ikke kunne gives nogen ”sag til sag” tilladelse. For hver af de 18 indvindingslokaliteter, hvor stenfiskeri kunne forsætte efter 1999, blev der fastsat en totalkvote på 15.500 m^3 pr område. De 18 områder var samlet på 91,1 km^2 med en samlet totalkvote på 279.000 m^3. For de 11 områder, der lukkede permanent, blev totalkvoten fastsat til 100 m^3 for 5 områder, 200 m^3 ligeledes for 5 områder og endelig 1 område med en totalkvote på 300 m^3. De 11 områder blev således i praksis stort set lukket fra starten.

I den lovforberedende periode 1990-1995 frem mod 1996-råstofloven blev der gennemført en række stenrevsundersøgelser for dels at fastsætte den fysiske/geografiske afgrænsning af områderne, dels for at give et estimat af ressourcernes omfang og endelig for at give en miljøvurdering af revenes biologiske værdi. Af tabel 3.1 fremgår stenressourcerne på de udvalgte stenrevslokaliteter, men såvel estimatet af ressourcens størrelse og den arealmæssige udbredelse var behæftet med stor usikkerhed. Det fremgår endvidere, at de fastsatte totalkvoter generelt udgør i størrelsesordenen 10% af forekomsten. Det var således Skov- og Naturstyrelsens vurdering, at alle de stenrev (de 18 lokaliteter), hvor stenfiskeriet fik tilladelse til at fortsætte opfiskningen indtil totalkvoten var opbrugt, ville fremstå med en helt klar stenrevskarakter efter, at områderne blev lukket for yderligere stenfiskeri.

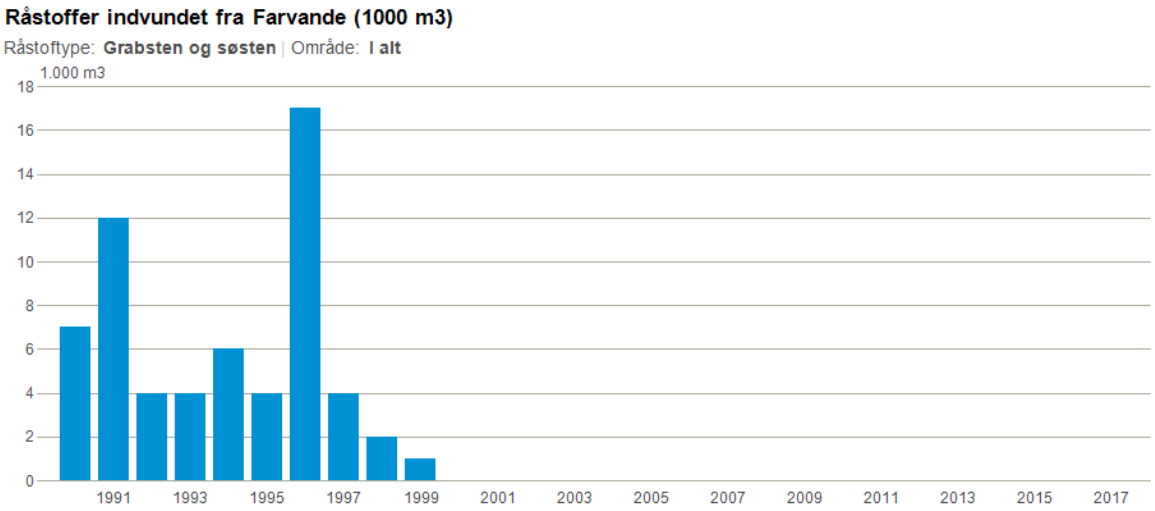
Tabel 3.1: Udvalgte stenrev (8 indvindingsområder), hvor der er gennemført en ressourceanalyse. *Mængden omfatter både Bolsaks og Falske Bolsaks. **Omfatter både Middelflak og Munkegrunde

Nr.	Navn	Ressource i m³ (R)	Areal i km²	Totalkvote (TK)	TK/R (%)
504S-A	Bolsaks*	340.000-800.000	2,1	15.500 m³	2-5 %
504S-B	Falske Bolsaks		1,4	15.500 m³	
506S-A	Middelflak**	785.000-1780.000	10,4	15.500 m³	1- 2 %
510S-B	Vene Grunde	74.000-257.000	11,6	15.500 m³	6-20 %
538S-A	Hjelm Bugt	297.000-542.000	6,9	15.500 m³	3-5 %
542S-A	Søndre Stenrøn	87.000-200.000	10,5	15.500 m³	8-18 %
544S-A	Broen I	155.000-510.000	1	15.500 m³	3-10 %
544S-A	Vengeance Grund	74.000-257.000	2	15.500 m³	6- 20 %

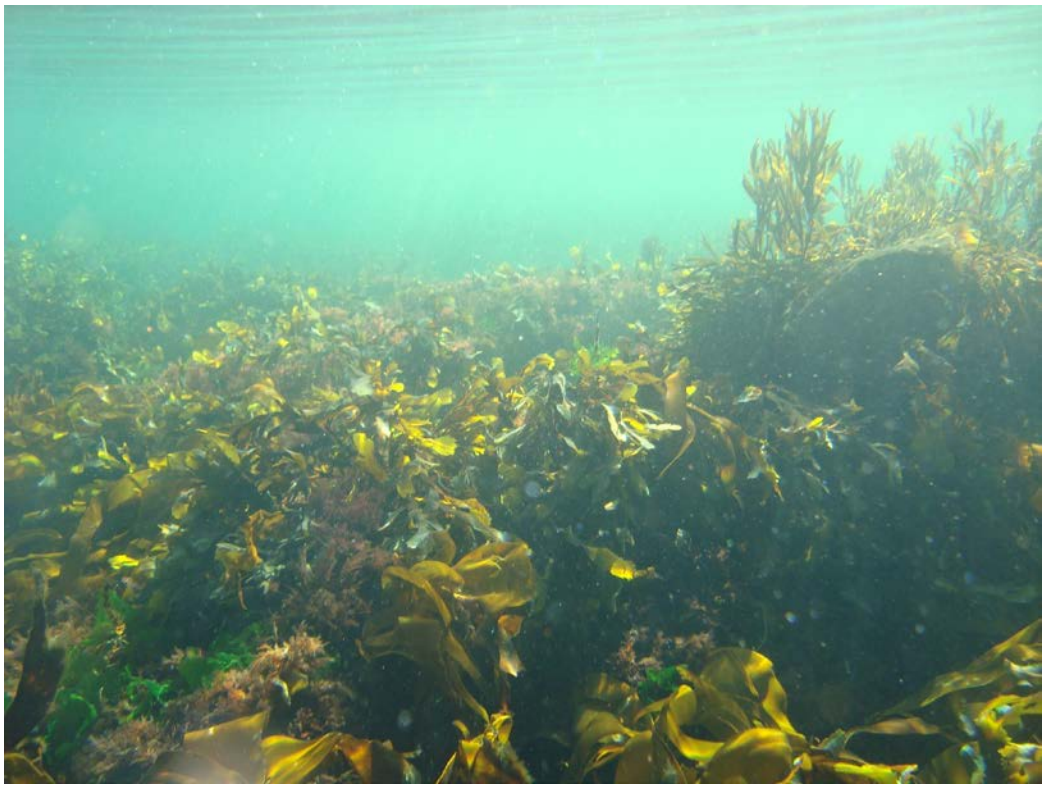
Med afsæt i 1996-råstofloven kunne stenfiskeri fortsætte i de udlagte områder, men loven omfattede ikke en hjemmel til at udlægge nye områder for stenfiskeri – når tilladelsesperioden for de 11 lokaliteter udløb i 1999 eller når den fastsatte totalkvoter var opbrugt i de 18 lukkede områder. Ved opsigelsesperiodens udløb (Bekendtgørelse nr. 519 af 15-06-1999) blev kravene yderligere skærpet, idet der alene måtte benyttes sten fra havbunden til reparation og mindre udvidelser af eksisterende havne, moler, kystsikringsanlæg og lignende, der i forvejen var anlagt med søsten. Skærpelsen betød også, at anlæg, der nødvendiggjorde, at sten på havbunden blev fjernet, kun måtte flyttes, ikke fiskes op. Stenene skulle således blive på havbunden.

Før råstofloven af 1996 var stenfiskeri ikke reguleret udover, at der fra 1978 (Bekendtgørelse nr. 329 af 27-06-1978) skulle foretages indberetning om råstofindvinding fra havbunden kvartalsvis på særlige skemaer, der blev udsendt af Danmarks Geologiske Undersøgelser (nu GEUS), med angivelse af positioner, hvorfra optagningen har fundet sted, og med angivelse af arten og mængden af det indvundne råstof. Stenfiskerne har således fra omkring 1975, hvor det forberedende arbejde til bekendtgørelsen gik i gang, til 1989 indberettet deres indvinding/opfiskning af grab- og søsten til GEUS. GEUS ligger imidlertid ikke længere inde med de gamle indberetninger. Indberetningsoplysningerne fra 1975-1989 er efterfølgende efterlyst i Rigsarkivet uden resultat. I Rigsarkivet er samtidig efterlyst øvrige oplysninger om stenfiskeriet herunder gamle stenfiskertoldbøger. Resultatet af denne efterlysning fremgår af bilag A. Materialet i Rigsarkivet kan alene stilles til rådighed på en af de 4 centrale læsesale. Denne opgave er ikke gennemført i forbindelse med udformning af nærværende rapport. Det er vurderet, at opgaven vil være for tidskrævende sammenholdt med det forventede udbytte.

Fra 1990 blev indberetningerne overført til Skov- og Naturstyrelsen, der årligt videresendte oplysningerne om indberettede mængder til Danmarks Statistik.



Figur 3.1. Den samlede mængde opfiskede grabsten og søsten for perioden 1990 til 1999.



Figur 3.2. Makroalger på sten i Århus Bugt. Foto: Mette Møller Nielsen, DTU Aqua

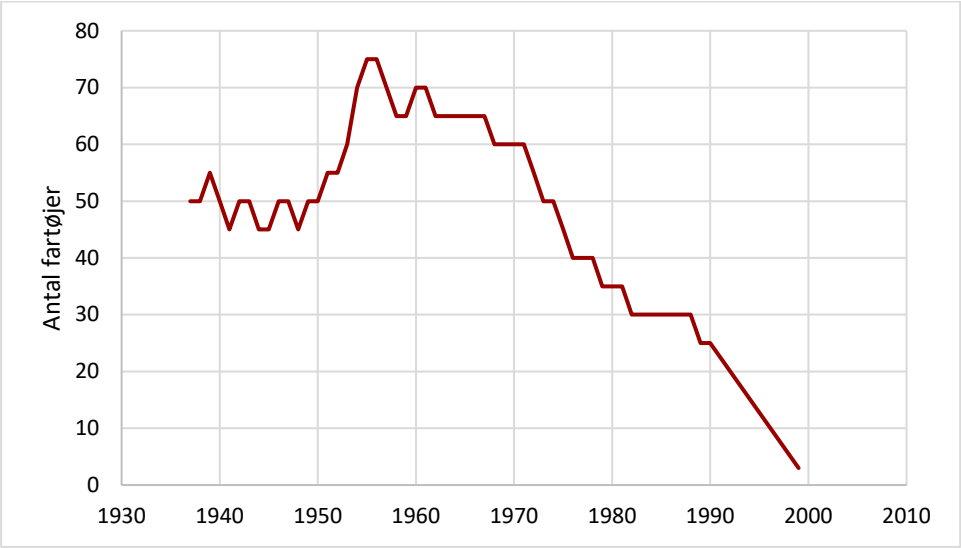
4. Opfiskning af sten

Det er ikke muligt at finde dækkende oplysninger om antallet af fartøjer, der drev stenfiskeri i stort set hele sidste århundrede. Der var koncentrationer af stenfiskere i Gilleleje, Rødvig og Nyborg, her med 10 til 12 store stenfiskerfartøjer, og der foregik ligeledes stenfiskeri i Limfjorden. Lasteevnen er ikke oplyst, men det kan antages, at der trods alt er tale om små fartøjer eller rettere mindre fiskefartøjer, der i perioder med dårligt fiskeri drev stenfiskeri. Det kan ligeledes antages, at de mange små fiskefartøjer, der kun lejlighedsvis drev stenfiskeri har været på omkring 20 tons, og de store fartøjer på omkring 70 tons. Stenene blev opfisket på helt lavt vand og som udgangspunkt på vanddybder under 10 m oftest 4-7 m – med andre ord mere eller mindre i brændingszonen – hvilket i sig selv forventeligt har medført mange dage, hvor der ikke kunne arbejdes. Stenene blev opfisket enkeltvis med tang, der blev placeret ved hjælp af lange stager fra båden - først senere kom dykkerne til, men her er vi fremme ved 1960'erne før stentangen blev placeret af en dykker.

For at forstå arbejdet på disse både har vi i bilag B samlet de beretninger eller interview med stenfiskere, som det har været muligt at indsamle. Disse beretninger giver også et billede af effektiviteten på bådene i stenfiskeriet. Galeasen Vilhelm, som blev købt i 1904 havde således en lasteevne på 72 t og lastede i gennemsnit 2 laster om ugen af 40 m^3. I 1960'erne var der naturligt sket en effektivisering, og en stenfisker kunne fylde en last på 130 t (80 m^3) på 2-3 timer. Frem mod slutningen i 1999 tog det en hel dag at fylde lasten og det vel at mærke med bom, spil og fuld motorkraft samt kombinationen af polygrab eller dykker afhængig af stenstørrelsen og vanddybden. Dette var en konsekvens af, at de tilladte indvindingsområder ikke længere indeholdt de stenmængder, der tidligere havde udgjort grundlaget for et rentabelt stenfiskeri.

Det er ikke muligt, at lave en fuldstændig liste over antallet af både, der har været aktive i stenfiskeriet. Trods kontakt til Søfartsstyrelsens Skibsregister er det ikke lykkedes, at identificere de enkelte stenfiskerfartøjer entydigt. En liste fra registret indeholder fartøjer med stenfiskerlicens, men samme fartøj kan optræde flere gange på listen, da udgangspunktet for listen er fartøjets CSR-nr. og kendingsbogstaver, der begge skifter flere gange for samme fartøj, når fartøjet skrifter ejer. Bilag C viser bruttolisten over CSR-numre og kendingsbogstaver, samt med fartøjet Asta som eksempel, hvordan CSR-nr. og kendingsbogstaver skifter over tid. En liste over CSR-numre og kendingsbogstaver giver således ikke korrekte oplysninger om antallet af individuelle stenfiskerfartøjer. Samlet er antallet af fartøjer, der har været beskæftiget med stenfiskeri, derfor behæftet med stor usikkerhed.

Til beregning af antal aktive både har vi valgt at tage udgangspunkt i Stenfiskernes Sammenslutning, der blev dannet i 1935, samt optegnelser af stenfisker H. V. Christensen over antal fartøjer i perioden 1937-99 (figur 4.1). H. V. Christensen var ud af en familie af stenfiskere og var til slut ejer af M/S Asta, der var det sidste aktive fartøj i stenfiskeriet. Fra starten havde Stenfiskernes Sammenslutning omkring 40 medlemmer. Under 2. verdenskrig var der omkring 50 fartøjer, men dels kneb det med brændstof, dels blev 3 fartøjer minesprængt og flere fartøjer indstillede stenfiskeriet og blev således i havn. Efter krigen kom der en opgangsperiode (figur 4.1), der toppede midt i 50'erne. Fra begyndelsen af 70'erne aftog antallet af stenfiskerfartøjer markant for i 1999 stort set at ophøre med kun 3 fartøjer tilbage, der fortsat var rigget til stenfiskeri.



Figur 4.1. Antal stenfiskerfartøjer i perioden 1937 til 1999.

Som for antallet af både er også datagrundlaget for mængden af opfiskede sten meget usikkert frem til 1990, hvor indberetningerne fra stenfiskerne blev overført til Danmarks Statistik. Stenfiskerne skulle føre en stenfiskertoldbog, der angav mængder opfiskede sten. Denne blev forelagt det lokale toldkontor til kontrol, men der er bevaret meget få af disse stenfiskertoldbøger. Det har været muligt at få adgang til stenfiskertoldbogen for fartøjet M/S Asta (i sammenskrevet form i tabel 4.1). I toldbogen er stenene opdelt i grabsten og sø-/dykkersten, henholdsvis råstoftype 5 og 6 i indberetningssystemet og med angivelse af omregningsfaktoren mellem tons og m³.

Med udgangspunkt i H. V. Christensens stenfiskertoldbog med optegnelser over de enkelte laster er den gennemsnitlige årlige mængde beregnet for såvel grabsten som sø-/dykkersten i perioden 1964-1981 til i gennemsnit 1288 m³ grabsten og 1072 m³ søsten om året eller samlet 2360 m³ sten eller 4826 tons pr. år. Stenfiskererhvervet var på sit højeste i 50'erne og frem til midt i 70'erne. Under antagelse af, at hvert fartøj opfiskede omkring 5.000 tons sten årligt (2.500 m³) og der i perioden var i gennemsnit 60 aktive fartøjer blev der opfisket i størrelsesordenen 300.000 tons sten om året eller alene i de 20 år (1950-70), hvor aktiviteten var størst 6 mio. ton, svarende til 3 mio. m³ (H. V. Christensen pers. komm.). Alternativt kan det antages, at ikke alle fartøjer var aktive eller lige aktive i hele perioden. Med afsæt i 30 aktive fartøjer i samme 20-årige periode, der hver opfisker 7.000 m³ kan den samlede indvinding estimeres til 4,2 mio. m³ (Dahl et al. 2003). Vurderet på baggrund af optegnelserne for M/S Asta, som var et at de meget aktive stenfiskerfartøjer, er en opfiskning på 7.000 m³ pr fartøj formodentlig for højt. Estimeres den årlige opfiskede mængde til 2.500 m³ (som for M/S Asta) og fastholdes variationen i aktivitet til 30 fuldtids aktive fartøjer, er der i perioden opfisket 1,5 mio. m³. Som det fremgår af tabel 4.1 var der meget store år til år variationer i indvindingsintensiteten over perioden.

For perioden før 1950 kan det antages, at der i 1940'erne var 45 aktive fartøjer, der opfiskede 2.000 m³ årligt – dvs. lidt færre aktive fartøjer og lidt lavere indvindingskapacitet bl.a. på grund af forholdene under 2. verdenskrig. I 40'erne vurderes der på dette grundlag, at være opfisket knap 1 mio. m³. For perioden 1900-1940 kan den årlige opfiskning pr. fartøj antages at være

1.500 m³, da fartøjerne var mindre. Med afsæt i 40 m³ pr. last og 1-2 laster om ugen, 40 aktive fartøjer og opfiskning i 40 år vurderes opfiskning fra 1900-1940 at have været på 2,4 mio. m³.

Tabel 4.1. Sammenstilling af oplysninger fra Stenfiskertoldbog for fartøjet Asta fra 1964-81. Der er brugt omregningsfaktor 0,6 m^3 t^{-1} for substrattype 5 og 0,4 m^3 t^{-1} for substrattype 6.

År	**Grabsten (5)**		**Søsten (6)**		**Bemærkninger**	**Dage**
	tons	m³	tons	m³		
1964	0	0	2411	964	Dansk farvand	S25
1965	7579	4547	1473	589	Dansk farvand	84
1966	6830	4098	6011	2404	Dansk farvand	132
1967	3100	1860	0		Dansk farvand	26
1968	0		7430	2972	Dansk farvand	58
1969	3524	2114	3871	1548	Dansk farvand	Periode
1970	260	156	5564	2226	Dansk farvand	53
1971	1314	788	1191	476	Dansk farvand	23
1972	1988	1193	3926		Søsten=3926 i svensk farvand	17
1973	0		3472		Søsten=3472 i svensk farvand	Sverige
1974	0		2665	1066	Søsten=1554 i svensk farvand ikke medregnet	Ukendt
1975	0		5191	2076	Dansk farvand	Ukendt
1976	6745	4047	560	224	Dansk farvand	Ukendt
1977	800	480	1785	714	Dansk farvand	Ukendt
1978	0		350	140	Dansk farvand	Ukendt
1979	2005	1203	1981	792	Dansk farvand	Ukendt
1980	1162	697	4277	1711	Dansk farvand	Ukendt
1981	3323	1994	3464	1386	Dansk farvand	Ukendt
I alt	38628	23177	48224	19290		
Gns.	2146	1288	2679	1072		

For perioden efter 1970 er der udelukkende dokumenteret opfiskning fra 1990-99, der kan beregnes til at udgøre i alt 61.000 m³. Da der ikke er grundlag for at antage, at den årlige indvindingskapacitet pr. fartøj er ændret fra 1960'erne fastholdes denne til 2500 m³. Det kan endvidere antages, at der i perioden 1970-75 var 50 aktive fartøjer, i perioden 1975-1980 40 aktive fartøjer og endelig i 80'erne var 30 aktive fartøjer. Den samlede opfiskning fra 1970-1990 kan dermed estimeres til ca. 2 mio. m³.

Samlet og med understregning af de store usikkerheder, der er forbundet med estimaterne for alle perioder på nær perioden 1990-99 kan opfiskning af søsten og grabsten på det danske søterritorium estimeres til at være på ca. 8,3 mio. m³ (tabel 4.2).

Tabel 4.2. Estimater af den samlede opfiskede mængde sten fordelt over forskellige perioder fra 1900-1999.

Stenfiskeri 1900-1999				
Periode	**Last/år**	**Antal fartøjer**	**Antal år**	**I alt (1000 m³)**
1900-1940	1.500	40	40	2.400
1940-1950	2.000	45	10	1.000
1950-1970	2.500	60	20	3.000
1970-1974	2.500	50	5	625
1975-1979	2.500	40	5	500
1980-1990	2.500	30	10	750
1990-1999				61
I alt				8.336

Volumen af de opfiskede sten kan omregnes til areal hård bund ud fra den antagelse, at stenene er 60 cm i diameter, hvilket er den gennemsnitlige størrelse for sten i f.eks. dæklag på havnemoler, hvilket med en volumen på 0,1 m^3 pr sten og et samlet volumen på ca. 8,3 mio. m^3 giver 83 millioner sten. Dahl et al. (2003) anvendte en eksponeringsgrad af sten på 50%, der er tilgængelig for den hårde bunds flora og fauna. Denne eksponeringsgrad er dog nok primært gældende for de mindre stenfraktioner. For de opfiskede sten samlet i tabel 4.2 vurderer vi, at mellem 50-66% af stenoverfladen er eksponeret, hvilket betyder, at de ca. 83 millioner opfiskede sten et tab i eksponeret overflade på godt 55 km^2 hård bund tilgængelig for kvalitetselementet makroalger. Den anvendte eksponeringsprocent er baseret på et-lagede stenrev, hvor kun en del af stenene vil være eksponeret, mens resten vil ligge i sedimentet. For fler-lagede stenrev (huledannende rev) vil situationen være anderledes, da det kun vil være de yderste sten, der er eksponeret – resten er gemt inde i revet. Der er således tale om et skøn, der er behæftet med unøjagtigheder.

Det areal hård bund, som med stenfiskeriet er tabt som substrat for den hårde bunds fauna og flora, er domineret af store stabile og stabiliserende sten, da opfiskningen har fundet sted på de stenrev, hvor stentætheden har været størst og hvor stenene så vidt muligt har ligget i bunker - de såkaldte huledannende rev. Dertil kommer, at opfiskningen generelt har fundet sted på vanddybder under 10 m. Således har stenfiskeriet foregået, hvor det har haft maksimal effekt på den del af den hårde bund, der understøtter en divers flora og fauna.

Der er i estimaterne ikke taget højde for stenfiskeri før år 1900, selvom det kan antages, at der er medgået store mængder søsten til f.eks. anlæggelse af Middelgrundsfortet, som muligvis kan være hentet på Hunderevet (https://hunderevet.dk/Wordpress44/). Oplysninger fra før år 1900 er imidlertid behæftet med endnu større usikkerheder end oplysningerne efter 1900.

Figur 4.3. Billeder fra vest-molen i Hornbæk Havn med søsten fra havbunden (øverst) og brudsten med sprængboringerne (nederst). Foto Stig Helmig.

5. Anvendelse af sten fra havbunden

Potentielt set vil det være muligt at verificere estimaterne af mængden opfiskede sten baseret på selve stenfiskeriet med estimater af mængden af sten på kendte anlægsprojekter som havnemoler, kystbeskyttelse m.m. Eksempler på store anlægsarbejder, der har baseret sig på opfiskede sten er Storstrømsbroen, Rømø-dæmningen og digerne på Lolland i 1930'erne. Andre anlægsopgaver er den hårde kystbeskyttelse på den jyske vestkyst og på Øresundskysten mellem Skovshoved og Espergærde. Store anlægsopgaver i 1950'erne, der krævede sten, var NATO-havnen i Korsør samt færgehavnene i Knudshoved og Halskov. I 1960'erne kom færgehavnene i Rødby og Putgarden til og færgehavnene på Sjællandsodde og i Ebeltoft samt Bøjden og Fynshav (se bilag D). De meget store opgaver afspejler sig som ventet i tabel 4.1. Midt i 70'erne kommer en række havneudvidelser i blandt andet Ystad, Helsingør, Åbenrå, Sælvig og Ærøskøbing med flere. For enkelte konkrete opgaver er det lykkede at finde oplysninger om stenforbruget (tabel 5.1). En anden metode er at estimere stenforbruget ved at beregne antal eller volumen af sten på f.eks. havnebyggerier på baggrund af luftfotografier. Nedenfor er metoden demonstreret med Hornbæk Havn som regneeksempel.

Tabel 5.1. Stenforbruget ved nogle konkrete anlægsopgaver.

Anlægsopgave	Mængde sten	Volumen sten
Halskov-Knudshoved færgehavne	70.000 t	42.000 m³
Sønderborg lystbådehavn	42.000 t	25.200 m³

I beregning af forbruget af sten ved havnebyggerier indgår længden af de konkrete havnemoler målt i Google Earth Pro, vanddybden aflæst på søkortet og en basismodel for konstruktion af havnemoler. Figur 5.1 viser den basismodel, som entreprenørfirmaet CG Jensen A/S benytter ved anlæg af havnemoler (Gert Askholm, pers. komm.).

Figur 5.1. Tværsnit af vest-molen i Hornbæk Havn.

Molehøjden er her på den eksponerede side i kote K = 3,5 m. Afhængig af eksponeringen er molehøjden sædvanligvis mellem kote 2 og kote 3,5 m over DVR (Dansk Vertikal Reference) tidligere DNN (dansk Normal Nul) i indre danske farvande. Molehældningen er 2:1 på den eksponerede side og 1:1 på læsiden eller indersiden. Lagtykkelsen af store sten er L = 2d (stendiameteren). På den eksponerede side anvendes store sten med en diameter, der oftest er ≥1 m og på læsiden en mindre stenstørrelse med en diameter (d) på omkring 60 cm.
Som udgangspunkt er hældningen den samme for den del af molen, der er under vandoverfladen som for den del, der er over DVR. I Google Earth Pro kan den enkelte havnemole opmåles, hvilket for Hornbæk Havn giver en samlet molelængde på 654m, fordelt med: Vest-mole = 250 m på ydersiden og 200 m på indersiden; Øst-mole = 215 m; Tvær-mole Ydre = 88 m; Tvær-mole Indre = 101 m. Antages vanddybden ved Hornbæk Havn at være i gennemsnit 1 m langs vestmolen bliver den samlede molehøjde (Xv) på vestmolen $K_{3,5+1}$ = 4,5 m og tilsvarende på østmolen er Xø K_{2+1} = 3 m. Molens skrå længde er Yv = 9 m og Yø = 6m. Den skrå længde i meter svarer til hypotenusen i en retvinklet trekant. Forbrug i m³ er herefter molehøjden i meter gange lagtykkelsen i meter gange molelængden.

Tabel 5.2. Overslag over stenforbruget til molerne ved Hornbæk Havn.

	V-mole Y	V-mole I	Ø-mole Y	Ø-mole I	T-Mole ydre	T-mole i	I alt (m³)
X = højden i m	4,5	5,5	3	3	3	2	
Y = dybde i m	9	5,5	3	2	2	2	
Z = ydersiden i m	12,3	6,4	4,2	3,6	3,6	2,8	
L = lagtykkelsen i m	2	1,2	1,2	1,2	0,6	0,6	
Molens Længde i m	250	200	215	215	88	101	
Forbrug i m³	6.150	1.530	1.080	93	190	170	9.213

Tabel 5.2 viser et overslag over stenforbruget i Hornbæk Havn fordelt på de 4 moler og opdelt i yderside og inderside for henholdsvis vestmolen og østmolen. Lignende estimater kan laves for andre bygningsværker. Det skal dog understreges, at estimatet er forbundet med visse usikkerheder, som allerede angivet i nogle af antagelserne. Når denne type beregninger alligevel ikke kan bruges til estimater af volumen opfiskede sten, skyldes det, at mange havnemoler består af sten fra andre kilder end havbunden, oftest marksten og/eller brudsten og ofte i en kombination, som ikke umiddelbart fremgår af luftfoto. Eksempelvis er vest-molen i Hornbæk Havn etableret af søsten og øst-molen er brudsten. En opgørelse af andelen af søsten kræver således besøg på de enkelte havne for i første omgang at adskille anvendelsen af søsten fra anvendelsen af brudsten eller marksten. Dette har ikke været muligt indenfor dette projekt.

6. Betydning af stenfiskeri for kvalitetselementet makroalger

Makroalger er vigtige økosystemkomponenter, der ofte skaber unikke habitater med høj biodiversitet. De udgør bl.a. fødegrundlag og skjulesteder for en række smådyr, og fungerer som gyde- og opvækstområder for mange fiskearter. Desuden er makroalgerne en indikator for tilstanden af vores havmiljø og indgår derfor som et af de biologiske kvalitetselementer, der anvendes i forbindelse med vandrammedirektivets vurdering af vandområdernes økologiske tilstand. En grundlæggende forudsætning for makroalgers eksistens er tilstedeværelsen af fast substrat, hvorpå algerne fasthæftes. Fjernelsen af sten, som det er tilfældet ved stenfiskeri, vil derfor uundgåeligt have betydning for forekomsten af makroalger i de områder, hvor stenene er fisket. Dette skal især ses i lyset af, at stenfiskeriet primært er foregået på lavt vand (<10 m) og derved i den fotiske zone, hvor makroalger har gode vækstbetingelser.

Det var særligt de huledannende rev med store stabile stenforekomster, der var omdrejningspunkt for stenfiskeri. Disse stenforekomster formodes derfor stort set opfisket på de lavere vanddybder ud til 10 m dybdekurven, hvor de kendte én-lagede stenrev i dag dominerer. Der findes kun enkelte studier, der har undersøgt danske stenrevs økologiske effekter, men viden herfra kan være med til at belyse de effekter stenfiskeriet har haft på forekomsten af makroalger. Den mest gennemgribende undersøgelse er foretaget ved Læsø Trindel – et åbenvandsrev nordøst for Læsø, der i 30'erne-70'erne var udsat for massiv stenhøst og som i 2008 blev delvist genetableret (*Blue Reef*, Stenberg et al. 2015). I den forbindelse blev der lavet studier af makroalgesamfundene før (2007) og 4 år efter genetableringen af stenrevet (2012). I alt blev der ved genetableringen udlagt 27.400 m^2 hård bund (100.000 tons sten) i dybdeintervallerne 1,5-4,5 m, 4,5-7,5 m og 7,5-10 m.

Resultater af diversitets- og biomasseundersøgelser på revet viste, at mens diversiteten af makroalger i mindre grad var forskellig før og efter genetableringen – om end revet i højere grad var domineret af opportunistiske arter før - så var der markante forskelle at spore på den stående biomasse af makroalger på revet. Således var der efter genetableringen minimum 6 gange større makroalgebiomasse per m^2 på revet end det var tilfældet forud for genetableringen. Ud fra oplysninger om revets areal og den samlede makroalgebiomasse på revet i 2012 kan man beregne den arealspecifikke makroalgebiomasse på det genetablerede rev til at være 247-293 g askefri tørvægt pr. m^2 afhængigt af dybdeintervallet (tabel 6.1).

Tabel 6.1. Dybdespecifikke oplysninger om rev-areal og makroalgebiomasse på *Blue Reef* ved Læsø Trindel (Stenberg et al. 2015), samt arealspecifik makroalgebiomasse 4 år efter genetablering af stenrevet. *Beregning foretaget på baggrund af tal fra Stenberg et al. 2015.

Dybde (m)	Genetableret revareal (m^2)	Makroalgebiomasse 2012 (ton askefri tørvægt)	Arealspecifik makroalgebiomasse 2012 (g askefri tørvægt m^{-2})*
1,5-4,5	7.125	1,76	247
4,5-7,5	11.725	3,44	293
7,5-10	8.500	2,35	276

Revet ved Læsø Trindel er næppe biologisk repræsentativt for alle de rev hvorfra, der er opfisket sten, da makroalgers forekomst foruden tilstedeværelsen af sten afhænger af en lang række faktorer, såsom lys, næring, salinitet, fysisk eksponering og i visse områder græsning af søpindsvin (Carstensen & Dahl 2019). Men da der ikke foreligger præcise informationer om, hvor stenfiskeriet har foregået og der kun findes ganske få studier, der kvantificerer makroalgebiomassen på stenrev i danske farvande, er det vanskeligt at tage højde for disse parametre i en estimering af stenfiskeriets betydning for makroalgeforekomsterne.

Antager man imidlertid, at Læsø Trindel er repræsentativ for de områder, der er stenfisket, vil et areal på 55 km^2 svare til, at en potentiel stående makroalgebiomasse på 14.980-15.790 ton askefri tørvægt er forsvundet ved stenfiskeri afhængigt af dybdefordelingen af fiskeriet. Ved en ligelig fordeling mellem de tre dybdeintervaller er estimatet mindst, mens det øges svagt jo højere andel af fiskeriet der antages at være foregået på dybdeintervallet 4,5-7,5 m (tabel 6.2). Da stenfiskeriet oftest foregik i det midterste dybdeinterval vurderes det rimeligt at tillægge denne dybde en relativ større betydning end de øvrige. Dog er det svært at retvisende estimere, hvor meget større betydning dette dybdeinterval skal tillægges, men variationer i fordelingen mellem dybder ændrer meget lidt på det endelige estimat på omkring 15.000 ton askefri tørvægt.

Tabel 6.2. Estimerede makroalgebiomasse (ton askefri tørstof) på 55 km^2 sten, svarende til det estimerede fjernede areal sten ved stenfiskeri i danske farvande. Beregningen er foretaget som ekstrapolation af data om arealspecifikke biomasser fra tabel 6.1, der tager udgangspunkt i data fra genetableringen af stenrev ved Læsø Trindel. Der er analyseret for forskellig fordeling (%) af stenfiskeri mellem dybdeintervaller A: 1,5-4,5m, B: 4,5-7,5 m og C: 7,5-10 m.

Dybde (m)	Makroalgebiomasse (ton askefri tørvægt)		
	A:B:C = 33:33:33	A:B:C = 25:50:25	A:B:C = 10:80:10
1,5-4,5	4.529	3.396	1.359
4,5-7,5	5.379	8.068	12.909
7,5-10	5.069	3.801	1.521
Total (55 km^2)	**14.976**	**15.266**	**15.788**

Dette estimat er baseret på biomasse-undersøgelser 4 år efter genetableringen af revet ved Læsø Trindel. Undersøgelsen påpeger dog afslutningsvist, at man ikke kan forvente at et så ungt rev vil være fuldt udviklet, og at man med rimelighed vil kunne forvente større biomasser

senere hen. Her refererer undersøgelsen til et andet gennemgribende studie af stenrevenes makroalgesamfund foretaget på rev i Samsø Bælt tilbage i 2002 (Dahl et al. 2005). Med samme undersøgelsesmetoder fandt man her biomasseforekomster op til 1120-1920 g askefri tørvægt m^{-2}, hvoraf minimum ca. 80% var makroalger – dvs. ca. 3-5 gange højere forekomster end rapporteret fra genetableringen af Læsø Trindel. På den baggrund, er estimatet på 15.000 ton askefri tørvægt potentielt en undervurdering af det makroalgetab, stenfiskeriet har foranlediget og kan potentielt opjusteres med en faktor 3-5. Omvendt er det muligt, at der blandt de fiskede stenrev har været områder med lavere biomassetætheder end fundet på både Læsø Trindel og i Samsø Bælt. Da der ikke til fulde er redegjort for de områder, der er fisket, vil dette dog forblive gisninger. Det bedst mulige skøn er således et sted mellem 15.000-75.000 tons askefri tørvægt.

Selvom ovenstående estimater er forbundet med betydelige usikkerheder, er det klart at stenfiskeriet i de områder det er foregået, har haft betydning for kvalitetselementet makroalger. I særdeleshed er de stående biomasser blevet påvirket i en negativ retning. Hvorvidt der desuden har været effekter på f.eks. andel af opportunister og artsrigdom af flerårige arter er lidt sværere at konkludere på baggrund af de tilgængelige data, om end der for Læsø Trindel var en mindre dominans af opportunistiske arter efter genetableringen af revet. Desuden viste undersøgelserne i Samsø Bælt, at artsdiversiteten af makroalger var markant højere på de reelle stenrev end sammenlignet med den omkringliggende ralbund (Dahl et al. 2005).

Samlet kan det rimeligvis antages, at stenfiskeriet har haft markante negative effekter på makroalger lokalt i de områder, hvori fiskeriet er foregået. Dette skal især ses i lyset af, at de fiskede sten primært var store sten fra lavt vand – altså sten, der rent biologisk har været af høj værdi.

Figur 6.1. Losning af pram med brudsten fra Norge på Læsø Trindel.

7. Sammenfatning

Vurderet på baggrund af primært optegnelser fra enkelte stenfiskere, der er ekstrapoleret til et estimeret antal stenfiskere i forskellige tidsperioder fra 1900-1999, hvor stenfiskeriet reelt ophørte, er der i perioden 1900-1999 fjernet 8,3 mio. m^3 grab- og søsten fra primært de kystnære områder ud til max 10 m vanddybde. Estimatet er behæftet med meget betydelige usikkerheder, da der reelt kun for perioden 1990-99 er sikre skøn, og da deri denne periode kun blev fjernet 61.000 m^3. Det er ikke muligt uden en meget betydelig indsats at få dette skøn verificeret ved at estimere forbruget på danske havneanlæg og lignende anlæg, hvor der er anvendt opfiskede sten, da mange anlæg har anvendt en blanding af sten med forskellig oprindelse (opfiskede sten, marksted, brudsten). Det er ligeledes ikke muligt at udpege specifikke områder, hvor stenfiskeriet er foregået. Det kan dog antages, at primært større rev, herunder huledannende rev, har været udnyttet til stenfiskeri. Det kan ligeledes antages, at stenene primært er fjernet på vanddybder < 10 m, hvilket gør, at det er i den produktive zone for makroalger, at der er fjernet levesteder svarende til ca. 55 km^2 hård bund. Dermed kan stenfiskeriet lokalt, hvor der har været store stenrev, have medført et betydeligt tab af hårdt substrat og dermed potentielt habitat for kvalitetselementet makroalger svarende til en stående biomasse på 15-75.000 t askefri tørvægt.

På nationalt plan er der ganske sikre estimater af areal af den stabile hårde bund i de kortlagte Natura2000 områder på 2080 km^2. På nationalt plan er det således ikke sandsynligt, at stenfiskeriet har haft betydende direkte effekt for kvalitetselementet makroalger al den stund at det kan antages at <5% af hårdbundsarealet er blevet opfisket. Siden årtusindeskiftet er der blevet iværksat en række projekter til naturgenopretning eller habitatrestaurering, der har haft genetablering af rev som mål. I tabel 7.1 er samlet en del af disse stenrevsprojekter, der samlet set har udlagt ca. 120.000 m^3 sten, hvilket er en meget lille del af den volumen, der er fjernet (ca. 1,4%). Der er ligeledes blevet gennemført en række anlægsprojekter som Storebæltsforbindelsen (ingen brug af sø- eller grabsten), hvor der blev brugt 300.000 m^3 sten. Der er imidlertid ingen angivelser af fordelingen mellem ral, filtersten eller dæksten, så hvor meget stabilt hårdt materiale, der er tilført kan ikke afgøres. Så i alle nyere anlægsarbejder, hvor der tilføres sten til det marine miljø og disse placeres under vandlinjen vil der ske en netto tilførsel af nyt hårdt substrat, idet der ikke længere må fjernes sø- eller grabsten fra den danske havbund.

Tabel 7.1. Sten tilført havbunden i form af nye/genetablerede stenrev (pers. komm. F. Eske-Lund, www.hunderevet.dk og B. Mammen Kruse, www.alsstenrev.dk).

Ved omregning fra vægt til volumen er anvendt 1t = 0,6m³ (blå tal).

	Tons	**m³**
Stenrev omkring Als	35.000	21.000
Stenrev NV for Livø	20.000	12.000
Blue Reef på Læsø Trindel	100.000	60.000
N for Hindsgavlhalvøen	1.000	600
2 stenrev ved Århus Havn	36.000	21.600
Stenrev V for Egholm, Aalborg	67	40
Hunderevet ved Hundested -fase I	7.000	4.200
Stenrev ved Harre Vig, Skive	6.667	4.000
I alt	205.734	120.240

Referencer

Al-Hamdani Z (2018). *Analyse af 1170 stenrev henholdsvis indenfor og udenfor de marine habitatområder.* GEUS.

Bekendtgørelse af lov om råstoffer, lovbekendtgørelse nr. 1007 af 28. november 1996 (28. november 1996).

Bekendtgørelse af lov om råstoffer, nr. 1007. (28.. november 1996).

Carstensen J & Dahl K (2019). Macroalgal indicators for Danish Natura 2000 habitats. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 45 pp. Technical Report No. 142. http://dce2.au.dk/pub/TR142.pdf

Carstensen J, Krause-Jensen D & Josefson A (2014). Development and testing of tools for intercalibration of phytoplankton, macrovegetation and benthic fauna in Danish coastal areas. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 85 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 93. http://dce2.au.dk/pub/SR93.pdf

Dahl K. (2016). *Best practise for restoration of stone reefs in Denmark (Code of Conduct).* Aarhus University.

Dahl K, Lundsteen S & Helmig S (2003). *Stenrev - havets oaser.* Gads Forlag.

Dahl K, Lundsteen S. & Tendal OS (2005). Mejlgrund og Lillegrund. En undersøgelse af biologisk diversitet på et lavvandet område med stenrev i Samsø Bælt. Danmarks Miljøundersøgelser & Århus Amt, Natur & Miljø. 87 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 529.

GEUS/Orbicon (2012). *Marin råstof-og naturtypekortlægning i Katteagt og vestlige Østersø 2011.* Naturstyrelsen.

Helmig S (1996). *Statusnotat vedr. Overgangsordning for Stenfiskeri.* ikke publiceret.

Helmig S (2014). *Evaluering af råstofbranchens efterforskning i perioden 2008 til 2013.* Naturstyrelsen.

Madsen KN, Schmedes M &Nicolaisen J (2008). *Skov- og Naturstyrelsen - Kortlægning af Natura 2000 habitaterne: Boblerev (1180), Rev (1170), Sandbanker (1110).* Skov- og Naturstyrelsen.

Orbicon. (2014). *Naturstyrelsen - Fællseområde 554-CA Disken, Miljøvurdering.*

Orbicon, G. o. (2012). *Marin råstof- og naturtypekortlægning i Kattegat og vestlige Østersø 2011.*

Stenberg C, Støttrup J, Dahl K, Lundsteen S, Göke C & Andersen ON (2015). Ecological benefits from restoring a marine cavernous boulder reef in Kattegat, Denmark. DTU Aqua report no. 289-2015.

Aagaard T (1991). *Sandsugning og det fysiske miljø.* Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.

Bilag A. Søgning efter oplysninger om stenfiskeri i Rigsarkivet

Rigsarkivet: Arkivskaber: Told; Arkivserie: Stenfisker.

Fra	Til	Arkivskaber	Arkivserier
1970	1981	Fredericia Distriktstoldkammer	Toldbog for stenfiskerfartøjer
1887	1921	Fredericia Strømtoldkammer	Sager vedr. fiskericertifikater og stenfiskerfartøjer
1887	1921	Fredericia Toldkammer	Sager vedr. fiskericertifikater og stenfiskerfartøjer
1908	1955	Frederikshavn Toldkammer	Fiskeri- og stenfiskericertifikater
1928	1957	Nakskov toldkammer	Kartotek over passagerbåde, lastfartøjer, pramme og stenfiskere
1886	1977	Nykøbing Falster Distriktstoldkammer	Sager vedr. stenfiskerfartøjer
1928	1957	Nykøbing Falster Toldkammer	Kartotek over passagerbåde, lastfartøjer, pramme og stenfiskere
1886	1977	Nykøbing Falster Toldkammer	Sager vedr. stenfiskerfartøjer
1922	1943	Odense toldkammer	Stenfiskerfartøjspapirer
1946	1966	Odense toldkammer	Stenfiskerfartøjspapirer
1967	1968	Stege Toldkammer	Kontrolbog for stenfiskerfartøjet ”Kisel”
1928	1962	Svendborg toldkammer	Fortegnelse over fisker-, stenfisker- og passager-fartøjer
1928	1958	Svendborg toldkammer	Udslettede stenfisker- og lastfartøjer samt pramme
1909	1952	Thisted Toldkammer	Sager vedr. udslettede lyst-, last- og stenfiskerfar-tøjer
1927	1967	Thisted Toldkammer	Stenfiskerfartøjsfortegnelse
1890	1945	Ålborg Toldkammer	Sager vedr. stenfiskerfartøjer
1928	1963	Århus Toldkammer	Lastfartøjs-, fiskerfartøjs-, passagerfartøjs- og stenfiskerfartøjsfortegnelse for Samsø Toldkam-mer

Bilag B. Beretninger fra stenfiskere

Nedenfor er samlet nogle af de få beretninger eller interview af stenfiskere, det er lykkes at finde. Beretninger er taget med i rapporten fordi de giver et billede af selve aktiviteten forud for det indberetningssystem, der kort er omtalt, og som der vendes tilbage til senere i rapporten. Indberetningssystemet blev nok indført i 70'erne, men fik først en reel værdi fra 1990. De citerede tekster fra stenfiskerne er i kursiv.

Bjarne Fredberg Knudsen skriver således om stenfiskeriet til kystsikring af Tørresø:
Ude på havbunden ved stenbankerne fjernes 5-10% af de sten, der var på banken. Der blev kun taget de sten, der kunne bruges til kystsikringen dvs. sten i størrelserne ½ ton til 5 tons. Der blev kun dykket om dagen ved naturligt lys. På mere end 10 meters vanddybde var der ingen sten. Jo mindre vand jo flere sten. Stenrevlerne ligger altid, hvor der er mindre vand. Egentlig var det bedst, hvor skibet dårligt kunne flyde med sin last. (Knudsen, 1960).

H. Terslin skriver om Chr. Otto Carlsen, født 1880:
*Fra gammel tid har det været skik og brug hos Gillelejerne, at når fiskeriet blev sløjt, eller de havde svært ved at skaffe sig livets ophold på anden måde, gav de sig til at fiske sten. Man tør vist sige, at i mange år var Gillelejerne og Kerteminderne de mest populære stenfiskere. Siden kom Rødvigerne og Nyborgerne godt med. Til sidst var der 10-12 store stenfiskerskonnerter i Nyborg. Den første Gillelejer, som drev stenfiskeri i større stil var min far (*Gilleleje Museum, årbog 1945, s 88). I 1904 købte Christian sammen med broderen Carl galeasen "Vilhelm" på 39 bt og en lastekapacitet på 72 tons sten.

Da der således engang skulle bygges en mole ved Marselisborg syd for Aarhus, måtte ingen af stenene være under 2 ton. Dem kunne mindre både ikke magte, og det blev da os, der måtte bakse med den opgave. Helt let var det ikke altid at svinge de store blokke på plads. Som regel tog det os en hel dag at losse en sådan last.

Vi skulle helst have nogenlunde rolige forhold at arbejde under. Men der var i hvert fald sten nok, at tage af. Især på nordsiden af Refsnæs fandtes kolossale mængder. Her kunne vi under heldige omstændigheder samle en last på en halv dag. For det meste måtte vi dog ikke regne med at klare mere end to laster på en uge. Prisen var gerne 40 kr. pr. kubikfavn, altså 240 kr. for en last (1 kubikfavn = 6.70 m³, 1 last = 40 m³).

Når vi havde valgt vor fiskeplads, kastede vi anker og lagde fire varp ud (et varp, er en svær trosse eller wire fastgjort til land eller et varpanker)*. Det gjaldt jo om, at båden ikke lå og svajede for strømmen. Vi brugte ikke dykker, men fandt stenene med vandkikkert og så satte vi stentangen fast om dem ved hjælp af en lang stage. Hvis vandet ikke var klart kunne vi naturligvis ingenting se. Somme tider fiskede vi sten helt ude på fire favne* (1 favn =1,883 m, 4 favne = 7,5m).

Vi havde ikke maskinkraft, hverken til det ene eller andet. Fremdriften måtte sejlene klare, og arbejdet med stenene foregik udelukkende ved "rugbrødsdamp".

I 1915 solgte jeg galeasen (Terslin, 1951)

Henning Terkelsen skriver om Hans Valentin Christensen:
Min far var stenfisker, to brødre var stenfiskere. Jeg er årgang 1940 og kom ud at sejle, da jeg var 15 sammen med min bror Villy på skibet Emanuel (20 tons*).* I begyndelsen af 60'erne kommer Hans V. Christensen ombord på Asta. M/S Asta fra 1914 er formodentlig det sidste aktive stenfiskerfartøj i Danmark. I 1972 overtager H.V. Christensen skibet fra Peter Madsens Rederi A/S). *Det var på 80 tons, og min broder måtte ikke sejle med den på grund af farveblindhed, derfor var Otto skipper; men det endte med, at de solgte til mig, så siden 1972 har vi haft den indtil d. 31/12 1999. Så er det slut med vores eget firma.*

I 1964 fik vi dykker ombord. Han var marstaller. Siden da har vi altid haft dykker ombord – tungdykker. Vi har en stensaks, der hænger. Dykkeren går nede på bunden og ankrer på. Hver gang dykkeren ser en sten, hiver han og sætter tangen fast, det vil sige hovedet i krydset, og skibet stopper. Så skubber han tangen hen over stenen og op. I gamle dage var der mange sten. Vi kunne fylde lasten på 3-4 timer. Men her til sidst var vi hele dagen om at laste et skib. Der er jo godt nok nogen der siger, at de kommer op fra bunden. Men nej. Vi kan sige, hvor jeg begyndte for 25 år siden, er der godt nok kommet nye, som vi kan laste. Men det er ikke sådan, som det var første gang, vi var der. Man kan sige, at stenene er væk. Dykkeren pillede de bedste fra. Alt det, der er for småt eller for stort, bliver liggende. En dykker fjerner 5-10 % af de sten, der er på bunden. Vi tager kun dem, vi kan bruge – fra ½ tons til 5 tons. (Christensen, Interviewet med Hans Valentin Christensen, Faaborg, 2003)*.*

Aase Thomsen fortæller om stenfisker André Nielsen:
Da han begyndte, havde han allerede de første hyrer bag sig, og han havde aftjent sin værnepligt som matros i marinen. Det var i vinteren 1935, samme år som han giftede sig med en sød pige fra Frederikshavn, at han første gang fik kobberhjelmen på hovedet og blylodder på brystet og lod sig sænke ned i det kolde vand. Tung dykker hed det. Det nymodens udstyr, som nutidens dykkere bruger, var slet ikke opfundet dengang. I 25 år gik han hver dag på havbunden og sled og slæbte med stenene, som blev sat på en kran og hejst op på båden. I 40'erne og begyndelsen af 50'erne boede André Nielsen i København. Det var i den periode, han var med til at bygge en dæmning, der strækker sig fra Slusehavnen til Kongelunden. En halv snes kilometer, vil han anslå. Det var hårdt arbejde. Først ud at hente lasten, så ind på lavt vand, hvor det hele måtte lades om på en flåde. Og endelig skulle de tunge sten med håndkraft bringes op, til hvor de skulle bruges. - Da havde vi brug for musklerne, siger André Nielsen. En gang var det nær gået galt. Det var under en sejlads med sten til Skovshoved.

Også i Lystbådehavnen i Frederikshavn, har han været med til at lægge sten på sten, som blev hentet ude på revet. Da var han skipper på sin egen skude ved navn Cecilie. - Det er den bedste hyre, jeg nogensinde har haft, siger han (Nielsen, 2003)*.*

Bilag C. Bruttoliste over CSR-numre og kendingsbogstaver for stenfiskerskibe

firstReg	Csrnummer	Skibsregister	ANVENDELSEBESKRIVELSE	ANVENDELSETYPEBESKRIVELSE	Tonnage
01-07-1914	5125267	DAS	NULL	Stenfiskeskib	94,65
01-12-1916	5129982	DAS	NULL	Stenfiskeskib	27,69
01-03-1923	2132943	DAS	NULL	Stenfiskeskib	60,36
01-04-1923	2133980	DAS	NULL	Stenfiskeskib	42,06
01-06-1927	5125326	DAS	NULL	Stenfiskeskib	97,49
01-01-1936	5134497	DAS	NULL	Stenfiskeskib	109,76
01-11-1936	5125429	DAS	NULL	Stenfiskeskib	55,81
01-08-1938	2136992	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-08-1946	2132748	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-08-1954	5135424	DAS	NULL	Stenfiskeskib	93,29
01-02-1957	5127790	DAS	NULL	Stenfiskeskib	120,59
01-03-1958	3140781	DAS	NULL	Stenfiskeskib	19,91
01-05-1958	2152109	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-06-1959	3143657	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-02-1960	5125727	DAS	NULL	Stenfiskeskib	108,58
01-03-1960	3145632	DAS	NULL	Stenfiskeskib	18,38
01-08-1961	2137540	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-10-1961	5132250	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-06-1962	3123494	DAS	NULL	Stenfiskeskib	68,54
01-08-1962	2136992	DAS	NULL	Stenfiskeskib	74,68
01-10-1962	2132748	DAS	NULL	Stenfiskeskib	79,02
01-10-1962	5136141	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL

firstReg	Csrnummer	Skibsregister	ANVENDELSEBESKRIVELSE	ANVENDELSETYPEBESKRIVELSE	Tonnage
01-04-1963	3143657	DAS	NULL	Stenfiskeskib	19,88
01-12-1963	5132250	DAS	NULL	Stenfiskeskib	287,66
01-11-1964	5132055	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-04-1966	5142922	DAS	NULL	Stenfiskeskib	16,71
01-11-1966	2135473	DAS	Stenfisker-/uddybningsfartøj	Lastskib	NULL
01-01-1967	2137209	DAS	NULL	Stenfiskeskib	71,65
01-11-1967	2152109	DAS	NULL	Stenfiskeskib	144,01
01-06-1969	2136742	DAS	NULL	Stenfiskeskib	141,84
01-08-1969	3140472	DAS	NULL	Stenfiskeskib	117,55
01-10-1969	5128901	DAS	NULL	Stenfiskeskib	146,19
01-05-1971	2137540	DAS	NULL	Stenfiskeskib	399,24
01-03-1972	5125006	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-04-1972	5125006	DAS	NULL	Stenfiskeskib	113,71
01-05-1972	5132055	DAS	NULL	Stenfiskeskib	236,43
01-07-1972	3140461	DAS	NULL	Stenfiskeskib	NULL
01-08-1973	2135738	DAS	NULL	Stenfiskeskib	99,72
01-10-1975	5125760	DAS	NULL	Stenfiskeskib	207,33
01-12-1975	5146401	DAS	NULL	Stenfiskeskib	19,96
01-12-1978	5136141	DAS	NULL	Stenfiskeskib	83,17
01-03-1980	5131923	DAS	NULL	Stenfiskeskib	148,66
01-11-1980	5125679	DAS	NULL	Stenfiskeskib	95,13
01-12-1980	2137562	DAS	NULL	Stenfiskeskib	299,99
01-01-1982	5136027	DAS	NULL	Stenfiskeskib	86,26
01-10-1982	2132277	DAS	NULL	Stenfiskeskib	146,09
01-03-1984	3140461	DAS	NULL	Stenfiskeskib	152

firstReg	Csrnummer	Skibsregister	ANVENDELSEBESKRIVELSE	ANVENDELSETYPEBESKRIVELSE	Tonnage
01-02-1985	5127724	DAS	NULL	Stenfiskeskib	19,04
01-02-1985	6140158	DAS	NULL	Stenfiskeskib	65,81
01-10-1985	2153400	DAS	NULL	Stenfiskeskib	98,42
01-10-1985	3140483	DAS	NULL	Stenfiskeskib	95,02
01-12-1985	2153569	DAS	NULL	Stenfiskeskib	49,53
01-10-1987	2132689	DAS	NULL	Stenfiskeskib	199,74
01-10-1987	6145502	FTJ	NULL	Stenfiskeskib	14,94
01-12-1987	2135473	DAS	Stenfisker-/uddybningsfartøj	Lastskib	61,35
01-02-1988	2134756	DAS	NULL	Stenfiskeskib	270
01-09-1988	6147153	FTJ	NULL	Stenfiskeskib	9,85
01-09-1988	6147164	FTJ	NULL	Stenfiskeskib	3,96
01-12-1988	1139513	FTJ	NULL	Stenfiskeskib	17,99

Bilag D. Store anlægsopgaver med brug af opfiskede sten i perioden 1937-1981

År	**Anlægsopgave**
1937	400m mole i Sundby oliehavn, kystsikring,
1938	Storstrømsbroen og digerne på Lolland, Skovshoved Havn
1939	Diger, samt mole i Vedbæk Havn og Skovshoved Havn, sten til Rømø-dæmningen
1940	Marstal Havn, Skovshoved Havn, Rømø-dæmningen (ikke meget pga. krigsudbruddet)
1941	Dæmningen ved Kalveboderne, Skovshoved Havn, Rømø-dæmningen, Kystsikring
1942	Dæmningen ved Kalveboderne, Kystsikring
1943	Dæmningen ved Kalveboderne, Kystsikring
1944	Dæmningen ved Kalveboderne (stor opgave, der beskæftigede mange skibe), Kystsikring
1945	Dæmningen ved Kalveboderne, Kystsikring
1946	Udvidelse af Kastrup Lufthavn, Kystsikring
1947	Falsterbo-kanalen, Kastrup Lufthavn, Kystsikring
1948	Falsterbo-kanalen, Digerne på Lolland, Hårbølle Havn, Kystsikring
1949	Falsterbo -kanalen, Strandby Havn, Kystsikring
1950	Digerne på Lolland, begyndende større arbejde i Skagen, kystsikring
1951	Skagen Havn, kystsikring
1952	Skagen Havn, kystsikring, større arbejde i Frederikshavn Havn
1953	Frederikshavn Havn, NATO-havnen i Korsør, Knudshoved- og Halskov færgehavne
1954	NATO-havnen i Korsør, Knudshoved og Halskov færgehavne, Falkenberg
1955	NATO-havnen i Korsør, Knudshoved og Halskov færgehavne, 15 skibe i Falkenberg
1956	Knudshoved og Halskov færgehavne samt fortsat arbejde i Flakenberg
1957	Knudshoved og Halskov færgehavne, start på Langelandsbroen og Siø Broen
1958	Rødby Havn, Kystsikring
1959	Rødby Havn, Puttgarden, Langelandsbroen og Siø Broen, NATO-havn ved Slien i Tyskland
1960	Rødby Havn, Puttgarden, NATO-havn ved Slien i Tyskland
1961	Rødby Havn, Puttgarden, NATO-havn ved Slien i Tyskland, Kystsikring
1962	Rødby Havn, Puttgarden, NATO-havn ved Slien i Tyskland
1963	Rødby Havn, Puttgarden, NATO-havn ved Slien i Tyskland, start Odden Havn (Molslinjen)
1964	Sjællands Odde, Ebeltoft. Benzinøen ved Fredericia, Bønnerup Havn, Søby Havn, Svendborg-sund Broen
1965	Sjællands Odde, Ebeltoft, Søby Havn, Fynshav-Bøjden
1966	Fynshav-Bøjden, Sjællands Odde-Ebeltoft færdig, Helsingør Nordhavn, ny Lillebæltsbro
1967	Færdig Fynshav-Bøjden,Helsingør Nordhavn, Sejerø Havn, Ny Lillebæltsbro, Vedbæk
1968	Hundested stor opgave, Skagen, Limfjordstunnelen, ny Lillebæltsbro, Mole v. Starreklinte
1969	Hundested færgehavn, Limfjordstunnelen, Skagen havn, Starreklinte, Dragør færgehavn, ny Lillebæltsbroe
1970	Ny Lillebæltsbro, Olympiadehavnen i Kiel (D), Bogense Havn, Helsinborg sydhavn (S)
1971	Olympiadehavn i Kiel (D), Helsingør Nordhavn

År	Anlægsopgave
1972	Helsingør Nordhavn, Kopperverkshamnen (S)
1973	Trelleborg (S)
1974	Ystad, Trelleborf (S), Helsingør Nordhavn, Åbenrå Lystbådehavn, Dæmning ved Lynetten
1975	Åbenrå Lystbådehavn, Malmø djuphamn (S), sælvig Havn
1976	Sælvig Havn, Æreskøbing Lystbådehavn
1977	Vejlefjord broen, Ystad (S), Bågø havn
1978	Vejlefjord broen, Ystad (S), Neksø, Limhamn (S)
1979	Nyborg Havn, Køge Havn
1980	Ballen Havn, Bananen i Kerteminde, Sønderbørg Lystbådehavn
1981	Sønderborg Lystbådehavn, Marian Minde, Sælvig havn, Fynshav, Sjællands Odde
1982	Marina Minde
1983	Matina Minde, Hals Barre
1984	Hundested Havn, Mole i Hou Havn, Farøbroen, Båke ved Tårs, Hals Barre
1985	Nyborg Havn, Farøbroen
1986	Marina Minde, Næstved Havn, Køge Havn, Marselisborg Lystbådehavn
1987	Søby Havn, Sejerø Havn, Marselisborg Lystbådehavn
1988	Marselisborg Lystbådehavn, Sejerø Havn, Sj. Odde færgehavn, Fehmern Eckernførde (D)
1989	Askø Havn, Agersø Havn, Hornbæk Havn, Æreskøbing Havn, Slien, Femern, Eckernførde (D)
1990	Eckernførde, Grosenbroder færgehavn, Halskov arbejdshavn, Alexandrines Bro

Danmarks
Tekniske
Universitet

DTU Aqua
Kemitorvet
2800 Kgs. Lyngby

www.aqua.dtu.dk